

KfK 4666
März 1992

Der Schnelle Brüter SNR 300 im Auf und Ab seiner Geschichte

W. Marth
European Fast Reactor

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

European Fast Reactor

KfK 4666

**DER SCHNELLE BRÜTER SNR 300
IM AUF UND AB SEINER GESCHICHTE**

W. Marth

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript gedruckt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

ISSN 0303-4003

Z U S A M M E N F A S S U N G

"Der Schnelle Brüter SNR 300
im Auf und Ab seiner Geschichte"

Das Projekt Schneller Brüter wurde 1960 in Karlsruhe gegründet. Nach anfänglichen Grundlagenforschungen übernahm die Industrie die Auslegung des SNR 300. Der Bau des Kernkraftwerks Kalkar wurde durch vielfältige politische Einflußnahmen gestört, 1985 aber letztlich doch fertiggestellt. Wegen des Kernenergieausstiegs der regierenden Landespartei in Nordrhein-Westfalen konnte die Inbetriebnahmegenehmigung für den SNR 300 nicht erlangt werden. Im März 1991 wurde deshalb das Projekt Kernkraftwerk Kalkar aus politischen Gründen beendet.

A B S T R A C T

"The Fast Breeder SNR 300
in the Ups and Downs of its History"

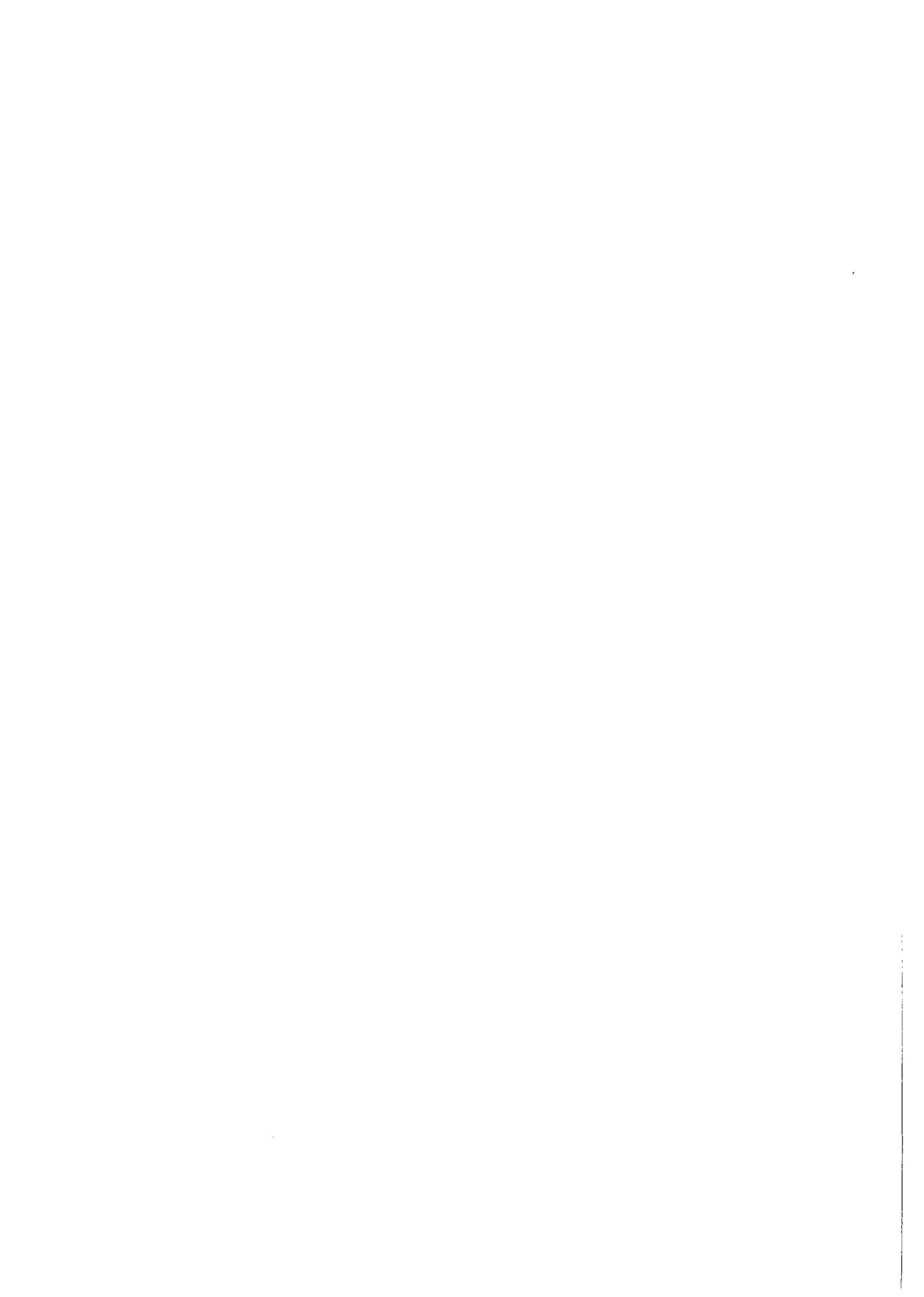
The Fast Breeder Project was founded in 1960 at Karlsruhe. After an initial period of basic research, the industry took over the design of SNR 300. Affected by various political influences, the construction of the nuclear power plant Kalkar was disturbed and delayed, but was finally completed in 1985. However, since the governing party of Nordrhein-Westfalen decided to drop out of nuclear energy, the authorisation for starting up the SNR 300 could not be obtained. Therefore, the Kalkar project was cancelled for political reasons in March 1991.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	<u>Seite</u>
VORWORT	VII
1. DIE ANFÄNGE DES PROJEKTS SCHNELLER BRÜTER (1957-62)	1
1.1 Billigung und Organisation	2
1.2 Projektziele und Grundsatzprobleme	5
1.3 Die Rolle des INR	8
1.3.1 Sicherheit und Kerndaten	10
1.3.2 Van de Graaff-Generator, SUAK und STARK	12
1.3.3 Versuchskreisläufe	13
2. DIE INTERNATIONALISIERUNG DES PROJEKTS (1962-64)	14
2.1 Die Assoziation mit EURATOM	14
2.1.1 Die Schnelle Nullenergie-Anordnung Karlsruhe (SNEAK)	16
2.1.2 Southwest Experimental Fast Oxide Reactor (SEFOR)	17
2.1.3 Brennelemententwicklung	18
2.1.4 Wiederaufarbeitung	21
3. DER EINTRITT DER INDUSTRIE (1964-66)	22
3.1 Die Bewertung der energiewirtschaftlichen Situation	23
3.2 Die Beschleunigung des Zeitplans	25
3.2.1 Reaktorentwurfsstudien	27
4. DIE BEENDIGUNG DES DAMPFBRÜTERPROJEKTS (1966-69)	30
4.1 Der Entscheidungsprozeß	31
4.1.1 Die Argumente der Projektleitung PSB	33
4.1.2 Die Argumente der Industriefirma AEG	35
4.1.3 Die Argumente von Dipl.-Ing. L. Ritz	36
4.1.4 Die Argumente des Journalisten K. Rudzinski	37

	<u>Seite</u>
5. DIE ANFÄNGE DES KERNKRAFTWERKS KALKAR (1969–73)	39
5.1 Die Konstituierung der Vertragspartner	39
5.2 Von den Entwurfsstudien zum SNR 300	41
5.2.1 Die Forderungen der Genehmigungsbehörde	43
5.2.2 Die Forderungen der Betreiber	44
5.3 Der Preis des SNR 300	46
5.3.1 Die veränderte ökonomische Einschätzung des Brütters	48
5.4 Der Stand des F+E-Programms	49
5.4.1 Brennelemente und Brennstoffkreislauf	50
5.4.2 Physik und Sicherheit	53
5.4.3 Natriumtechnologie und KNK	56
5.4.4 Die Neuorganisation des Karlsruher Projekt-Managements	58
6. BAUBEGINN UND ERSTE SCHWIERIGKEITEN (1973–78)	59
6.1 Planungs- und Baustellenarbeiten	59
6.2 Großkomponententests und Mischoxidfertigung	62
6.3 Der Brüter vor dem Bundesverfassungsgericht	63
6.4 Stopp-Signale aus den USA	64
6.4.1 Einzelkritiker: Riemer, Traube, Keck	66
6.5 Die deutsch-französische Zusammenarbeit	70
7. AUSSCHÜSSE, KOMMISSIONEN, GUTACHTEN (1978–82)	72
7.1 Das Projekt am Haltepunkt	72
7.2 Der Ad hoc-Ausschuß des Projektkomitees	74
7.3 Die Einsetzung der Enquête-Kommission 1	76
7.3.1 Die Ergebnisse der "Obergrenzenstudie"	78
7.3.2 Die Ergebnisse der "Risikostudie"	79
7.4 Die Ergebnisse der Enquête-Kommission 2	80
7.5 Das Gutachten von Kearney/Motor Columbus	83

	<u>Seite</u>
8. WENDE UND AUFSCHWUNG (1982–85)	85
8.1 Die finanzielle Sanierung des Projekts	87
8.2 Die Fertigstellung des KKW Kalkar	88
8.2.1 Technische Rückschläge	91
8.2.2 Der Reaktorkern Mark Ia	93
9. NIEDERGANG UND ENDE (1985–91)	95
9.1 Politische Wolken ziehen auf	95
9.2 Genehmigungsverweigerung via Pressekonferenz	99
9.2.1 Stellungnahmen von TÜV und RSK	103
9.3 Stagnation auf der Baustelle	104
9.3.1 Vorkommnisse in Kalkar und an Fremdanlagen	105
9.4 Weisung, Klage, Urteil	106
9.5 Kalkarisieren nach Recht und Gesetz	109
9.6 Das Ende	113
LITERATURVERZEICHNIS	115
CHRONOLOGIE	135



V O R W O R T

Das Projekt Schneller Brüter mit dem Bau des SNR 300 in Kalkar erstreckte sich von 1957 bis 1991; das ist eine Zeitspanne von 34 Jahren. Während der ersten zwölf Jahre lag das Schwergewicht der Entwicklung in Karlsruhe, danach verlagerten sich die Tätigkeiten auf Bensberg, noch später auf Kalkar.

Dieser Bericht möchte in angestrebter Genauigkeit und Fairness die Leistungen der Beteiligten würdigen und die Ereignisse des Projektablaufs in Erinnerung bringen. Die Entwicklung des Schnellen Brütters in Deutschland mit seinen vielfältigen technischen Verwicklungen und den gravierenden Einflußnahmen von Politik und Öffentlichkeit ist keine normale Projektgeschichte, es ist eine Technik-Saga. Alle Einzelheiten darzustellen würde ein dickes Buch füllen; eingedenk der allgemeinen Zeitnot und um der Lesbarkeit willen habe ich mich auf etwa hundert Seiten beschränken wollen.

Das Kernkraftwerk Kalkar ist zwar fertiggestellt worden, der mangelnde politische Konsens zwischen den großen Parteien hat jedoch seine Inbetriebnahme verhindert. Der ausstiegsorientierte Gesetzesvollzug des Landes ließ den SNR 300 zur Investitionsruine werden. Kalkar war nicht das erste Projekt, welches am energiepolitischen Dissens der Parteien scheiterte. Wird es das letzte bleiben?

Viele meiner Kollegen haben Jahrzehnte, manche sogar ihr ganzes Berufsleben an der Entwicklung des Schnellen Brütters mitgewirkt; sie haben eine große technische Leistung vollbracht. **Ihnen ist dieser Bericht gewidmet.**

Es war eine faszinierende Aufgabe – trotz allem.

Dr. Willy MARTH

Die Beschäftigung mit der **Vergangenheit**
läßt uns die **Gegenwart** sicherer beurteilen
und die **Zukunft** besser abschätzen.

1. DIE ANFÄNGE DES PROJEKTS SCHNELLER BRÜTER (1957-63)

Die Anfänge des Projekts Schneller Brüter reichen zurück bis in das Jahr 1957.

Im Wintersemester 1957/58 hielt **Professor Karl Wirtz** im Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR) ein Seminar über schnelle Brutreaktoren ab. Bei diesem Seminar wurde im Kernforschungszentrum das wissenschaftliche Interesse an der Physik schneller Neutronen, dem Brutprozeß und der technischen Konzipierung von Brütern geweckt. Auf dem damaligen INR-"Computer", einer Zuse Z 22, wurden die ersten Rechnungen durchgeführt, welche die Abhängigkeiten von Kernaufbau, kritischer Masse und Brutrate vermittelten /1, 2, 3/.

Das war ein bescheidener Anfang, viele Fragen, indes, blieben übrig. Und so wurde 1959 der damalige Leiter der Gruppe Theorie im INR, **Dr. Wolf Häfele**, für ein Jahr zum Oak Ridge National Laboratory (ORNL) in die USA geschickt, um die dort laufenden Arbeiten auf dem Gebiet thermischer Brüter kennenzulernen. Wirtz stand damals - insbesondere wegen des Kernschmelzenunfalls am EBR I - dem Natriumbrüter ziemlich skeptisch gegenüber und wollte vom ORNL gewissermaßen die Gegenargumente zum schnellen Brüter abfragen lassen, der vom konkurrierenden Argonne National Laboratory (ANL) entwickelt worden war.

Häfele jedoch kam begeistert für die Schnellbrütertechnik aus den USA zurück. In einem ausführlichen Memorandum stellte er die Nachteile des mit Uran 233 arbeitenden thermischen Brüters dar - vor allem dessen niedrige Brutrate - und schlug vor, im Kernforschungszentrum den Schnellen Brüter zu untersuchen /4/.

So wurde am 1. April 1960 gemeinsam durch das INR und die Technische Abteilung Reaktor (TA/R) die "Projektgruppe Schneller Brüter" gebildet, Dr. Wolf Häfele zu ihrem Leiter bestellt und dieser Vorgang per Notiz vom 21.04.1960 der damaligen Geschäftsführung des Kernforschungszentrums mitgeteilt. In Karlsruhe waren in der Zwischenzeit die physikalischen Arbeiten zum FR 2-Reaktor weitgehend abgeschlossen, so daß den Wissenschaftlern die Orientierung auf eine neue große Aufgabe durchaus willkommen war /5/.

Dies war der Beginn des Projekts Schneller Brüter in Karlsruhe.

1.1 Billigung und Organisation

Die Gründung des **Projekts Schneller Brüter** - abgekürzt **PSB** - war ein Novum im Kernforschungszentrum. Zwar war bereits ein Teil der FR 2-Arbeiten unter Mitwirkung mehrerer Institute ausgeführt worden, aber deren Koordinierung erfolgte nicht durch eine Projektleitung, sondern im wesentlichen durch das Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR) sowie die Geschäftsführung. Die Billigung der Organe der Gesellschaft sowie der Fachgremien der Deutschen Atomkommission war deshalb erforderlich, um dem Projekt Schneller Brüter seine Befugnisse und nicht zuletzt die erforderlichen Geldmittel zu sichern.

Am 15.5.1960 billigte der Aufsichtsrat der Gesellschaft das Projekt auf Antrag der Geschäftsführung. Dem Beschluß lag ein Memorandum zugrunde, aus dem die beabsichtigte gestufte Abwicklung der Projektgruppe - so nannte man es damals noch - erkennbar war. Demnach hatte man den **Plan**, in 3 Schritten vorzugehen /6/:

1. Vorauswahl möglicher Reaktortypen in physikalischer und technischer Hinsicht,
2. erster Konzeptentwurf des in Aussicht genommenen Reaktortyps sowie die Durchführung physikalischer und technischer Versuche, und
3. Durchführung eines kritischen Nullenergie-Experiments.

Daran anschließen sollten sich die detaillierte Planung des gewählten Reaktortyps sowie der Bau des Kernkraftwerks selbst.

In der Begründung zum Projektantrag wurde ausgeführt, daß man im Verlauf der künftigen Entwicklung damit rechnen müsse, daß die derzeitigen Leistungsreaktoren durch Brutreaktoren ersetzt würden. In Großbritannien werde das Jahr 1970 als dieser Zeitpunkt angesehen; anderwärts zöge man noch einen etwas längeren Entwicklungszeitraum in Betracht. Für Deutschland würde sich die Möglichkeit ergeben, mit an erster Stelle bei der Entwicklung eines wichtigen Reaktortyps mitzuwirken.

Auf Wunsch des Aufsichtsrats wurden auch der Arbeitskreis III/1 "Kernreaktoren" sowie die Fachkommission II der Deutschen Atomkommission um ihr Votum zum Projekt gebeten. Unter der Leitung von Prof. Maier-Leibnitz billigte der Arbeitskreis III/1 das Projekt am 7.12.1960, wobei er ausdrücklich die Möglichkeit einschloß, daß sich Gründe ergeben könnten, wonach das Projekt nach Ablauf der beantragten 3 Jahre eingestellt werden müsse. Die Fachkommission II unter dem Vorsitz von Prof. Winnacker stimmte dem Projekt am 9.2.1961 zu; in ihrer EntschlieÙung warnte sie vor einer zu frühen Überführung des Vorhabens in einen internationalen Rahmen /6/.

Die **Organisation** der Projektgruppe sah zunächst die Bildung eines Stammes von 20 Mitarbeitern für die erste Projektstufe vor. Der Projektleiter sollte die allgemeine Arbeitsrichtung bestimmen; bei wichtigen Entscheidungen sowie weiteren Personaleinstellungen hatte er sich jedoch mit den Leitern des INR und der Technischen Abteilung Reaktor (TA/R) abzustimmen /5/.

Die Entwicklungsarbeiten für einen Schnellen Brüter wurden von Anfang an als eine große Aufgabe angesehen. Ein Kernforschungszentrum erschien als die geeignete Organisationsform. Dementsprechend breit war das Spektrum der Organisationseinheiten im Zentrum, deren Mitarbeit man anstrebte /6/:

1. Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR):
für: theoretische Berechnungen, experimentelle Arbeiten,
Grundkonzeptionen, Prinzipentwürfe

2. Technische Abteilung Reaktor (TA/R)
für: Konstruktionsentwürfe, große technische Versuche

3. Institut für Heiße Chemie (IHCh)
für: Entwicklung von Aufarbeitungsmethoden

4. Institut für Radiochemie (IRCh)
für: Untersuchungen zur Diffusion von Spaltedelgasen

5. Institut für Transurane (TU)
für: Plutoniumtechnologie

6. Abteilung Reaktorbetrieb FR 2 (RB)
für: Bestrahlung von Brennstoffproben.

Ein Zeitraum von 3 Jahren (1961-63) erschien für die theoretischen und experimentellen Vorarbeiten ausreichend; danach sollte über den endgültigen Entwurf und den Bau des Brüters entschieden werden. Die gesamten Projektkosten wurden mit 200 Mio DM veranschlagt; darin enthalten war die geplante Nullenergieanlage SNEAK, aber nicht das aus den USA zu beschaffende Plutonium /6/.

Zur **Koordinierung** der Projektarbeiten zwischen den Instituten und der Projektleitung war schon sehr früh der sog. Brüter A-Ausschuß eingerichtet worden. Diesem Gremium gehörten die Leiter der oben genannten Organisationseinheiten an sowie die Geschäftsführer des Zentrums und natürlich der Projektleiter. Es tagte etwa einmal im Monat unter dem Vorsitz von Wirtz. (Ab 1966 unter dem technischen Geschäftsführer Dr. Walter Schnurr). Die wöchentlichen Projektbesprechungen (auch Brain Trust - BT - Sitzungen genannt) wurden von Häfele geleitet. Sie dienten der detaillierten Steuerung des Projekts und vereinten den Projektstab mit einigen Institutsleitern und wichtigen verantwortlichen Mitarbeitern.

Der Darstellung des Projektfortschritts im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit wurde von Anfang an große Aufmerksamkeit gewidmet. Dies geschah in jährlichen **Statusberichten**, welche zunächst zentrumsinternen Charakter hatten, aber

zunehmend von prominenten auswärtigen Gästen - häufig dem jeweiligen Forschungsminister - besucht wurden. Die pünktliche und minutengenaue Abwicklung der eintägigen Vortragsveranstaltung entwickelte sich zu einem beeindruckenden Ritual, dem tags zuvor in der Regel eine "Generalprobe" vorausging.

1.2 Projektziele und Grundsatzprobleme

Nachdem die organisatorischen und finanziellen Voraussetzungen für das Projekt geregelt waren, legte die Projektleitung die grundlegenden Ziele für die Arbeit der nächsten Jahre fest /7, 8, 9/:

1. Der angestrebte Reaktortyp sollte ein echter Brüter sein, d.h. die Brutrate sollte deutlich über 1 liegen.
2. Er sollte mit einer möglichst kleinen kritischen Masse auskommen.
3. Sein Grad an Sicherheit sollte dem von thermischen Reaktoren entsprechen.
4. Das Brennelement sollte einen sehr hohen Abbrand bei niedrigen Herstellungskosten erlauben.
5. Der Reaktor sollte im geschlossenen Zyklus gefahren werden, d.h. das im Reaktor erzeugte Plutonium sollte durch Brennelement-Wiederaufarbeitung abgetrennt und in den Reaktor zurückgeführt werden.
6. Das Brüterkraftwerk sollte so wirtschaftlich wie möglich sein.

Diese Projektziele kann man in ihrer allgemeinen Art auch heute noch unterschreiben; bei einigen (Brutrate, Wiederaufarbeitung) hätte man sogar gewünscht, daß sie später nicht zeitweise verdrängt bzw. in ihrer Bedeutung gemindert worden wären.

In der Frühphase des Projekts - also um 1960/61 - gab es eine ganze Reihe von Grundsatzproblemen, um deren Lösung nachhaltig gerungen wurde. Obschon sie längst ausdiskutiert sind, seien einige davon aus historischem Interesse genannt.

Die Abwägung zwischen externem und internem Brüter stand eine Zeitlang im Vordergrund der Überlegungen. Bei der ersten Brütergeneration wurde die Brutrate stark betont. Da die verfügbaren Plutoniummengen gering waren und die typischen Kernkraftwerksleistungen unter 100 MWe lagen, kam man zu Reaktoren mit metallischem Brennstoff und hoher Anreicherung ($> 30\%$). Die Spaltzone dieser Reaktoren enthielt wenig Brutstoff; die meisten Kernumwandlungen fanden im umgebenden Brutmantel statt, der aus U-238 bestand. Man bezeichnete diese Reaktoren als "**externe Brüter**"; ihre Brutrate lag bei 1,5 und darüber /9, 10/.

Wegen der hohen Spaltstoffkonzentration konnten diese Brüter nur mit Flüssigmetall gekühlt werden. Der Abbrand der metallischen Brennelemente war damals wegen des Schwellens auf 10-15.000 MWd/t begrenzt. Für den Kraftwerksbetrieb schied die Version des externen Brüters wegen des häufigen Umladens, der damit verbundenen Stillstände und der vielen Wiederaufarbeitungsschritte aus.

Der Übergang vom metallischen zum oxidischen externen Brüter war naheliegend, scheiterte jedoch an Sicherheitserwägungen. Während die Ausdehnung des **Metallbrennstoffs** wegen des daraus folgenden negativen Leistungskoeffizienten die inhärente dynamische Stabilität sicherte, gab es beim Oxidbrennstoff mit niedriger Dichte und hohem Abbrand keine zuverlässige Ausdehnung. Hinzu kam, daß auf das Sicherheitspotential des Doppler-Effektes verzichtet werden mußte, da dessen Vorzeichen zum damaligen Zeitpunkt nicht mit hinreichender Sicherheit belegt werden konnte.

Die Lösung dieser Probleme brachte der Schritt zum "**internen Brüter**", mit den heute üblichen Brennstoffanreicherungen von 10-15 % in der Spaltzone. Dies war möglich geworden durch das Interesse der Elektrizitätsunternehmen an größeren Blockeinheiten und dem vermehrten Anfall von Plutonium aus thermischen Leistungsreaktoren. Der hohe Anteil von Uran 238 im Kern garantierte einen stark negativen Dopplerkoeffizienten und eine etwa gleich hohe Reaktivität während der Abbrandzeit mit der Folge eines kleinen Regelhubs. Schließlich war auch den Bedürfnissen der Betreiber gedient, da man bei Verwendung oxidischen Brennstoffs mit einer Kernumladung pro Jahr auszukommen glaubte.

Auf dem Gebiet der **Reaktorregelung** wurde eine Zeitlang die Entwicklung von Schnellabschalteneinheiten betrieben. Die noch unzureichende Kenntnis der Reaktordynamik schneller Reaktoren veranlaßte diese Untersuchungen, und selbst heute wundert es gelegentlich Außenstehende und oberflächlich Informierte noch, daß schnelle und thermische Reaktoren trotz des verschiedenen Anteils verzögerter Neutronen die annähernd gleiche Regelcharakteristik aufweisen /7/.

Das **Brennelement** stand von Anfang an im Zentrum der Überlegungen. Da man mit oxidischem Brennstoff einen hohen Abbrand erzielen wollte, war die Idee "strong can, weak fuel" in der Diskussion. Eine starke dickwandige Hülle sollte den Oxidbrennstoff einschließen, von dem man wegen seiner hohen thermisch bedingten Plastizität keine Festigkeitseigenschaften erwartete. Gedacht war an einfache zylindrische Röhren aus Molybdän bzw. Inconel mit einem Außendurchmesser von 5 mm, die ein Gemisch von einviertel PuO₂ und UO₂ enthalten sollten. Die Röhren waren sehr dickwandig, was in dem Volumenverhältnis von Hülle zu Brennstoff wie 1 zu 2 zum Ausdruck kommt. Bei diesem Konzept, das natürlich auf Kosten der Bruttoreate gegangen wäre, sah man den Abbrand nur durch den Spaltgasaufbau begrenzt. Die Obergrenze des Drucks wurde bei 500-600 bar vermutet. Zur Aufgabe des Molybdäns zwangen später u.a. dessen neutronenphysikalische Eigenschaften: aufgrund von Meßfehlern war man anfangs von wesentlich zu niedrigen Absorptionsquerschnitten ausgegangen /7, 8/.

Die frühe Einbeziehung des **Brennstoffkreislaufs** in das Gesamtkonzept ist bereits erwähnt worden. Bei der Fabrikation der Brüterbrennelemente stellte man sich anfangs ganz auf Fernbedienung ein, da dies wegen der Radioaktivität der höheren Pu-Isotope unumgänglich zu sein schien. Von daher ergab sich bei der Wiederaufarbeitung auch kein Zwang zu hohen Dekontaminationsfaktoren, pro Extraktionszyklus schien der Faktor 10 ausreichend zu sein.

Überraschend geringen Raum nimmt in den frühen Projektnotizen das **Kühlmittel** ein. Es wurde kaum diskutiert, nachdem exzentrische ORNL-Ideen - etwa der Reaktorbetrieb à la Salzschnmelzreaktor mit flüssigem Plutonium bzw. günstigen Plutoniumverbindungen - ad acta gelegt worden waren. Von den beiden Protagonisten des Projekts, Wirtz und Häfele, hatte Wirtz aus Sicherheitsgründen eine Präferenz für Helium und Häfele aus Gründen der Wärmeabfuhr eine solche für

Natrium. Man beschloß, beide Kühlmittel gleichrangig in Studien zu verfolgen. Nach dem Zugang von Dipl.-Ing. Ludolf Ritz, der 1961 zum Leiter des Instituts für Reaktorbauelemente ernannt worden war, nahm man auch die Dampfkühlung auf /4, 11/.

In Karlsruhe standen ab 1961 also die 3 Kühlmittel **Natrium, Helium** und **Dampf** gleichrangig zum Test an; eine Entscheidung sollte erst später getroffen werden.

1.3 Die Rolle des INR

Von den etwa einem halben Dutzend Instituten und technischen Abteilungen, die Anfang der sechziger Jahre im Kernforschungszentrum existierten, war das **Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR)** unter seinem Direktor Prof. Karl Wirtz das klar dominierende. Wirtz war 1956 mit 36 Mitarbeitern von Göttingen, wo er als Abteilungsleiter unter Professor Heisenberg gearbeitet hatte, nach Karlsruhe umgezogen und hatte dort federführend die Planung und den Bau des Forschungsreaktors FR 2 weiterbetrieben /12/.

Nach der Gründung des Brüterprojekts wuchs das Institut auf über hundert Mitglieder an und erreichte 1964 die Maximalstärke von 170, etwa 20 Studenten sowie in- und ausländische Gäste eingeschlossen. Das Institut war lange Zeit in die vier Gruppen bzw. Abteilungen Theorie, Experiment, Versuchsstände und Werkstoffe gegliedert. Zur theoretischen Abteilung gehörte auch die Rechenanlage des Zentrums, ansonsten wurden dort die Grundlagen der Sicherheit und der Kerndaten und Codes erarbeitet. Die experimentelle Abteilung befaßte sich u.a. mit den Anlagen SUAK, STARK und SNEAK, während die Abteilung Technische Versuchsstände im wesentlichen Reaktorstudien sowie dazugehörige Versuchsstände erstellte. Der Werkstoffgruppe, schließlich, oblag die Brennelemententwicklung einschließlich der Bestrahlungen. Später (1963) wurde noch die Meß- und Regeltechnik-Abteilung (MRTA) angeschlossen.

Es war eine logische Folge der zunehmenden Größe des Instituts, aber auch der darin versammelten Persönlichkeiten, daß schließlich aus dem INR selbständige Einheiten herauswuchsen. So wurden 1963 das Institut für angewandte Kernphysik (IAK), unter Karl-Heinz Beckurts, und das Institut für angewandte Reaktor-

physik (IAR), unter Wolf Häfele, sowie 1964 das Institut für Reaktorelemente (IRE), unter Dieter Smidt, gegründet und die genannten Herren zu Professoren ernannt. Das INR war gewissermaßen die Mutter dieser Institute. Auch der spätere Direktor des Kernkraftwerks Kalkar, Dipl.-Ing. Werner Koop, entstammte dem INR.

Wirtz leitete sein Institut mit patriarchalischer Hand; von seinen Mitarbeitern verlangte er Qualitätsarbeit. Fachlichen Tiefgang bei den Veröffentlichungen stellte er über alles. Um dies deutlich zu machen, lobte er einen **INR-Preis** aus, dessen Vergabe bei den jährlichen Weihnachtsfeiern einen Höhepunkt darstellte und der stets mit einer ausführlichen Laudatio des Chefs verbunden war. Der Preis war weit über seinen Realwert von 500,- DM hinaus begehrt, wußten doch alle Institutsangehörige, daß er nicht automatisch Positionsinhabern wie Gruppen- oder Abteilungsleitern zufiel, sondern daß jeder eine Chance hatte, der eine wissenschaftliche Leistung vorzuweisen hatte. In seinen Weihnachtsansprachen vergaß Wirtz nie, neben den Leistungen der Wissenschaftler auch die Verdienste der sonstigen Mitarbeiter, etwa der Werkstätten und des Reinigungspersonals, hervorzuheben. Er setzte sich auch (1961) bei Geschäftsführung und den Gesellschaftern dafür ein, nicht den BAT-Tarif zur Grundlage der Besoldung im Kernforschungszentrum zu machen, sondern den günstigeren Tarif der Energieversorgungsunternehmen. Leider vergeblich /13/.

Eine Vorliebe hatte Wirtz erkennbar für das Kühlmittel **Helium** wegen dessen Sicherheitseigenschaften wie Nichtbrennbarkeit und geringer void-Koeffizient. Er trug aber die Entscheidung der Projektleitung für Natrium loyal mit, selbst in den turbulenten Tagen der Kühlmitteldiskussionen um 1968/69. Die Vereinigung von Projektleiter- und Institutsleiterfunktion auf eine einzige Person (wie zeitweise unter Häfele) hielt er jedoch organisatorisch für falsch und brachte dies auch offen zum Ausdruck /14/.

Als Vorsitzender des Wissenschaftlichen Rats war Wirtz stets bestrebt, dem Zentrum ein klares thematisches Profil zu geben. Er warnte eindringlich davor, das Gebiet der Kernenergie zu früh zu verlassen, angesichts vieler noch

ungelöster technischer und wissenschaftlicher Probleme. Den Ende der sechziger Jahre im Zentrum aufkommenden Bestrebungen zum Übergang auf die Beschleunigerforschung stemmte er sich erfolgreich entgegen.

Das Projekt Schneller Brüter im INR und darüber hinaus im Zentrum entwickelte sich in den darauffolgenden Jahren in eindrucksvoller Weise. Die engagierte Projektführung durch Häfele, die Begeisterung der Beteiligten und das Fehlen äußerer Hemmnisse, wie sie heute leider üblich sind, trugen ihren Teil dazu bei. Charakteristisch für diese Zeit des Aufschwungs waren die Überlegungen zu grundsätzlichen Sicherheitsfragen, die zielbewußte Sammlung von Kerndaten und Codes sowie der Aufbau physikalisch-technischer Experimentieranlagen und Versuchskreisläufe.

1.3.1 Sicherheit und Kerndaten

In Sicherheitsfragen bemühte sich das Projekt von Anbeginn um einen engen Kontakt mit den USA und dort insbesondere zum Argonne National Laboratory (ANL) der amerikanischen Atomic Energy Commission (US-AEC). Die Ursachen für den **Kernschmelzenstörfall** beim EBR I waren inzwischen als spontane positive Leistungszillationen des Mark II-Kerns, hervorgerufen durch einen positiven Verbiegungskoeffizienten, erkannt worden. Der später vielzitierte Bethe-Tait-Bericht vermittelte einen Eindruck von der bei einer Kernexkursion zu erwartenden maximalen mechanischen Energiefreisetzung, und der negative Dopplereffekt wurde als eine wichtige inhärent wirkende Möglichkeit der Leistungsrückführung bei Oxidreaktoren vermutet /15, 16, 17, 18/.

In einem Seminar in Washington, Ende 1962, wurde die Bedeutung des **Dopplerkoeffizienten** für die Sicherheit Schneller Brüter zwischen Häfele und Spinrad (ANL) heiß diskutiert. Während Häfele dem Dopplerkoeffizienten überragende Wichtigkeit zumaß, war dieser für Spinrad lediglich ein Faktor neben mehreren anderen, z.B. dem Kernaufbau. Dessen ungeachtet verabredete man schon damals ein stärkeres Zusammengehen in Sicherheitsfragen zwischen USA und der Bundesrepublik, aus dem später eine langjährige vertrauensvolle Kooperation erwuchs /19/. Die Arbeiten in Karlsruhe schlugen sich bald in richtungsweisenden Veröffentlichungen zum Verständnis der prompt überkritischen Leistungsexkursionen nieder /20, 21, 22/.

Um 1963 rückte im Kernforschungszentrum immer mehr die Kenntnis des positiven und destabilisierenden **Natrium-void-Koeffizienten** in den Vordergrund. Die deutliche Vermutung, daß es bei Reaktoren ab etwa 300 MWe zu positiven Reaktivitätseffekten kommen kann mit der Folge von Kernbeschädigungen, wurde zu Recht als wichtiges Phänomen gewertet und beunruhigte insbesondere den Leiter des INR, Prof. Wirtz. Man beschloß daraufhin ausgedehnte Siedeeperimente im IRE, in deren Verlauf der Vorgang des Natriumauswurfs und die Zweiphasenströmung flüssiger Metalle ausführlich untersucht wurden /23, 24/.

Unter der Annahme nichtfunktionierender Abschaltssysteme wurden die ersten Rechnungen zum Bethe-Tait-Störfall durchgeführt. Die besondere Rolle der Zustandsgleichung für den verdampfenden Brennstoff war bereits erkannt, ebenso tauchte damals schon der Begriff der zweiten Exkursionen auf. In einer der ersten Abschätzungen war man bei einem 1.000 MWe-Reaktor zu einer Energiefreisetzung "deutlich unter 1.000 MWsec" gelangt /25/.

Wohl der größte Unsicherheitsfaktor bei der Berechnung schneller Neutronen rührte von den nur ungenau bekannten **Wirkungsquerschnitten** der Reaktormaterialien her. Deshalb wurde eine sorgfältige Überprüfung und Auswahl des verfügbaren Datenmaterials veranlaßt, die ihren Niederschlag in einem 3-bändigen KfK-Bericht des INR-Mitarbeiters J.J. Schmidt fand. Die Arbeit diente als Grundlage für den ersten Karlsruher Gruppenkonstantensatz KfK-26-10. Die einzelnen Gruppenkonstanten wurden mit einem Wichtungsspektrum gebildet, das typisch für einen 1.000 MWe Natriumbrüter war. Die Berücksichtigung der Resonanzen führte zum Programmsystem RESI, das Teil des umfassenden Systems MIGROS war /26, 27/.

Die Programme zur näherungsweise Lösung der Neutronentransportgleichung wurden zum "Karlsruher Nuklear-Programm-System" **NUSYS** zusammengefaßt. Es gab Aufschlüsse über nukleare Reaktorgrößen wie Kritikalität, Leistungsverteilung, Sicherheitskoeffizienten, Brutrate u.a.m. und fand die Grenzen seiner Anwendbarkeit weniger in den Programmen selbst als in der beschränkten Kapazität der damals installierten Rechenmaschine IBM 7070/7074.

Zur Durchführung von **Abbrandrechnungen** stand ein eindimensionaler Abbrand-Code zur Verfügung. Mit ihm wurden u.a. Rechnungen zur Optimierung des Brutmantels gemacht. Durch Rechnungen zum Brennstoffmanagement wurde damals bereits die Änderung der Pu-Isotopen-Zusammensetzung bei langzeitigem Reaktorbetrieb und mehrmaliger Pu-Rückführung ermittelt /28/.

1.3.2 Van de Graaff-Generator, SUAK und STARK

Zur Messung von Wirkungsquerschnitten wurde ein **Van de Graaff-Generator** angeschafft und 1964 in Betrieb genommen. Seine Wirkungsweise beruht darauf, daß der in einer Hochfrequenzionenquelle erzeugte Protonenpuls auf ein Lithium- oder Tritiumtarget gelenkt wird, wodurch Neutronen mit einem breiten Energiespektrum zwischen 10 keV und 1,5 MeV freigesetzt werden. Durch die Anwendung der Flugzeitmethode wurden die Spaltquerschnitte der wichtigen Brüter-Isotope U-235, Pu-239, Pu-240 und Pu-241 im angegebenen Energiebereich ermittelt.

Ein **Zyklotron**, welches eigentlich für Forschungen auf dem Gebiet der Radiochemie beschafft worden war, wurde ab 1965 auch für Querschnittsmessungen des Projekts Schneller Brüter eingesetzt. Es überstrich den Energiebereich von 0,5 bis über 10 MeV /29/.

Im Oktober 1964 wurde die "Schnelle Unterkritische Anordnung Karlsruhe" (**SUAK**) in Betrieb genommen. Sie stellt ein unabgeschirmtes unterkritisches System mit einer Multiplikationskonstante k_{eff} von maximal 0,9 dar. In einen Uranwürfel von 30 bis 50 cm Kantenlänge wurden von außen in periodischer Folge Neutronenimpulse eingeschossen. Im Prinzip wird dabei die Neutronenflugzeit von der Anordnung zu einem entfernt aufgestellten Detektor gemessen; bei bekanntem Flugweg läßt sich so die Energieverteilung schneller Neutronen von wenigen keV bis in den MeV-Bereich bestimmen. Umfangreiche Messungen galten der sog. Abklingkonstante. Sie ist eine integrale Reaktorgröße, die von der Materialzusammensetzung abhängt und empfindlich auf Änderungen des schnellen Neutronenspektrums, vor allem im Resonanzbereich, reagiert.

Die dritte Versuchsanlage, welche 1964 in Betrieb genommen wurde, war der "Schnell-Thermische Argonaut-Reaktor Karlsruhe" (**STARK**). Er ging aus dem thermischen Reaktor Argonaut hervor, dessen innere Graphitreflektorzone durch eine schnelle Kernzone mit variabler Materialzusammensetzung ausgetauscht worden war. Zwischen beiden Zonen befand sich ein zylinderförmiger Puffermantel aus Natururan, um das Eindringen langsamer Neutronen aus dem thermischen in den schnellen Bereich zu reduzieren. Das dynamische Verhalten des Reaktors war fast allein durch das thermische Core bestimmt, was den Betrieb sehr

erleichterte. Nach den notwendigen Anfahrmessungen richteten sich die Arbeiten auf die Entwicklung von Meßmethoden für Spektren und Reaktionsraten sowie auf Reaktivitätsbestimmungen. Besonders zu vermerken sind die Forschungen zur Rauschanalyse, die am STARK begonnen haben.

1.3.3 Versuchskreisläufe

Um praktische Erfahrungen mit den drei Kühlmitteln zu erhalten, war der Aufbau technischer Versuchskreisläufe unumgänglich und von Anfang an geplant.

Im Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR) wurde deshalb ein 500 kW-**Heliumkreislauf** aufgebaut, der Drücke bis zu 50 bar und Wärmeflüsse bis zu 300 W/cm^2 gestattete. Das Ziel war u.a. die Messung der Wärmeübergangszahlen an Brennstäben bei hohen Temperaturen und verschiedenen Rauheitsgraden /10/.

Im Institut für Reaktorbauelemente (IRB) entstanden eine ganze Reihe von Versuchskreisläufen. Im **Natriumkorrosionskreislauf** mit 3 Teststrecken zu je 12 kW wurde die korrosive Einwirkung des Natriums auf die Hüllmaterialien, anfangs insbesondere der Vanadiumlegierungen, untersucht. Ein zweiter, räumlich benachbart angeordneter Natriumkreislauf (280 kW) gestattete grundlegende hydraulische und thermohydraulische Untersuchungen an Brennstabbündeln /30/.

Vorausgegangen war die technisch interessante Entwicklung der **Rippenrohre** für den Dampfbrüter. Hierbei wird die Abstandshaltung der Brennstäbe erzielt durch Spiralrippen, welche auf den Hüllrohren durchgängig aufgebracht sind. Gegenüber dem damals schon üblichen Spiraldrahtkonzept besaß das integrierte Konzept beträchtliche Vorteile bei der Vermeidung von Ablagerungen, Heißstellen und Reibkorrosion. Darüber hinaus gewährte es bei vorgegebener maximaler Hülltemperatur die höchste Aufwärmspanne und den geringsten Druckabfall, war also quasi-ideal im thermo-fluiddynamischen Sinne. Die technische Entwicklung wurde zusammen mit der Industrie betrieben, später jedoch beim Inconel 625 wegen aufkommender Fertigungsschwierigkeiten und Kostenprobleme und mit der Aufgabe des Dampfbrüters eingestellt. Die Erfahrungen mit dem Rohrmaterial Inconel 800 beim Bestrahlungsversuch Mol 7D für den Natriumbrüter waren sehr gut; unter Verwendung von 6 Rippenrohren kam man auf einen Abbrand von 90.000 MWd/t.

Von zentraler Bedeutung für die Dampfbrüterentwicklung war der im IRB aufgebaute 3-MW-Löffler-Kreislauf. Der Kreislauf befand sich innerhalb eines Druckbehälters, in dessen unteren Teil das elektrisch beheizte "core", im oberen Teil der kugelförmige Verdampfer und im domförmigen Aufbau das Dampfverdichter-Dampfturbinen-Aggregat eingebaut waren. Schaltung und Betriebsweise simulierten einen Reaktorkreislauf, wobei die Turbine durch eine Dampfumformstation ersetzt war. Im Rahmen eines ausgedehnten Versuchsprogramms wurden An- und Abfahrtvorgänge sowie Transienten bei angenommenen Störfällen untersucht.

Schließlich wurden im IRB weitere Versuchsstände zur Entwicklung der Dampfgebläse und Löffler-Verdampfer sowie zur Untersuchung der Thermohydraulik und Heißstellenkorrosion von Brennelementen betrieben /30/.

2. DIE INTERNATIONALISIERUNG DES PROJEKTS (1962-64)

2.1 Die Assoziation mit EURATOM

Die Zusammenarbeit mit EURATOM, welche 1963 vertraglich abgesichert wurde, war eine außerordentlich wichtige Entscheidung. Sie stabilisierte das Projekt durch die Einbeziehung eines international erfahrenen Partners, der zudem bereit war, erhebliche Geldmittel einzuschießen /31, 32/.

EURATOM trug sich bereits 1960, also zum Zeitpunkt der Gründung des Karlsruher Projekts, mit dem Gedanken, verstärkt in die Brüterentwicklung einzusteigen. Anlaß war u.a. die Erkenntnis, daß der Beitrag, welchen die Gemeinschaft auf den Gebieten der leichtwasser-, gas- oder organischgekühlten Reaktoren leisten konnte, aus verschiedenen Gründen beschränkt war. So wandte man sich den Brütern zu und erwog zeitweise den Bau einer schnellen Nulleistungsanordnung, wodurch man zwangsläufig mit den Karlsruher Plänen in Berührung kam. Zuerst wurde von EURATOM der Bau einer kritischen Anordnung in Cadarache angestrebt. Dies entsprach aber weder den deutschen noch den französischen Vorstellungen, und so einigte man sich schließlich auf den Bau von 2 nationalen Anlagen in Karlsruhe (SNEAK) und Cadarache (MASURCA). Für diese Anlagen mußte aus den USA Plutonium beschafft werden, was nach den Verträgen der Gemeinschaft nicht national, sondern nur über EURATOM geschehen konnte /33/.

Im Frühjahr 1963 wurde nach langen Verhandlungen der **Assoziationsvertrag** zwischen EURATOM und der Bundesrepublik auf dem Schnellbrütergebiet abgeschlossen. Ähnliche Vertragsangebote erhielten - und akzeptierten - Frankreich und Italien. Der Vertrag sah im wesentlichen den Austausch von Informationen und die Delegation von Personal vor. Für das Karlsruher Brüterprojekt war für die Zeitspanne 1963-67 ein Budget von 185 Mio DM veranschlagt, wobei EURATOM 40 % beizusteuern bereit war. Darüber hinaus verpflichtete sich die Gemeinschaft zur Beschaffung von 300 kg Plutonium aus den USA, welche 1965 eintrafen und hälftig zwischen Karlsruhe und Cadarache aufgeteilt wurden /34, 35/.

1965/66 schlossen die **Niederlande** und **Belgien** ähnliche Assoziationsverträge mit EURATOM ab, wobei ihnen die Auflage erteilt wurde, sich entweder an Frankreich oder Deutschland anzuschließen. Der Grund hierfür war die Befürchtung von EURATOM, daß es andernfalls zu einer zu starken Aufsplitterung der Brüteraktivitäten in Europa kommen würde. Die beiden Länder schlossen sich bekanntlich Deutschland an. Die Karlsruher Projektleitung beteiligte die belgischen Organisationen CEN/SCK Mol und Belgonucléaire sowie die niederländischen Institutionen RCN Petten und TNO/Neratoom entsprechend ihren Erfahrungen und den Erfordernissen des Projekts /36/.

CEN/SCK Mol hatte Erfahrungen auf dem Wiederaufarbeitungssektor und hier insbesondere bei dem Verflüchtigungsverfahren. Belgonucléaire war bereits beim Enrico Fermi-Projekt und an französischen Plutonium- und Reaktorprojekten tätig gewesen, weshalb ihr eine besondere Rolle bei der Brennelemententwicklung zugeordnet war. **RCN Petten** und **TNO/Neratoom** sollten Grundlagenuntersuchungen sowie Arbeiten auf dem Gebiet der Natriumkomponenten übernehmen.

Die Zusammenarbeit mit EURATOM sowie die damit verknüpfte Internationalisierung stabilisierte das Projekt in hohem Maße. Die Zahl der am PSB beteiligten Wissenschaftler und Techniker wuchs bis 1966 auf 400 an; hinzu kam noch eine etwa gleichgroße Zahl an Mitarbeitern aus der Infrastruktur. Dies ging parallel mit der Personalsteigerung des Zentrums, das von 1956 bis 1966 von 120 auf 3.000 Mitarbeiter angewachsen war.

2.1.1 Die Schnelle Nullenergie-Anordnung Karlsruhe (SNEAK)

Die mit Abstand aufwendigste Forschungseinrichtung, welche damals im Kernforschungszentrum geplant wurde, war die Schnelle-Nullenergie-Anordnung Karlsruhe (SNEAK). Sie wurde nach den Vorstellungen des Projekts von der Firma Siemens in den Jahren 1964-66 unter der Projektführung von Dr. Peter Engelmann, dem Stellvertreter von Häfele, gebaut. Der Reaktorkern war flexibel ausgelegt, so daß es möglich war, schnelle Kerne variabler Größe, Geometrie und Zusammensetzung aufzubauen. Dementsprechend bestand der Kern aus einer großen Anzahl von Elementrohren, die von unten in eine Tragplatte eingehängt werden. Die Rohre waren mit Plättchen von 51x51 mm Querschnitt und variabler Dicke gefüllt. Die Mischung dieser Plättchen aus Uran, Plutonium, Stahl, Graphit, Aluminiumoxid, Natrium, Polyäthylen etc. bestimmte die Zusammensetzung des Kerns. Auf diese Weise konnte der Aufbau schneller Reaktoren mit Uran- und Plutoniumbrennstoff, Natrium- oder Gaskühlung und mit verschiedenen Hüll- und Strukturmaterialien nach Belieben simuliert werden. Die "Reaktoren" wurden - soweit die erforderlichen Brennstoffmengen verfügbar waren - im Maßstab 1:1, jedoch bei kleiner Leistung (1-1.000 Watt) und Raumtemperatur untersucht /37/.

Das **Experimentierprogramm** der SNEAK sah die Bestimmung kritischer Massen, Leistungsverteilungen, Kontrollstabwerte, Brutraten, Neutronenspektren und vor allem der wichtigen Leistungskoeffizienten (Dopplerkoeffizient, void-Koeffizient etc.) vor. Für die Durchführung dieser Messungen stand eine große Zahl von Experimentiereinrichtungen, z.B. ein pile-Oszillator, ein Doppler-loop, eine gepulste Neutronenquelle u.a.m. zur Verfügung.

Das für den Kernaufbau zunächst benötigte **Plutonium** (175 kg) und angereicherte Uran (550 kg U-235) wurde im Rahmen des oben besprochenen EURATOM-Assoziationsvertrags beschafft und bildete einen wesentlichen Teil der Kosten der SNEAK-Anlage. Im weiteren Projektablauf konnte das Plutonium auf 300 kg, das U-235 auf 1.000 kg aufgestockt werden. Darüber hinaus wurden über 60 t Natururan bzw. abgereichertes Uran gekauft.

SNEAK wurde parallel zu der französischen Nullenergieanlage **MASURCA** in Cadarache errichtet. Diese Anlage war anstelle von Plättchen zwar mit Stäbchen mit metallischem Brennstoff ausgestattet, aber die Abmessungen wurden so gewählt, daß das Plutoniuminventar ausgetauscht werden konnte.

Die Errichtung der SNEAK wurde u.a. durch einen Brand in der Isolierschicht des Daches verzögert, der im Gefolge von Schweißarbeiten aufgetreten war. Trotzdem gingen beide Anlagen in der Nacht vom 15. auf den 16. Dezember 1966 erstmals in Betrieb. SNEAK 1 war ein Nachbau der ZPR III-Anordnung Nr. 41; sie beanspruchte den gesamten Uranbrennstoff. Die Kritikalität wurde mit 179 Elementen erreicht; die Vorausrechnungen lagen bei 178 Elementen.

Die erste Plutonium-Kernanordnung, SNEAK 3, wurde 1968 vermessen; sie stand im Zusammenhang mit Arbeiten zum Dampfbrüter.

2.1.2 Southwest Experimental Fast Oxide Reactor (SEFOR)

Ursprünglich war der Bau einer weiteren Großanlage im Kernforschungszentrum Karlsruhe vorgesehen. Mit dem bei einigen Megawatt zu betreibenden schnellen Testreaktor "**Karlsruhe Pulver Godiva**" sollte der Dopplerkoeffizient durch die Analyse von Leistungsexkursionsmessungen bestimmt werden. Der Verifizierung eines hinreichend großen negativen Dopplerkoeffizienten war beim Projekt von Anbeginn hohe Bedeutung beigemessen worden. Durch den Übergang von metallischem zu oxidischem Brennstoff fiel der leistungsstabilisierende Ausdehnungskoeffizient bekanntlich fort, so daß alle Hoffnungen auf die inhärente Abschaltwirkung des Dopplerkoeffizienten gerichtet waren. Die etwas eigenartige Bezeichnung "Pulver" und "Godiva" nimmt Bezug auf den pulverförmigen Oxidbrennstoff und die fehlende Reflektorumhüllung des geplanten Reaktors. Er präsentierte sich sozusagen - Welch ausholender Vergleich - wie die sagenumwobene englische Lady Godiva, die ohne Umhüllung auf einem Pferd ritt. Ein Vorläufer, der US-Metallreaktor "Godiva", war von der US-AEC für Waffenversuche gebaut und verwendet worden /2/.

Der Plan, dieses nicht ungefährliche Experiment im Kernforschungszentrum Karlsruhe durchzuführen, wurde fallengelassen, als 1962 bekannt wurde, daß die US-Firma General Electric im Begriffe war, einen ähnlichen Testreaktor unter der Bezeichnung EFCR (Experimental Fast Ceramic Reactor) zu bauen. Es kam zu Kooperationsverhandlungen, die 1964 in eine Reihe von Verträgen einmündeten: KfK und EURATOM beteiligten sich bei der South Atomic Energy Associates (SAEA), einem Zusammenschluß von 17 EVU im Südwesten der USA. Diese beauftragten General Electric mit dem Bau des nun SEFOR (Southwest Experimental

Fast Oxide Reactor) genannten 20 MWth-Reaktors. Die KfK beteiligte sich an den Errichtungskosten mit 3,5 Mio \$; die US-AEC stellte für das anschließende Versuchsprogramm 12,7 Mio \$ zur Verfügung /38/.

Die SEFOR-Zusammenarbeit funktionierte trotz der vielen Partner, u.a. auch der französischen CEA, sehr gut. Von Anbeginn war an dem amerikanischen Standort eine hinreichend große Gruppe Karlsruher Wissenschaftler zusammen mit Delegierten von Interatom, Siemens und dem französischen CEA stationiert, die engagiert bei der Reaktorauslegung und der Versuchsvorbereitung mitwirkten. Die ersten überpromptkritischen **Transientenversuche** wurden - etwas später als vorgesehen - 1971/72 durchgeführt und bestätigten die leistungsreduzierende Wirkung des negativen Dopplerkoeffizienten. Bei einer absichtlich aufgeprägten Überschußreaktivität von 1,3 \$ stieg die Leistung kurzzeitig auf etwa das 1.000-fache an; im Bruchteil einer Sekunde wurde diese Leistungsexkursion jedoch durch die negative Rückwirkung des Dopplerkoeffizienten abgefangen, so daß dem Sicherheitssystem Zeit zur Abschaltung gegeben war.

2.1.3 Brennelemententwicklung

Auf die besondere Bedeutung des Brennelements für den Brüter wird in vielen Dokumenten der Gründerzeit hingewiesen; am deutlichsten geschieht dies im technischen Anhang zum EURATOM-Assoziationsvertrag /39/:

"Der Entwurf eines solchen zukunftsweisenden Prototyps hat sich an der Grundtatsache zu orientieren, daß das Brennelement das alles bestimmende Bauelement ist. Der Reaktor ist gewissermaßen um das Brennelement herumzubauen."

Die **Brennelemententwicklung** wurde getragen vom Institut für Angewandte Reaktorphysik (IAR), dem Europäischen Institut für Transurane (TU) sowie vom Institut für Radiochemie (IRCh). Hinzu kamen das Plutonium-Prototyplabor sowie die Abteilung Reaktorbetrieb mit den Heißen Zellen (RB). Das Institut für Material- und Festkörperforschung (IMF) wurde 1965 unter Prof. Fritz Thümmel gegründet und befaßte sich anfangs neben Uranoxid auch mit Uranmononitrid und

beschichteten Kernbrennstoffteilchen als Ausgangsmaterial für Oxid-Cermets hoher Wärmeleitfähigkeit. Das IMF war das erste von später bis zu vier Teilinstituten /40/.

Eine Besonderheit der damaligen Organisation war die frühe Einbeziehung der Firma **NUKEM**, einer Tochterfirma der DEGUSSA. Sie wurde von Anbeginn und über viele Jahre durch Entwicklungsaufträge an das Projekt gebunden, weil man glaubte, dadurch auf eine eigene Brennstoff-Entwicklungsabteilung im Zentrum verzichten zu können. Ab 1965 hatte NUKEM im Rahmen dieser Entwicklungsaufträge etwa 5.000 UO_2 -Tabletten hergestellt und ca. 75 kg Brennstoff in Stäben vibrationsverdichtet. Zum Teil wurde das UO_2 mit Ceroxid vermischt, wobei Cer das Plutonium chemisch simulieren sollte, ohne seine Alpha-Aktivität zu besitzen. Auch der Zusatz von Molybdän wurde ausprobiert, in der Hoffnung, die Wärmeleitfähigkeit des Brennstoffs zu verbessern.

Im Dezember 1963 wurde die **ALKEM** als gemeinsame Tochter der NUKEM sowie der im Umgang mit Plutonium erfahrenen US-Firma Dow International (30 %-Anteil) gegründet. Sie mietete sich in Räumen des Instituts für Heiße Chemie (IHCh) ein und erhielt den Auftrag zur Fertigung der Plättchen für die SNEAK. Die Fertigung machte so rasche Fortschritte, daß der Projektleiter anlässlich des Statusberichts 1965 dem Publikum bereits ein plutoniumhaltiges SNEAK-Plättchen vorzeigen konnte. Der SNEAK-Auftrag war lange Zeit der größte Produktionsauftrag für Mischoxidtabletten in der ganzen Welt und hatte die Fähigkeiten der Firma ALKEM unter Beweis gestellt. In der Folgezeit stellte ALKEM auch Mischoxidbrennstäbe insbesondere für die Bestrahlungen des PSB her. 1971 verließ die Firma ihren Standort Karlsruhe und siedelte nach Wolfgang in Hessen über. Darin kam auch ein Bedürfnis der Muttergesellschaft NUKEM zur örtlichen Konzentration ihrer Brennstoffaktivitäten zum Ausdruck /23, 25/.

Beim Institut für Material- und Festkörperforschung (IMF) wurde die Brennstoffhülle von Anfang an als kritisches Bauteil erkannt. Die angestrebten Betriebsparameter Stableistung ($> 300 \text{ W/cm}$), Natriumtemperatur (um $550 \text{ }^\circ\text{C}$) und Abbrand (um 100.000 MWd/t) erforderten hochwarmfeste Materialien. Die Suche konzentrierte sich auf Eisen-, Nickel- und Vanadiumlegierungen. Hinzu kam ein gewisses Interesse für Molybdänlegierungen. Frühe Untersuchungen galten der Zeitstandsfestigkeit von 16/13-CrNi- und 20/25-CrNi-Stählen sowie Incoloy 800

und Inconel X in verschiedenen Wärmebehandlungszuständen. In der Gegenwart von Natrium wurde eine Erniedrigung der Standzeit bei Rohren aus 16/13-CrNi-Stahl nachgewiesen. Die Festigkeitswerte der gemeinsam mit der Metallgesellschaft entwickelten Vanadiumlegierungen wurden in Vakuumprüfständen ermittelt. Auch Techniken wie Elektronenstrahlschweißen und isostatisches Heißpressen zur Herstellung von Cermet-Brennstäben wurden damals erlernt /41/.

Für Bestrahlungen der bei NUKEM, ALKEM oder im **Prototyplabor** gefertigten Versuchsbrennstäbe stand anfangs nur der thermische Reaktor FR 2 des Zentrums mit einem Neutronenfluß bis knapp 10^{14} n/cm²sec zur Verfügung. Für seinen geräumigen Zentralkanal wurde vom Institut für Reaktorentwicklung (IRE) das sog. Abbrandloop entwickelt, ein heliumgekühlter Bestrahlungskreislauf für eine maximale Probenleistung von 30 kW. Ein Kurzzeit-Bestrahlungseinsatz ergänzte diesen Kreislauf, der lange Jahre erfolgreich im Betrieb war.

Auf Brennelement- und Isotopenkanalpositionen des FR 2 wurden die sog. **Kapselversuchseinsätze** betrieben. Hierbei handelte es sich um instrumentierte Kapseln, in denen die Proben von flüssigem Natrium bzw. einer Blei-Wismut-Legierung umgeben waren. Auch diese Einrichtung bewährte sich, nachdem man gelernt hatte, das Pb-Bi-Eutektikum in die Kapseln lunkerfrei einzufüllen.

Das Fehlen eines zentrumseigenen Reaktors mit einem ausreichend hohen schnellen Fluß machte sich für die Materialbestrahlungen nachteilig bemerkbar. Die **Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage (KNK)** war in der Version KNK I bekanntlich kein schneller, sondern ein thermischer Reaktor. Sie wurde u.a. auf Betreiben von Wirtz und Häfele zwar vom ursprünglich avisierten Standort Jülich nach Karlsruhe verlegt, aber die Installierung eines unmoderierten Mischoxidkerns erfolgte erst Ende der siebziger Jahre. Bis dahin war das Projekt Schneller Brüter auf teure auswärtige Bestrahlungen angewiesen. Auch organisatorisch war KNK bis 1973 nicht voll in die KfK integriert, sondern stand unter dem Management des selbständigen Geschäftsbereiches GfK-Versuchsanlagen und wurde von der KBG, einer Tochtergesellschaft der Badenwerk AG, betrieben.

Um den Mangel an eigener Bestrahlungskapazität auszugleichen, wurde Verbindung mit dem Forschungszentrum CEN/SCK Mol aufgenommen, wo der BR 2-Reaktor mit einem schnellen Flußanteil von max. 5×10^{14} n/cm²sec schon seit 1968 zur Verfügung stand. Durch vertragliche Übereinkünfte, die bis zum Ende des Projekts bestehen blieben, sicherte man sich einen Teil des BR 2-Bestrahlungsraumes. Im Zuge der Versuchsserie Mol 1 wurden 16/13-, 15/25- und 20/25-CrNi-Stähle, verschiedene Nickellegierungen (Inconel 600, 625, X 750) sowie Vanadiumbasislegierungen bestrahlt. Bei der nachfolgenden Mol 2-Serie waren die Röhrchen unter Innendruck und bei erhöhter Temperatur dem Neutronenfeld ausgesetzt. Ein wesentliches Ergebnis jener Jahre war die Bestätigung der theoretischen Vorstellungen zur Hochtemperaturversprödung. Danach gehen diese Strahlenschäden auf Heliumblasen an den Korngrenzen zurück, wobei sich das Helium aus (n, α)-Reaktionen gebildet hat.

2.1.4 Wiederaufarbeitung

Die Probleme des äußeren Brennstoffkreislaufs und insbesondere der Wiederaufarbeitung wurden von Anfang an ernsthaft angepackt. War es zuerst die Abteilung für Entaktivierung, welche die Rückgewinnung von Uran aus wässrigen Spaltproduktlösungen betrieb, so wurden die Fragen zur Wiederaufarbeitung beim Schnellen Brüter bald dem Institut für Heiße Chemie (IHCh) übertragen /42/.

Eine große Rolle in der damaligen Wiederaufarbeitungsdiskussion spielte die Frage, ob die Aufarbeitung auf **nassem oder trockenem Weg** erfolgen sollte. Die Überführung des keramischen abgebrannten Brennstoffs in die wässrige Phase erschien manchem als Umweg auf dem Wege zur Refabrikation. Daneben fürchtete man auch die hohe Strahlenbelastung der organischen Extraktionsmittel sowie die mit dem höheren Plutoniumgehalt verbundenen Kritikalitätsprobleme. Bei den trockenen Verfahren arbeitete man mit Salzschnmelzen, welche pyrochemischen Prozessen unterzogen wurden. Nachteilig waren deren geringe Dekontaminationsfaktoren, die allenfalls 10^1 - 10^2 erreichten, während man bei wässrigen Verfahren auf 10^8 zu kommen glaubte. Der im trockenen Prozeß zurückgewonnene Brennstoff wäre trotz geringer Spaltproduktverunreinigungen in schnellen Reaktoren durchaus verwendbar gewesen; seine Refabrikation zu Brennelementen hätte jedoch in Heißzellentechnik durchgeführt werden müssen, was ohne Zweifel mit Mehrkosten verbunden gewesen wäre.

Ein weiteres trockenes Verfahren, welches überlegt wurde, war das sog. Verflüchtungsverfahren. Da die amerikanische Atomenergiekommission US-AEC beim Rückkauf des abgebrannten Urans den Preis des Uranhexafluorids zugrundelegte, wurde mancherorts die Wiederaufarbeitung durch Fluoridverflüchtigung in Betracht gezogen. Wegen des geringeren Rohstoffpreises für Chlor war bald auch die Chlorierung in der Überlegung, so z.B. in Belgien.

Es war eine richtige Entscheidung, daß sich das Institut für Heiße Chemie (IHCh) frühzeitig auf den wässrigen **PUREX-Prozeß** bei der Brüterwiederaufarbeitung festlegte. Die theoretischen Überlegungen mündeten ein in den Beschluß zum Bau der **MILLI-Anlage**, einer Laboranlage zur Wiederaufarbeitung mit einer Kapazität von 1 kg pro Tag. Sie wurde von einer deutschen Firmengruppe geplant; die Fertigstellung erfolgte aber unter engagierter Beteiligung des Instituts für Heiße Chemie sowie der Technischen Abteilung /43/.

Im Zeitraum 1967-70 wurde auch die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (**WAK**) durch die Ingenieurgesellschaft Uhde-Leybold-Lurgi mit einem Kostenaufwand von knapp 70 Mio DM projektiert und errichtet. Die Inbetriebsetzung erfolgte durch die Gesellschaft zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen (GWK). Die WAK arbeitete nach dem Verfahren der Lösungsmittelextraktion verbunden mit der "chop-leach-Methode" für den Aufschluß der Brennelemente. Das Betriebsprogramm sah in der Anfangsphase die Aufarbeitung von Leichtwasserbrennelementen vor; anschließend sollte die Anlage für die fortgeschrittenen Reaktoren SNR Kalkar und THTR Schmehausen verwendet werden. Tatsächlich wurde jedoch nur Brennstoff aus Leichtwasserreaktoren aufgearbeitet (ca. 200 Tonnen), bis die Anlage Ende der achtziger Jahre zur Stilllegung anstand /44/.

3. DER EINTRITT DER INDUSTRIE (1964-66)

Durch die Einbeziehung von EURATOM sowie der holländischen und belgischen Partner waren die finanzielle Basis des Projektes sowie seine weitere technische Verfolgung gesichert. Das Karlsruher Brüterprojekt, obschon noch jung an Jahren, gewann zusehends die Aufmerksamkeit der internationalen Brüterwelt, welche allerdings schon auf kleinere schnelle Versuchsreaktoren aufbauen konnte (EBR II-USA, DFR-UK, Rapsodie-Frankreich, BR-5 und BOR-60-UdSSR). Die Beziehungen zu den USA waren zweifelsfrei am besten ausgebaut; zu den

europäischen Partnern Frankreich und England bestanden - obschon geographisch näher - weit geringere Verbindungen.

Mit der deutschen Industrie war man vorwiegend über Lieferaufträge verbunden. Dies änderte sich in den Jahren 1964-66 durch einige einschneidende Ereignisse, welche im folgenden beschrieben werden.

3.1 Die Bewertung der energiewirtschaftlichen Situation

Im Herbst 1964 wurde am Kernforschungszentrum ein "**Studienkreis Kernenergieservern**" eingerichtet, dem die Industriefirmen AEG, BBC-Krupp, GHH, Interatom, NUKEM, RWE und Siemens sowie neben dem Forschungsministerium die Institutionen GKSS Geesthacht, KFA Jülich und TH Aachen angehörten. Unter der Führung des Projekts Schneller Brüter wurde ein umfassender Bericht zur energiewirtschaftlichen Situation sowie zum ökonomischen Potential der damals bekannten Kernkraftwerkstypen erstellt und auf dem II. Foratom-Kongreß 1965 in Frankfurt vorgetragen. Ein etwa gleichzeitig verfaßter EURATOM-Bericht analysierte die Aussichten der Kernenergie in der Europäischen Gemeinschaft und kam zu vergleichbaren Ergebnissen /45, 46/.

Der später viel zitierte KfK-Bericht Nr. 366 machte u.a. **Prognosen** zu den Uranvorräten, dem Bedarf an elektrischer Energie in Deutschland, den spezifischen Stromgestehungskosten verschiedener Reaktortypen in den siebziger Jahren sowie zur Marktaufteilung zwischen Leichtwasserreaktoren und Brütern bis zum Jahr 2000.

Die Weltvorräte an Uran wurden für die 3 Preiskategorien von 8, 20 und 30 \$/1b U_3O_8 auf insgesamt 4,4 Mio Tonnen U_3O_8 abgeschätzt. Dabei wurde angenommen, daß etwa 5 %, d.h. 0,22 Mio Tonnen für Deutschland verfügbar sein würden /45/.

Für das Jahr 2000 wurde die in der damaligen Bundesrepublik Deutschland installierte elektrische Leistung bei 230 GWe vermutet; hierbei sollte der nukleare Anteil bei ca. 110 GWe liegen. Im Sinne einer **Zweitypenstrategie** war angenommen worden, daß dieser Bedarf ausschließlich durch Leichtwasserreaktoren und natriumgekühlte Schnellbrüter gedeckt werde. Für die LWR-Kapazität war

1995 das Maximum mit ca. 30 GWe errechnet worden; die Schnellbrüterkapazität sollte stetig ansteigen und um das Jahr 2000 etwa 80 GWe erreichen.

Für das schnelle Eindringen des Brüters in den Energiemarkt wurden zwei Gründe vermutet /36/:

1. Die kompakte Bauweise des Brüters infolge Wegfalls des Moderators führt zu einer hohen Degression der Investitionskosten bei größeren Anlagen. Probleme, die sich durch die Verwendung schneller Neutronen ergeben, wirken sich kostenmäßig nicht aus, da sie nur "physikalischer Natur" sind.
2. Da beim Brüter die Anreicherung entfällt und ein hoher Abbrand erzielt wird, ergeben sich geringe Brennstoffkreislauf-Kosten; sie wurden unter 0,4 Pf/kWh vermutet, worin die Erstkernaufwendungen bereits enthalten waren.

Unter Berücksichtigung der Investitions- und der Brennstoffkreislauf-Kosten wurden für die Jahre 1970-85 folgende spezifische **Stromerzeugungskosten** errechnet:

Natriumgekühlter Brüter:	1,62 Pf/kWh
Leichtwasserreaktor:	1,91 Pf/kWh
Gasgekühlter Brüter:	2,19 Pf/kWh.

Die erwähnte Studie KfK-366 kommt zu dem Schluß, daß der Kostenunterschied zwischen einer reinen Leichtwasser-Reaktorlinie und einer LWR/Brüter-Kombination aufsummiert bis zum Jahr 1984 bereits eine Kostenersparnis von einer Milliarde DM ausmacht. Bis dahin wären also die gesamten damals abgeschätzten Aufwendungen für die Schnellbrüterentwicklung im volkswirtschaftlichen Sinne bereits erwirtschaftet worden.

Das **Fazit** der damaligen Überlegungen war:

"Man hat also guten Grund, wegen der begrenzten natürlichen Spaltstoffvorräte überhaupt Brüterentwicklung zu betreiben.
Wegen des ausgezeichneten wirtschaftlichen Potentials des Schnellen Brüters hat man jedoch Grund, dies schnell zu tun" /36/.

3.2 Die Beschleunigung des Zeitplans

Die günstige Beurteilung der energiewirtschaftlichen Situation des Brüters schien im Einklang zu stehen mit der internationalen Lage. 1963 war es erstmals in den USA gelungen, ein Leichtwasser-Kernkraftwerk unter wirtschaftlichen Bedingungen und im Wettbewerb mit fossilen Kraftwerken zu verkaufen. Dieses "**Oyster-Creek-Ereignis**" war vielfach als Durchbruch der Kernkraftwerke gewertet worden.

Aber auch auf dem Brütersektor schien sich ein Wettbewerb anzubahnen. Pressemeldungen der US-Firma **General Electric** deutete man in Karlsruhe derart, als habe diese Firma das Ziel, bereits Mitte der siebziger Jahre schnelle Brüter wirtschaftlich anbieten zu können /36, 47, 48/.

In einer Stellungnahme an das Atomministerium ist zu lesen:

"... Man muß unter diesen Umständen erwarten, daß man in England, Frankreich und besonders auch in den USA Mitte der siebziger Jahre große Brüter-Kraftwerke wirtschaftlich anbieten kann und dafür aufgrund der Prototyp-Erfahrungen alle notwendigen Informationen hat. Die General Electric hat dies bekanntlich auch in der Öffentlichkeit angekündigt (Nucleonics, Nov. 1964) ... Bei der ungeheuren Geschwindigkeit, mit der heute schon Entwicklungen verlaufen, kommt jetzt alles darauf an, den Schritt zur Verwirklichung von Prototypen in Deutschland schnell zu tun. ... Das Bestehen einer scharfen Konkurrenz bereits in der Entwicklungsphase ist der beste Beweis dafür, daß diese Reaktorentwicklung vielversprechend ist." /36/.

Aufgrund dieses vermeintlichen **Konkurrenzdruckes** aus den USA wurde 1965 im Projekt PSB beschlossen, mit der Detailplanung und dem Bau der Prototypen zu einem früheren Zeitpunkt zu beginnen. Ursprünglich, d.h. noch bis zum Jahre 1964, war vorgesehen gewesen, am Ende von ausgedehnten Entwicklungsarbeiten zur Auswahl zwischen den Kühlmitteln Natrium, Dampf und Helium zu kommen und etwa um 1973 mit dem Bau eines einzigen Prototyps zu beginnen. Man hatte ferner geglaubt, mit einem voll ausgetesteten Brennelement arbeiten zu müssen. Nach der Einschätzung im Jahre 1965 schienen die Kühlmittel Natrium und Dampf jedoch noch gleiches Entwicklungspotential zu besitzen, und da eine Auswahl zum damaligen Zeitpunkt nicht möglich war, beschloß man, zeitparallel **zwei**

Prototypen mit je 300 MWe-Leistung zu entwerfen und zu projektieren, einen dampfgekühlten und einen natriumgekühlten schnellen Brüter. Für das Brennelement sollte nur ein Minimum an vorlaufenden Tests gefordert werden, die eigentlichen statistischen Brennelementversuche sollten in die Prototypreaktoren selbst verlegt werden.

Die Terminplanung sah für den natriumgekühlten Prototyp nunmehr vor:

Detailplanung und Genehmigung:	1965-68
Errichtung:	1969-71
Probetrieb:	ab 1972.

Der dampfgekühlte Prototyp sollte um ein Jahr versetzt nach dem gleichen Rhythmus erstellt werden. Für die 1.000 MWe Demonstrationskraftwerke visierte man 1973 als Planungs- und 1977 als Baubeginn an. Schließlich sollte bis zum Betriebsbeginn des ersten Prototyps die in ihrer Kapazität angepaßte Wiederaufarbeitungsanlage SCHARADE (Schnell-chemische Aufarbeitungs- und Refabrikationsanlage Deutschland) errichtet werden, um die Brüter sofort im geschlossenen Kreislauf betreiben zu können /23, 36/.

Der Entwurf und der Bau von zwei 300 MWe-Prototypkraftwerken hätten die Möglichkeiten des Kernforschungszentrums bei weitem überstiegen. Deshalb war von Anbeginn geplant, in diesem Projektstadium die deutsche Industrie einzubeziehen. Im November 1966 wurden **zwei Firmenkonsortien** gegründet: die Industriegruppe AEG/GHH/MAN erhielt vom damaligen Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung (BMwF) den Auftrag zur Erstellung baureifer Unterlagen für den Dampfbrüter, die Gruppe Siemens/Interatom sollte die Unterlagen für den Natriumbrüter projektieren. Die Arbeiten beider Industriegruppen sollten bis 1969/70 zur Vorlage bestellreifer Unterlagen für die Prototypen führen. Die Auswahl dieser Firmen erfolgte aufgrund einschlägiger Erfahrungen: AEG war mit dem Bau des Heißdampfreaktors (HDR) befaßt und hatte bereits das Leichtwasser-Kernkraftwerk VAK geliefert, während Interatom mit der Errichtung des KNK-Reaktors beauftragt war und damals bereits umfangreiche Versuchserfahrungen auf dem Natriumgebiet vorweisen konnte, z.B. der 5 MW-Anlage /37, 49, 50/.

In den **Bewilligungsbedingungen** des BMWF war u.a. verlangt worden, daß vor dem Bau des Natriumbrüters mindestens 30 Mischoxidbrennstäbe bis zum Abbrand von 50.000 MWd/t mit schnellen Neutronen im Natrium zu bestrahlen waren. Beim Dampfbrüter wurde die Bestrahlung von 500 Brennstäben unter repräsentativen Bedingungen verlangt. Während beim Natriumbrüter Bestrahlungsmöglichkeiten im Ausland z.B. beim Enrico Fermi-Reaktor zu bestehen schienen, gab es diese Möglichkeit beim Dampfbrüter nicht. Deshalb war ein Sonderprogramm für den Umbau des thermischen HDR-Reaktors in Großwelzheim zu einem schnell-thermischen Reaktor (STR) vorgesehen. Orientierende Bestrahlungsversuche im thermischen Fluß sollten im Kernkraftwerk VAK durchgeführt werden.

Die gewollte Einbeziehung der Industrie stellte einen wichtigen organisatorischen Einschnitt in der Durchführung des Projekts Schneller Brüter dar. Der Übergang wesentlicher Verantwortlichkeiten von Karlsruhe auf die Industriepartner war nicht frei von Friktionen. Konnte PSB Karlsruhe auf seine Kenntnisse bei den Brütergrundlagen sowie den Reaktorstudien verweisen, so waren auf Industrieseite die Erfahrungen des Anlagenbaus zu vermuten.

3.2.1 Reaktorentwurfsstudien

Die Reaktorentwürfe und Versuchskreisläufe waren das technische Gegenstück zu den oben genannten physikalischen Versuchsanlagen und Grundlagenuntersuchungen. Nacheinander wurden Planungsstudien für Brüterkraftwerke mit Helium-, Natrium- und Dampfkühlung angefertigt, in denen die technische Anlagenkonzeption, die Sicherheitsfragen sowie die Anlage- und Brennstoffkreislaufkosten untersucht wurden.

Der erste in Karlsruhe angefertigte Reaktorentwurf hatte ein 150 MW-Kernkraftwerk mit **Heliumkühlung** zur Grundlage. Die Vorteile des Heliums wurden in der einfacheren Technologie der Kühlkreise, dem geringeren void-Koeffizienten, dem höheren Brutgewinn sowie der chemischen Neutralität des Kühlmittels und seiner geringen Aktivierbarkeit gesehen. Bei der Durcharbeitung des Helium-Reaktorentwurfs zeigten sich jedoch auch bald die Nachteile dieses Kühlmittels. Der hohe Gasdruck, die großen Wärmetauscher, die hohe Pumpleistung, das voluminöse Druckgefäß, die unsichere Notkühlung und der Mangel geeigneter Hüllmaterialien bargen schwerwiegende technische Probleme, die letztlich auch zu negativen

wirtschaftlichen Konsequenzen geführt hätten. 1963 wurde über die Karlsruher Arbeiten zur Heliumkühlung bei der Argonne-Konferenz noch einmal berichtet, danach war diese Kühlmittelvariante praktisch aus dem Rennen, und die weitere Entscheidung wurde zwischen Natrium und Dampf gesucht. Ende der sechziger/Anfang der siebziger Jahre erlebte die Idee der Heliumkühlung allerdings einen erneuten Aufschwung, als technische Entwicklungen manche der genannten Nachteile überwandten und ein amerikanischer Großkonzern auf die Bühne trat /51/.

Der erste konsistente deutsche Reaktorentwurf für einen Brüter mit Natriumkühlung war die sog. **Na 1-Studie**. Sie war federführend von der Technischen Abteilung durchgeführt worden, welche später in das Institut für Reaktorentwicklung (IRE) umgewandelt wurde. Der Reaktor hatte eine Leistung von 1.000 MWe, eine Dampftemperatur am Turbineneintritt von 540 °C und einen Wirkungsgrad von 40 %. Der Reaktorkern mit einem Verhältnis von Höhe zu Durchmesser wie 1 zu 3 war mäßig abgeflacht und das Ergebnis eines sorgfältig erwogenen Kompromisses zwischen möglichst hohem Dopplerkoeffizient, möglichst niedrigem void-Koeffizient und möglichst großer innerer Brutrate. Beim Aufbau des Primärsystems wurde angestrebt, die vermutete Sicherheit der pool-Bauweise mit den ebenfalls vermuteten wirtschaftlichen Vorteilen der loop-Bauweise zu vereinen. So war es möglich, das gesamte Primärsystem in einem zylindrischen Sicherheitsbehälter von nur 28 m Durchmesser unterzubringen. Der obere Teil des Reaktorbehälters sollte als Heiße Zelle ausgestaltet werden, um beim Be- und Entladen die Köpfe der Brennelemente mit Greifermanipulatoren unter Sicht anfahren zu können. Die Kosten wurden in Zusammenarbeit mit zahlreichen Industriefirmen abgeschätzt; die Investitionskosten sollten bei 440 DM/kW, die Brennstoffkreislaufkosten bei 0,33 Pf/kWh liegen /52/.

Wesentliches Ergebnis bei der anschließend durchgeführten sicherheitstechnischen Systemanalyse war die Erkenntnis, daß auch bei schnellen natriumgekühlten Reaktoren ein konventionelles, von den Leichtwasserreaktoren her bekanntes Sicherheitssystem zur Steuerung und Abschaltung genügt.

Im Anschluß an die Natriumstudie wurde - ebenfalls federführend vom IRE - die sog. **D 1-Studie** angefertigt, welche den Entwurf eines 1.000 MWe dampfgekühlten Brüters zum Ziel hatte. Sie fußte auf vielen im IRE und IRB erarbeiteten Unterlagen. So war man dort der Ansicht, daß der Dampfbrüter in Zukunft dem

Siedewasserreaktor an Wirtschaftlichkeit überlegen werden könnte, da das einphasige Kühlmittel Wasserdampf den Übergang zu hohen Drücken und zu Temperaturen konventioneller fossiler Kraftwerke gestattet /53/.

Da beim dampfgekühlten Brüter die Verdampfung des Kühlmittels außerhalb des Reaktorkerns erfolgen mußte, wurden verschiedene Kreislaufschaltungen im Hinblick auf ihre technische Eignung, Betriebssicherheit, Wirkungsgrad u.ä. durchgemustert. Man entschied sich schließlich für den sog. **Löffler-Kreislauf**, von dem ein Prototyp im IRB aufgestellt wurde. Sein wesentliches Kriterium ist, daß er eine räumliche Trennung des Verdampfens vom Überhitzen gestattet, obwohl beide Vorgänge durch die nukleare Wärme des Reaktorkerns bewirkt werden. In der Löffler-Schaltung arbeitet der Reaktorkern als Überhitzer des im Verdampfer erzeugten und von einem Dampfverdichter umgewälzten Sattedampfes. Der aus dem Reaktor austretende überhitzte Dampf teilt sich in 2 Teilströme auf. Der kleinere Teilstrom, etwa 40 % der gesamten Heißdampfmenge, strömt direkt zur Turbine; der restliche, größere Teilstrom wird dem Verdampfer zugeführt, in welchem seine Wärme zur Verdampfung des Speisewassers dient. Der erzeugte Sattedampf wird vom Dampfverdichter zurück zum Reaktor gefördert. Dem Löffler-Kreislauf wurden sicherheitstechnische Vorteile zugeschrieben, u.a. weil der Verdampfer bei Druckschwankungen automatisch als Wärmesenke bzw. Wärmequelle dient /30/.

Die Anfang 1966 fertiggestellte D 1-Studie basierte auf dem Löffler-Kreislauf. Der Anlagendruck lag bei 160 bar. Als Hüllmaterial für die Brennelementbündel war Inconel 625 vorgesehen.

Die D 1-Studie wurde in den USA aufmerksam registriert und im Rahmen der Expertenkommission "Alternate Coolant Task Force" mit zwei weiteren Dampfbrüterstudien von Babcock und Wilcox verglichen. Die B & W-Anlagen sollten ebenfalls im direkten Kreislauf arbeiten, waren aber für niedrigen Druck (88 bar) bzw. überkritischen Dampfdruck ausgelegt /54/.

Im **Vergleich** der beiden Studien Na 1 und D 1 zeichnete sich für die Projektleitung PSB im Jahre 1966 folgende Situation ab:

"Natriumgekühlte schnelle Brutreaktoren haben eine etwas höhere Brutrate und daher einen günstigeren Brennstoffzyklus. Sie sind für sehr große Einheiten (> 1.000 MWe) im Grundlastbetrieb wirtschaftlicher.

Dampfgekühlte schnelle Brutreaktoren haben im Gebiet mittlerer Leistungen (~ 1.000 MWe) niedrigere Kapitalkosten, welche die etwas höheren Brennstoffkosten aufwiegen. Insbesondere bei Abweichungen vom Vollastbetrieb können sie in dieser Größenklasse wirtschaftlich den Natriumbrütern überlegen sein.

Beide Systeme sind demnach in gewissem Sinne komplementär. Deshalb ist vorgesehen, sowohl die Klasse der Natrium- als auch der Dampfbrüter weiterzuverfolgen" /10/.

4. DIE BEENDIGUNG DES DAMPFBRÜTERPROJEKTS (1966-69)

4.1 Der Entscheidungsprozeß

Diese Vorhersage traf jedoch nicht ein; im Gegenteil, die Arbeiten zum dampfgekühlten Brüter wurden notleidend und mußten bald ganz aufgegeben werden.

Die Entscheidung zur **Beendigung des Dampfbrüterprojekts** hatte sich bereits 1966 angebahnt und war bis 1971 von einer heftigen, teils emotionsgeladenen Auseinandersetzung begleitet. Im folgenden wird eine Chronologie der wichtigsten Stationen dieses Entschlusses gegeben:

1. Ende 1967 stellte die AEG fest, daß die Umwandlung des HDR zum schnellthermischen Reaktor (STR) wegen des unzureichend negativen Dopplerkoeffizienten nicht möglich war.
2. Im März 1968 deutete Projektleiter Häfele beim Statusbericht für das Jahr 1967 an, daß die parallele Abwicklung der Dampf- und Natriumlinie möglicherweise aufgegeben werden müsse.
3. Im April 1968 schlug sogar die AEG bei der 6. Sitzung des Projektkomitees Schneller Brüter selbst vor, die Entwurfsarbeiten am Dampfbrüter zu beenden.
4. Im Dezember 1968 kam der Arbeitskreis Kernreaktoren (III/1) einstimmig zum gleichen Ergebnis.

5. Im Januar 1969 gleiches Ergebnis der Brüter-A-Kommission in Karlsruhe.
6. Bei einer Anhörung der pro- und contra-Experten beim Forschungsminister Dr. Stoltenberg unter Beteiligung von Abgeordneten des Bundestagsausschusses für wissenschaftliche Forschung am 23. u. 24.01.69 wird die Entscheidung fachlich vorbereitet.

Am 5.2.1969 verfügte der Bundesminister für wissenschaftliche Forschung (BMWF) **Dr. G. Stoltenberg** die Beendigung des Dampfbrüterprojekts und machte in seiner Presseerklärung folgende Feststellungen:

- "1. Die Entwicklung des dampfgekühlten Schnellen Brüters als selbständiges Teilprojekt im Rahmen des Gesamtprojekts Schneller Brüter ist einzustellen.
2. Die Arbeiten an diesem Vorhaben im Bereich der Industrie sind so weit zu einem sinnvollen Abschluß zu führen, daß ein umfassender Schlußbericht vorgelegt werden kann. Dieser soll als Grundlage für eine evtl. Wiederaufnahme der Arbeiten dienen können.
3. Einzelvorhaben im Basisprogramm des Gesamtprojekts Schneller Brüter des Kernforschungszentrums Karlsruhe sind fortzuführen, dabei vor allem die Brennstabentwicklung."

Diese **Entscheidung** wurde in einem Anhang erläutert:

"Das deutsche Dampfbrüterprogramm mußte wegen der aufgetretenen technischen Schwierigkeiten sowohl hinsichtlich der Zielrichtung als auch des Terminplans grundlegend überprüft werden.

Aufgrund der neuen internationalen Situation muß eine Entwicklung des dampfgekühlten Schnellen Brüters in der Bundesrepublik isoliert und ohne die Möglichkeit einer Abstützung auf Ergebnisse ausländischer Parallelentwicklungen durchgeführt werden.

Das Konzept des dampfgekühlten Schnellen Brüters verspricht aus heutiger Sicht keinen Vorteil gegenüber dem des natriumgekühlten Schnellen Brüters mit oxidischen Brennelementen, und langfristig zeichnet sich beim dampfgekühlten Schnellen Brüter keine Möglichkeit einer Weiterentwicklung ab, die der des natriumgekühlten Schnellen Brüters beim Übergang zu karbidischem Brennstoff entspricht.

Der Einsatzzeitpunkt kommerzieller Dampfbrüter-Kernkraftwerke wird sich gegenüber den bisherigen Annahmen verzögern, so daß das Risiko für das Einführen dieses Kernkraftwerkstyps in den Markt vergrößert wird." /55/.

Damit war die Entscheidung gefallen, aber die Diskussion noch lange nicht beendet. Auf Veranlassung des Forschungsministers Prof. Leussink, des Nachfolgers von Stoltenberg, gab es am 15.2.71 eine **öffentliche Diskussion** über die Entscheidungsgründe beim Statusbericht 1970 in Karlsruhe /56/.

Der endgültige Abschluß der F+E-Arbeiten zum Dampfbrüter erfolgte erst 1974. Schwerpunkte des Auslaufprogramms, dessen Aufwendungen sich auf etwa 5 Mio DM pro Jahr beliefen, waren: Versuche zur Dampfkontamination des Primärkreislaufs im FR 2-Heißdampfkreislauf, out-of-pile-Korrosionsversuche im HKW-loop, DRF-Trefoilbestrahlungen (nach Schaden abgebrochen) und Vorbereitungen zur Bestrahlung von 4 Brennstäben mit Druckausgleichssystem im VAK (nicht durchgeführt).

Die Diskussion um das Dampfbrüterprojekt führte zu einer erheblichen **Polarisierung** im Kernforschungszentrum. Die Argumente der Antagonisten - Projektleiter Professor Häfele und IRB-Institutsleiter Dipl.-Ing. Ritz - standen lange Zeit unvermittelt im Raum und haben dem Ansehen des Zentrums in der Öffentlichkeit geschadet. Die Standpunkte sollen kurz dargestellt werden, ebenso wie die wichtigsten Argumente des Industriepartners AEG und die des Journalisten K. Rudzinski, eines engagierten Kritikers des Natriumbrüterprojekts.

4.1.1 Die Argumente der Projektleitung PSB

Der Projektleiter **Prof. Häfele** war für die Beendigung des Dampfbrüterprojekts und artikulierte damit die offizielle und von der Mehrheit getragene Meinung des Kernforschungszentrums. Er benützte im wesentlichen folgende Gründe:

1. Das Pu- α -Ereignis hat die Brutfähigkeit des Dampfbrüters wesentlich negativer beeinflußt als die des Natriumbrüters. α ist das Verhältnis von (n, γ) -Einfangquerschnitt zu Spaltquerschnitt. Für den Resonanzbereich 10-20.000 eV wurde bei der IAEO-Konferenz über die Physik Schneller Reaktoren in Karlsruhe (Oktober 1967) bekannt, daß die bisher verwendeten KAPL-Werte für Pu zu niedrig sind. Höhere α -Werte bedeuten aber geringeres Brutvermögen, was insbesondere den Dampfbrüter beeinflußt, da sein Spektrum weicher ist und seine Brutrate ohnehin unter der des Natriumbrüters liegt.

Die Verminderung der Brutrate um 4 Punkte hätte bei Aufrechterhaltung des bis dahin verfolgten Konzepts eines starken freistehenden Hüllrohrs aus Inconel 625 bedeutet, daß so gut wie keine Brutfähigkeit mehr für den Dampfbrüter übrig geblieben wäre. Von daher wäre der Übergang zum Konzept eines schwachen, sich teilweise an den Brennstoff anlehenden Hüllmaterials, in erster Linie Incoloy 800, erforderlich gewesen ("Zahnpastatuben-Konzept").

2. Nachdem der HDR-Umbau nicht möglich ist, wäre der Bau eines gesonderten Testreaktors zur Bestrahlung von Brennelementen notwendig. Die Aufwendungen hierfür sind mit 200 Mio DM und einem Zeitraum von 6 Jahren zu veranschlagen. Um diese Zeit würde sich auch der Bau des dampfgekühlten Prototyps verschieben, dessen Errichtung nach früheren Terminvorstellungen zeitgleich mit dem des Natriumbrüters hätte erfolgen sollen.
3. Aus Bestrahlungsversuchen der US-Firma General Electric beim EBR II ist bekanntgeworden, daß nickelhaltige Brennstäbe im schnellen Neutronenfluß eine unerwartet hohe Fehlerrate haben. Demgegenüber wurde beim deutsch-amerikanischen EVESR-Programm festgestellt, daß es gerade die Nickelkomponente ist, welche dem Hüllmaterial seine Heißdampfkorrosionsbeständigkeit verleiht. Die Frage nach einem für Dampfbrüter geeigneten Hüllmaterial ist also weitgehend offen.

4. Die Brennstabhüllrohre stehen beim Dampfbrüter im Frühstadium der Bestrahlung unter einem hohen Außendruck bei gleichzeitig hoher Temperatur. Diese Belastung kann zu sog. Kriechbeulen führen, hervorgerufen durch stets vorhandene anfängliche "Ovalitäten", d.h. Abweichungen von der ideal runden Form. In Experimenten zeigte sich, daß bei den zur Diskussion stehenden System-Dampfdrücken von 120-170 bar, maximalen Hüllrohrtemperaturen von 700-735 °C und Hüllrohrwandstärken unter 0,4 mm die erforderlichen Standzeiten nicht erreicht werden können.
5. Im Bereich der Sicherheit ist die Notkühlung des Dampfbrüters problematisch. Während der Natriumbrüter ein praktisch druckloses Kühlmedium mit hoher Wärmeleitung besitzt, sind beim Dampfbrüter aller Voraussicht nach viele aktive Maßnahmen, wie Einsprühen von Wasser in ein überhitztes Core notwendig. Hinzu kommt der Lenzunfall, welcher nur beim Dampfbrüter möglich ist. Das Genehmigungsverfahren des dampfgekühlten Brüters ist also mit großen, z.T. noch nicht voll erkannten Problemen belastet.
6. Die US-Firma General Electric gab im Frühsommer 1968 bekannt, daß sie wegen vieler technischer Probleme und vor allem wegen fehlender Unterstützung durch die amerikanische Atomenergiekommission den dampfgekühlten Brüter nicht mehr weiterverfolgen werde. Damit hätte das deutsche Dampfbrüterprojekt alle Entwicklungsrisiken allein zu tragen.
7. Im internationalen Vergleich ist die Entwicklung des natriumgekühlten Brüters am weitesten fortgeschritten. Neben Deutschland verfolgen diese Linie die Länder UdSSR, USA, Großbritannien, Frankreich, Japan und Italien. Durch Erfahrungsaustauschverträge kann die Basis der eigenen Entwicklung abgesichert werden.
8. Der mit oxidischem Brennstoff betriebene Natriumbrüter kann in einer weiteren Stufe durch die Verwendung von karbidischem Brennstoff verbessert werden. Dies betrifft vor allem die Erhöhung der Bruterate bei gleichzeitiger Verminderung des Brennstoff-Inventars /47, 57, 58, 59, 60, 61, 62/.

4.1.2 Die Argumente der Industriefirma AEG

Die Firma AEG, als federführender Industriepartner beim Dampfbrüterprojekt, war für die Beendigung der Arbeiten. **Dr. Kornbichler**, verantwortlicher Projektmanager bei AEG, führte u.a. folgende Gründe an:

1. Von überragender und letztlich ausschlaggebender Bedeutung wird von der AEG die Tatsache angesehen, daß die US-Firma General Electric das ESCR-Projekt (Experimental Steam Cooled Reactor) aufgegeben und sich damit aus der Dampfbrüterentwicklung zurückgezogen hat. Da auch Schweden, Italien und Japan ihre Anstrengungen auf diesem Gebiet beenden wollen, würde Deutschland isoliert dastehen. Ohne internationalen Informationsaustausch werden die Erfahrungen langsamer wachsen und das Risiko für Rückschläge zunehmen. Im übrigen wäre es das erste Mal, daß Deutschland eine Reaktorlinie - allein auf sich gestellt - zum Erfolg führen müßte. Bei den drei Reaktortypen Hochtemperatur-, Schwerwasser- und Leichtwasserreaktor ist erhebliches know-how von außen eingeflossen, ohne welches das Durchhalten schwer denkbar gewesen wäre.
2. Beträchtliche Risiken birgt die Beurteilung des künftigen Marktes und insbesondere der Absatzchancen für Dampfbrüter. Eine Industriefirma hat aber nicht nur den technischen, sondern auch den wirtschaftlichen Erfolg anzustreben. Wenn konkurrierende Unternehmen wie General Electric - sicher nach reiflicher Überlegung - eine Entwicklungsrichtung aufgeben, so ist auch für die AEG besondere Vorsicht geboten.
3. Ein wesentliches technisches Ereignis, allerdings negativer Art, ist der mißlungene Versuch, den HDR-Reaktor in den schnell-thermischen Reaktor (STR) umzubauen. Nach etwa einjähriger Arbeit ist festgestellt worden, daß der vorgesehene kleine Kern keinen ausreichend negativen Dopplerkoeffizienten hat; andere Maßnahmen zur Erzielung einer quasi-inhärenten Sicherheit erscheinen nicht zuverlässig genug. Das Alternativkonzept eines großen durchgängig schnellen Reaktorkerns scheitert vor allem an den Kosten. Mit dem Ausfall des STR ist ein repräsentativer Bestrahlungstest für die Dampfbrüterelemente nicht mehr möglich /56, 63/.

4.1.3 Die Argumente von Dipl.-Ing. L. Ritz

Dipl.-Ing. Ludolf Ritz war seit 1961 Leiter des Instituts für Reaktorbauelemente (IRB) und mit dem Dampfbrüterprojekt eng verbunden. Ritz war vorher Cheftechniker bei der englischen Firma Parsons Company in Newcastle und hatte dort am englischen Atomprogramm mitgewirkt, u.a. durch Studien zur Dampfkühlung. Als er, übrigens durch Vermittlung von Otto Hahn, nach Karlsruhe kam, nahm er diese Arbeiten mit voller Zustimmung der Projektleitung wieder auf. Aber keineswegs ausschließlich, denn daneben ließ er in seinem Institut auch Natriumkomponenten an Flüssigmetallkreisläufen untersuchen.

Ritz war für die Fortführung des Dampfbrüterprojekts und drückte die Meinung einer nicht vernachlässigbar geringen Minderheit im Kernforschungszentrum aus:

1. Vom Aufbau der Anlage her ist der Dampfbrüter dem Leichtwasserreaktor am verwandtesten. Da sich die LWR bisher gut bewährt haben, ist hierin ein wichtiges Argument für die Fortführung dieser Entwicklungslinie zu sehen. Dies steht auch im Einklang mit dem Traditionsdenken von Herstellern und Betreibern von Dampfkraftwerken, die gegen umwälzende Neuerungen wie die Einführung metallischer Kühlmittel skeptisch sein werden. Sie können dabei auf kostspielige Erfahrungen bei früheren technischen Änderungen verweisen.
2. Der Natriumbrüter ist vom Kühlmittel und seinen Komponenten her eine umwälzende Neuerung. Er birgt zudem einen inhärenten Kostennachteil, da er im Anlagenaufbau wesentlich komplizierter ist als ein Dampfbrüter. Bis zur Erzielung industrieller Reife und wirtschaftlicher Konkurrenzfähigkeit des Natriumbrüters werden weitere 10-15 Jahre notwendig sein, unter Bereitstellung eines sehr hohen Entwicklungsaufwands.
3. Die unabhängige Organisation European Nuclear Energy Agency (ENEA) hat im Herbst 1968 einen umfassenden Dampfbrüterbericht im Entwurf vorgelegt und kommt darin zu folgender positiven Wertung /64/:

"From this evidence we have concluded that there should be no major feasibility problems and that, although substantial proving is required in certain areas, in particular the fuel element, the reactor can be constructed essentially on the basis of existing technology".

4. Dem Kriechbeulproblem kann durch ein im IRB entwickeltes Druckausgleichssystem für Brennstäbe wirksam begegnet werden. Hierbei tritt an die Stelle des üblichen Gasplenums ein mit Wasser bzw. Dampf gefüllter Raum, der von dem in den Reaktor eintretenden Sattedampf auf Temperatur gehalten wird. Die Trennung des Wassers bzw. Dampfes von dem Heliumspaltgasgemisch erfolgt durch eine Bleidichtung, welche bei Betriebstemperatur flüssig ist. Das Druckausgleichssystem ermöglicht die Verwendung dünnerer Brennstabhüllen, was wiederum der Brutrate zugute kommt /62, 65, 66/.

Ungeachtet dieser klaren Meinung zum Dampfbrüter beteiligte sich Ritz mit seinem Institut weiterhin am Brüterprojekt, nachdem die Entscheidung für Natrium gefallen war. In einer Phase der Umorientierung wurde ein Natriumlabor aufgebaut, das sich mit Werkstoffuntersuchungen und Wärmeübergangsproblemen beschäftigte.

Ludolf Ritz starb im Juni 1991 im Alter von 82 Jahren in Karlsruhe.

4.1.4 Die Argumente des Journalisten K. Rudzinski

Der Journalist **Kurt Rudzinski**, nach zeitweisem Chemiestudium hauptberuflich Wissenschaftsredakteur der "Frankfurter Allgemeinen Zeitung" (FAZ), verfolgte die Brüteraktivitäten des Kernforschungszentrums mit kritischem Interesse. Etwa um 1965 kam er zu der Überzeugung, daß die Entwicklung des Natriumbrüters eine Fehlentscheidung sei, und brachte dies in vielen Zeitungsartikeln deutlich zum Ausdruck. Seine Kritik verstärkte sich noch, als sich die Aufgabe des Dampfbrüters abzeichnete bzw. wirklich erfolgte. Rudzinski begründete seinen Standpunkt mit Leidenschaft und erstaunlicher Sachkenntnis. Seine Mittwoch-Kolumnen waren berühmt-berüchtigt, nicht zuletzt wegen ihrer Überschriften, welche in einem deutlichen Kontrast zu dem eher zurückhaltenden Stil der FAZ standen. Eine Auswahl möge dies verdeutlichen:

"Verspielt Karlsruhe eine Chance der Atomtechnik?" (1.5.1965)

"Die Dampfkühlung setzt sich durch" (26.1.1966)

"Der Natriumbrüter - eine Milliarden-Fehlinvestition" (20.7.1966)

"Milliarden für den Schornstein" (26.10.1968)

"Dampfbrüter-Brennelemente - kein Risiko" (18.12.1968)

"Reaktorthologie und Reaktorrealität" (27.1.1969)

"Falsche Prognosen im Projekt Schneller Brüter" (8.4.1970)

"Das Ende der Natriumbrüter-Illusionen" (6.5.1970).

Bekannt war Rudzinski auch für das "timing" seiner Artikel. Sie erschienen häufig unmittelbar vor Statusberichten oder Reaktortagungen und beeinflussten die Meinungsbildung der Experten und Politiker durch originelle Informationen, welche auf beträchtliche insider-Kenntnisse schließen ließen. Sie gaben darüber hinaus Anlaß für Abgeordnete, im Rahmen der Fragestunde des Deutschen Bundestages Erkundigungen über Einzelentscheidungen des Projekts oder Vorgänge im Kernforschungszentrum einzuholen. Schließlich nahmen auch andere Presseorgane seine Argumente auf oder beschäftigten sich mit dem Autor selbst:

"Heimliches Schlachtfest" (Der Spiegel 2.12.1968)

"Murren und Mäuscheln" (Der Spiegel 2.6.1969)

"Ein FAZ-Journalist kämpft gegen das Establishment" (Capital 2/69).

K. Rudzinski war von den technischen und wirtschaftlichen Vorteilen der Dampftechnik gegenüber der Natriumtechnik überzeugt und wurde nicht müde, dies immer wieder anhand vieler Beispiele seinen Lesern klarzumachen. Im einzelnen bewegte sich seine Argumentation auf der Linie dessen, was im vorausgehenden Abschnitt dargelegt wurde. Man sollte sich allerdings vergegenwärtigen, daß dies schon Mitte der sechziger Jahre geschah, als die Argumente gegen die Kerntechnik oder den Brüter noch nicht so geläufig oder "aufgearbeitet" waren wie in der darauffolgenden Dekade.

Im Kernforschungszentrum bedauerte man, daß der Journalist Rudzinski die ihm aus inoffiziellen Quellen zugegangenen Informationen nur ganz selten in recherchierenden Gesprächen mit den Verantwortungsträgern überprüfte. Des weiteren hatte man den Eindruck, daß sich das Karlsruher Projekt Schneller Brüter, verglichen mit anderen Forschungsorganisationen, im besonderen Maße seiner pointierten Kritik "erfreute". Die durchweg negative Apostrophierung des Natriumbrüters und der PSB-Forschungsarbeiten verliehen den besagten FAZ-Artikeln zwar ihre unverwechselbare Tonart, ließen jedoch in ihren häufigen Wiederholungen die journalistische Ausgewogenheit vermissen. Viele Mitarbeiter im Kernforschungszentrum bedauerten es zudem, daß die beiden Hauptkontrahenten Häfele und Rudzinski offensichtlich keine ausreichende Gelegenheit fanden - oder suchten -, um die anfangs noch rein theoretischen Kontroversen in persönlichen Gesprächen anzunähern.

Was kaum jemand wußte: K. Rudzinski hatte ein breites Interessenfeld, das weit über die bloße Technik hinausging. So war er ein leidenschaftlicher Numismatiker, erlernte die schwierige Kunst der Münzfotografie, nahm als Archäologe an mehreren Ausgrabungen teil und schrieb anerkannte Fachartikel über griechische Vasenmalerei.

Aus der Geschichte des Projekts Schneller Brüter ist der Kritiker mit dem Redaktionskürzel K.R. nicht fortzudenken - so oder so!

Kurt Rudzinski starb im Februar 1992 im Alter von 80 Jahren in Frankfurt.

5. DIE ANFÄNGE DES KERNKRAFTWERKS KALKAR (1969-73)

5.1 Die Konstituierung der Vertragspartner

Ab 1966 kam es zu einer deutlichen **Trennung** in der organisatorischen Struktur des Brüterprojekts. Die Industriepartner übernahmen mehr und mehr die Ausarbeitung und Verantwortung für das Projekt SNR 300 auf der Basis der Na 2-Studie. Den Zentren, und hier insbesondere dem Kernforschungszentrum Karlsruhe, verblieben die Grundlagenforschung und teilweise die bauzugehörige Forschung und Entwicklung für den SNR 300.

Die wichtige Funktion, alle Partner des SNR 300-Projekts an einem Tisch zu vereinen, hatte ab 1966 das "**Projektkomitee Schneller Brüter**" übernommen. In

diesem Gremium kamen die Vertreter der Regierungen, der Herstellerindustrie, der Energieversorgungsunternehmen und der Forschungszentren unter dem Vorsitz des Bundesministeriums für wissenschaftliche Forschung (BMWF) etwa 2-3 mal pro Jahr zusammen, um die für den Fortgang des SNR 300-Projekts notwendigen Beschlüsse zu treffen. Das Projektkomitee beendete nach Abschluß der SNR 300-Lieferverträge seine Sitzungen, wurde aber 1977 wieder eingerichtet und bestand dann nochmals bis Anfang der achtziger Jahre.

Die Konstituierung der Hersteller- und Betreiberkonsortien für den SNR 300, also der späteren Vertragspartner, vollzog sich schrittweise über mehrere Jahre und sei hier in geraffter Form dargestellt /67, 68/.

Das **Herstellerkonsortium** für den SNR 300 bildete sich nach dem Schema der seit 1965 bestehenden deutsch-belgischen-niederländischen Zusammenarbeit bei den Forschungszentren. Diese Kooperation war von allen Partnern als sehr zufriedenstellend angesehen worden. So kam es 1967 auf Regierungsebene zum Austausch von Memoranden, in denen vereinbart wurde, die Zusammenarbeit auch auf den Bau des SNR 300 auszudehnen. Die Finanzierung des Projekts sowie die Festlegung der späteren Lieferanteile im Verhältnis 70:15:15 wurden in diesem Regierungsabkommen bereits vorbestimmt. Ein Jahr später unterzeichneten die Industriefirmen Siemens und Interatom (Bundesrepublik Deutschland), Belgonucléaire (Belgien) und Neratom (Niederlande) einen auf diesen Memoranden fußenden Zusammenarbeitsvertrag für die Entwicklung und den Bau des SNR 300. Dieses sogenannte SNR-Konsortium wurde 1972 beim Abschluß der SNR 300-Lieferverträge in "Internationale Natrium-Brutreaktor-Baugesellschaft mbH" (**INB**) umbenannt. Ihr gehörten die Firmen Interatom, Belgonucléaire und Neratom an. Die Firma Luxatom aus Luxemburg war zeitweise mit 1 % am SNR-Konsortium beteiligt, zog sich jedoch 1972 noch vor Vertragsabschluß zurück.

Zwischen 1969 und 1974 gab es eine Reihe von Veränderungen bei den deutschen Partnern **Siemens** und **Interatom**. 1969 erwarb Siemens eine Beteiligung an Interatom von 60 %, bei gleichzeitigem Ausscheiden von North American Aviation und Verminderung der Anteile der anderen Gesellschafter. Zur selben Zeit beendete Siemens seine Brüterentwicklungsarbeiten und versetzte das Personal - sofern dazu bereit - von Erlangen nach Bensberg. Später zogen sich auch die restlichen Interatom-Gesellschafter Demag (1971) und Deutsche Babcock und Wilcox (1972) zurück, so daß Siemens nunmehr alle Anteile von Interatom hielt. Diese wurden 1974 der Kraftwerk-Union übertragen, als die kerntechnischen Bereiche von Siemens und AEG einbezogen worden waren.

Das **Besteller- und Betreiberkonsortium** für den SNR 300 wurde ebenfalls von deutschen, belgischen und niederländischen Energieversorgungsunternehmen gebildet. Karlsruhe hatte anfangs vorgeschlagen, den SNR 300 gemeinsam mit der Herstellerindustrie zu planen und zu bauen, um ihn nach Fertigstellung einem Betreiber zu übergeben. Das Forschungsministerium war jedoch diesem Vorschlag nicht gefolgt, da es den Betreiber bereits möglichst frühzeitig in der Projektverantwortung integriert sehen wollte /36, 68/.

So kam es 1969 zur Gründung der "Projektgesellschaft Schneller Brüter" (PSB), einer Gesellschaft bürgerlichen Rechts, welcher federführend das deutsche Energieversorgungsunternehmen RWE sowie die beiden ausländischen Partner Synatom (Belgien) und SEP (Niederlande) angehörten. Der Name PSB erregte nicht das Wohlwollen der Karlsruher, konnte es dadurch doch zu Verwechslungen mit dem alteingesessenen Projekt gleicher Abkürzung im Kernforschungszentrum kommen. PSB (Essen) hatte die Aufgabe, den Bau des SNR 300 von seiten des späteren Bestellers vorzubereiten, also insbesondere die Fragen der Finanzierung, Vertragsgestaltung und Lizenzierung zu klären. Die Gesellschaft wurde 1972 durch die "Schnellbrüter-Kernkraftwerksgesellschaft mbH" (SBK) abgelöst, welche die INB mit der Lieferung des SNR 300 formell beauftragte. Dadurch erledigte sich auch das Namensproblem PSB. 1973 trat dem Bestellerkonsortium als weiterer Partner das britische "Central Electricity Generating Board" (CEGB) mit einem Anteil von 1,65 % bei.

5.2 Von den Entwurfsstudien zum SNR 300

Der **SNR 300-Entwurf** gründete auf der sog. Na 2-Studie, welche zwischen 1965 und 1967 federführend vom Kernforschungszentrum, aber unter Mitwirkung von Siemens und Interatom erstellt worden war. Sie war das erste deutsche Auslegungskonzept eines 300 MWe natriumgekühlten Brüters. Gegenüber der vorausgehenden **Na 1-Studie** für einen 1.000 MWe-Brüter wurde die Koaxialbauweise im Primärsystem verlassen zugunsten eines konventionellen 3-loop-Systems. Der Reaktorkern war, ähnlich wie später beim SNR 300, als Zweizonen-core ausgelegt; Konzepte wie "Pfannkuchen-cores", "modular cores" und "spectrum softening cores" waren aus Sicherheitsgründen bereits in der Überlegung, wurden aber schließlich nicht für erforderlich gehalten. Im Falle des Versagens aller 3 Hauptkreise sollte die Nachwärme durch Naturkonvektion an NaK- und Luft-

kühler abgegeben werden. Die Literaturstelle sei als besonders markantes Beispiel der Ende der sechziger Jahre sehr beliebten "multi-people papers" in voller Länge vermerkt /69/.

In der zur Na 2-Studie gehörenden **Sicherheitsanalyse** wurde Kernschmelzen als ein sehr unwahrscheinlicher Störfall angesehen. Im Sinne von Extremalabschätzungen errechnete man damals schon mechanische Energiefreisetzen für hypothetische Bethe-Tait-Störfälle. Wegen der sehr verschiedenen Geometrien, physikalischen Annahmen und Rechenmethoden sind diese Zahlenwerte mit den später für den SNR 300 verlangten 370 Mws nicht unmittelbar vergleichbar /70/.

Besonders umfangreiche Überlegungen galten dem Containment als der wichtigsten Schutzvorrichtung gegen die Freisetzung radioaktiven Materials bei Unfällen. Es zeigte sich, daß die Knochenosis die wesentliche Strahlenbelastung darstellt und deshalb Plutonium und nicht etwa Jod das begrenzende Element ist. Unter diesen Umständen wurde ein doppeltes Containment mit Ringspaltabsaugung für erforderlich gehalten /71/.

Der **SNR 300-Sicherheitsbericht** wurde verantwortlich vom SNR-Konsortium erstellt und am 31.12.1969 vorgelegt. Er bestand aus 2 Textbänden sowie einem Abbildungsband und stellte den ersten konsistenten Entwurf für den SNR 300 dar. Die Anlage war auf 300 MWe ausgelegt, sollte aber die Extrapolation auf 1.000 MWe mit geringem Risiko für die meisten Komponenten zulassen. Für das Wärmeübertragungssystem wurde "wegen der leichteren Ausführbarkeit und Extrapolierbarkeit sowie wegen des größeren Entwicklungspotentials hinsichtlich einer denkbaren Eliminierung des Natriumzwischenkreislaufs" das loop-Konzept gewählt. Die unter dem Natriumnotspiegel liegenden Komponenten waren zur Sicherung gegen Kühlmittelverlust in Betonwannen angeordnet. Gesonderte Notkühlkreise waren nicht vorgesehen. Auf dem Gebiet der Sicherheit wurden noch Lücken beim Phänomen der Brennstoffnatriumreaktion und der Propagation der begleitenden Druckeffekte gesehen. Die unmittelbaren Folgen einer überpromptkritischen Energiefreisetzung sah man auf die Reaktorzelle beschränkt /72/.

Die 1969 im Sicherheitsbericht vorgelegte technische Detailplanung des SNR 300 wurde bei der anschließenden Durchsprache mit den Genehmigungsbehörden und dem Betreiber einschneidend geändert. Die Folge waren erhebliche Umplanungen, welche beträchtliche Terminverzögerungen und Mehrkosten auslösten /73, 74, 75, 76, 77, 78/.

5.2.1 Die Forderungen der Genehmigungsbehörde

Als **Standort** für den SNR 300 hatten die Energieversorgungsunternehmen **Weisweiler** im Dreiländereck um Aachen vorgesehen, weil dort bereits mehrere (Braunkohle-)Blöcke durch RWE betrieben wurden und die erforderliche Infrastruktur vorhanden war. Beim Vergleich mit den im Sommer 1970 neu definierten Standortkriterien der Reaktorsicherheitskommission (RSK) stellte sich jedoch heraus, daß die Besiedlungsdichte im Umkreis von Weisweiler zu hoch war. Die RSK empfahl einen Standort zu wählen, der innerhalb des 5 km-Umkreises eine Bevölkerungszahl von weniger als 40.000 aufwies. Der Projektgesellschaft Schneller Brüter gelang es relativ rasch, mit **Kalkar** bei Kleve am Niederrhein einen geeigneten Reaktorstandort zu finden; er hatte darüber hinaus den Vorteil, in unmittelbarer Nähe des holländischen Partners zu liegen ("mit dem Fahrrad erreichbar"). Bezeichnend für die damalige Situation war der Umstand, daß das Forschungsministerium (jetzt BMBW genannt) eine Reihe von Briefen erhielt, in denen die Verantwortlichen von Ortschaften und Landkreisen darum baten, den SNR 300 in ihrer Gemarkung aufnehmen zu dürfen /79/.

Unter den technischen Forderungen der Gutachter war die einschneidendste jene, welche die Berücksichtigung des Bethe-Tait-Störfalls verlangte. Tank und Primärsystem sollten so ausgelegt werden, daß sie einer mechanischen Belastung von 150 bzw. 370 MWs standhalten konnten. Darüber hinaus war für den Fall des Versagens beider Reaktortanks eine **Bodenkühleinrichtung** ("core-catcher") vorzusehen, welche in der Lage war, die Kernschmelze aufzunehmen und auf Dauer zu kühlen. Diese Forderung, eindeutig über dem damaligen internationalen Stand liegend, war später der Hauptanlaß für die beträchtlichen Mehrarbeiten des Kernkraftwerks Kalkar.

Als Auslegungsstörfall für ein Leck im Primärsystem galt der prompte Abriß der Hauptkühlmittelleitung. Hierbei war ein Mindestkühlmittelspiegel im

Reaktortank sicherzustellen, was durch das sogenannte Wannenkonzepit erreicht wurde, bei dem möglichst viele Teile des Primärsystems in Auffangwannen und oberhalb des Gleichgewichtsspiegels angeordnet werden.

Die weiteren Forderungen der Behörden und Gutachter nach Tauchkühlern, Gasblasenabscheider, tankinterner Na-Eintrittsleitung und Aerosol-Umluft-System bedingten eine fast totale Umkonzipierung des SNR 300-Primärsystems.

Darüber hinaus waren im Verlauf des weiteren Genehmigungsverfahrens erhöhte Lastannahmen bei den **Einwirkungen von außen** vorzusehen: der äußere Sicherheitsbehälter (Containment) sollte dem Aufprall eines schnellfliegenden Militär-Flugzeuges und der Gaswolkenexplosion eines auf dem Rhein fahrenden Gastankers standhalten.

Schließlich wurde der Bau eines Kühlturms auferlegt, um insbesondere in den heißen Sommermonaten die Wärmebelastung des Rheins hinreichend niedrig zu halten.

5.2.2 Die Forderungen der Betreiber

Der äußere **Sicherheitseinschluß** des ursprünglichen SNR 300-Entwurfs hatte, wie bei Leichtwasserreaktoren üblich, eine zylindrische Form. Er wurde 1970 - entsprechend der Forderung der Betreiber - rechteckig gestaltet, weil man hierdurch mehr Raum bei Wartungen und Reparaturen gewinnen wollte. Da ein Hauptvorteil des natriumgekühlten Schnellen Brüters sein niedriger Druck im Primärsystem ist, und der Bethe-Tait-Störfall und die äußeren Einwirkungen vom Kunden nicht zugrundegelegt wurden, schien die Aufgabe des druckfesteren zylindrischen Containment lediglich logisch zu sein. Die vergleichbaren Prototypanlagen in Frankreich (Phénix) und Großbritannien (PFR) legten dieses Vorgehen nahe.

Bei den **Dampferzeugern** war der Geradrohrtyp vorgesehen. Der Betreiber hatte Bedenken gegen diese technische Konzeption und verlangte, daß auch eine Variante, der Wendelrohrtyp, in zumindest einem Kreislauf eingebaut werden sollte. Die ursprüngliche Forderung nach einem zusätzlichen Lieferanten für

diesen Typ wurde aufgegeben, nachdem Probleme wegen der Lieferabsprachen bei Großkomponenten auftauchten.

Weitere Änderungen betrafen das Handhabungssystem, die Brennelementlagerkapazität und die Heiße Zelle, welche leider zu einer Beobachtungsstation reduziert wurde, was später sehr bereut worden ist.

Die am meisten diskutierte Änderung betraf den **Reaktorkern** und die Brutrate. Im Herbst 1972 war im Zuge einer Wirtschaftlichkeitsanalyse festgestellt worden, daß der SNR 300 wegen der überraschend hohen Brennelementkosten wahrscheinlich nur mit einem erheblichen Defizit betrieben werden konnte, verglichen mit großen Leichtwasserreaktoren. Man suchte nach Einsparungsmöglichkeiten und beschloß, die Nachladekerne mit dickeren Brennstäben (7,6 mm Durchmesser) auszustatten, wodurch die Brennstabfertigungskosten - wegen der geringeren Anzahl von Brennstäben - wesentlich sinken sollten. Um im ersten Kern sogleich bei der Inbetriebnahme, statt wie früher geplant erst nach einer längeren Abbrandzeit, auf die volle Leistung des Reaktors übergehen zu können, wurde die Kernanordnung geändert. Die innere Brutmantelreihe wurde durch Brennelemente ersetzt, während man die äußere Reihe mit (billigeren) Reflektorelementen bestückte. Dementsprechend bestand die neue Spaltzone des Reaktorkerns aus 205 Elementen statt, wie früher geplant, aus 151; die Zahl der Brutelemente war von 144 auf 96 gesunken.

Durch die Reduzierung des Brutmantels fiel die **Brutrate** des SNR 300 auf knapp unter 1. Als dies bekannt wurde, kam es zu einer heftigen Diskussion unter den Experten und in der Presse. Auch im Kernforschungszentrum war man sehr verärgert, hatte man eine Brutrate über 1 doch stets als Ziel angesehen /80/.

Die Meinungsverschiedenheiten über diese Entscheidung hielten lange an. Die Verfechter der Core-Änderung stellten sich auf den Standpunkt, daß die wirtschaftliche Betriebsweise des SNR 300 den Vorrang habe und der Plutonium-Brutgewinn während der Anlaufphase des SNR 300 ohne Bedeutung sei. Ihre Gegner sahen den unmittelbaren Beweis, daß der SNR 300 mit einer Brutrate knapp über 1 brüten kann, für so überragend wichtig an, daß auch eine zeitweilig unwirtschaftliche Betriebsweise in Kauf genommen werden konnte.

5.3 Der Preis des SNR 300

Die genannten technischen Änderungen machten Mitte 1971 die Vorlage eines revidierten Sicherheitsberichtes für den SNR 300 nötig. Dafür erhielt man im Mai 1972 das positive Gesamtgutachten des TÜV, im Juni das positive Abschlußvotum der RSK und am 18.12.72 schließlich den Genehmigungsbescheid 7/1, der den Standort Kalkar sowie erste Baumaßnahmen konzedierte.

Die **Lieferverträge** zwischen INB und SBK wurden im November 1972 unterzeichnet und im März 1973 gültig, nachdem die Regierungen ihre Finanzierungszusagen gegeben hatten. Im April 1973 konnte mit den Bauarbeiten in Kalkar begonnen werden. Aus dem Projekt SNR 300 war nun das Projekt Kernkraftwerk Kalkar geworden. Da in der Öffentlichkeit des weiteren beide Begriffe synonym verwendet wurden, soll dies auch in diesem Bericht geschehen.

Gegenüber den früheren Terminvorstellungen war dies eine Verzögerung von 2 Jahren. Indes, den Beteiligten war klar, daß diese Zeitspanne notwendig war und gut genützt worden ist, um den SNR 300 für die Genehmigungsbehörde und den späteren Betreiber akzeptabel zu machen.

Der Ende 1969 vorgelegte Sicherheitsbericht war nicht - wie die EVU erwartet hatten - von einem kommerziellen Angebot für das Kraftwerk begleitet. Stattdessen wurde ein "Schätzpreis" von 670 Mio DM genannt, "um" - so Interatom-Chef Dr. Rudolf Harde - "den drei beteiligten Regierungen zu ermöglichen, zunächst einmal in vorbereitende Verhandlungen einzutreten" /56/.

Die Umbauplanung des SNR 300 sowie die vertiefte Betrachtung seiner Risiken hatte erhebliche Auswirkungen auf den **Preis** des Kernkraftwerks. Die Gesamtkosten des SNR 300 mit Preisstand vom November 1972 wurden nun mit 1.534 Mio DM angegeben und setzten sich folgendermaßen zusammen /81/:

Lieferverträge	984,7 Mio DM	
Ansatz für Mehrkosten	247,0 Mio DM	
Bauherrenkosten	103,0 Mio DM	
<u>Ansatz für Preisgleitung</u>	<u>200,0 Mio DM</u>	
Gesamtkosten:	1.534,7 Mio DM	(ohne Pu für Erstkern).

Der gegenüber früheren Schätzungen erheblich höhere Kraftwerkspreis veranlaßte das Bonner Forschungsministerium zur Einsetzung einer Kommission, die über mehrere Wochen die "Preiswürdigkeit" aller Komponenten und Systeme überprüfte - ohne allerdings nennenswert zu deren Reduzierung beitragen zu können.

Für die Gesellschafter der SBK war ein Eigenkapital von 120 Mio DM vorgesehen. Ferner war beabsichtigt, daß sich die Regierungen bis zu 150 Mio DM am finanziellen Betriebsrisiko beteiligten /82/.

Frühere **Kostenschätzungen**, etwa aus den Jahren 1965 (310 Mio DM /36/) oder 1971 (670 Mio DM /56/) waren durch den Vertragspreis von 1535 Mio DM erheblich übertroffen worden. Man erkannte deutlich die Unsicherheitsmarge, die solchen Schätzungen innewohnt, wenn der Lieferumfang noch nicht hinreichend bekannt ist, die detaillierte Ingenieursplanung noch nicht vorliegt und die vertraglichen Konditionen wie Gewährleistung, Pönalen etc. noch nicht verhandelt sind. Kennzeichnend für die damalige Situation ist eine Aussage, die von Industrie-seite (Dr. Kornbichler, AEG) beim Statusbericht 1971 im Rahmen der öffentlichen Podiumsdiskussion gemacht wurde:

"Ich möchte zunächst mal mit der Vorstellung aufräumen, daß man bei einem Reaktor, der erst entwickelt werden soll, schon die Kosten auf die erste oder zweite Stelle nach dem Komma ausrechnen kann. Wir haben bei den Leichtwasserreaktoren die Erfahrung gemacht, daß sie mindestens zehn Jahre Entwicklung gebraucht haben, ehe man einigermaßen die Größenordnung der Kosten sehen konnte ..." /56/.

Die Projektleitung **PSB** in Karlsruhe ist wegen ihrer relativ niedrigen Kostenschätzungen für 300 MWe-Brüterkraftwerke später häufig und stark kritisiert worden. Auch wenn es nicht die originäre Aufgabe eines Forschungszentrums ist, derartige Wirtschaftsdaten zu publizieren, so waren diese Zahlen dennoch nicht aus der Luft gegriffen. Zwischen 1968 und 1974 wurden nämlich die vergleichbar großen französischen und britischen Brüter Phénix und PFR bereits gebaut, so daß ihre Kosten zumindest im Ansatz bekannt waren. In der Abrechnung kostete der Phénix schließlich 595 Mio Francs, der PFR 45 Mio Pfund. Damit lagen sie im Endpreis sogar unterhalb der damals für den SNR 300 genannten Schätzaufwendungen. Der höhere Vertragspreis des SNR 300 sowie die später aufgelaufenen

horrenden Mehrkosten lassen sich also nicht mit der Komplexität der Brüter-technologie allein erklären, sondern haben deutlich eine nationale Komponente als Ursache /83/.

Entsprechend der Lieferverträge für das Kernkraftwerk Kalkar sollte sich das Herstellerkonsortium in "angemessener" Weise am **Risiko** des Projekts und sogar progressiv an dessen Mehrkosten beteiligen. Dafür wurde ein kumuliertes Risiko von rd. 200 Mio DM abgeschätzt. Der übrige Finanzbedarf sollte von der öffentlichen Hand getragen werden /82/.

G. Scheuten, als Chef der SBK, erklärte den SNR 300 als baureif in Bezug auf die im Liefervertrag erzielten **Konditionen**. Sie entsprachen - den Preis ausgenommen - weitgehend den Bedingungen bei Leichtwasserkernkraftwerken. Lediglich nicht vorhersehbare Erkenntnisse und Ereignisse, die ihre Ursache in der Natriumtechnologie oder in der Wirkung schneller Neutronen hatten, konnten nachträglich zu einer Veränderung der Leistungsverpflichtung führen. Was damals wohl noch niemand ahnte: gerade aus diesem Bereich resultierte ein nicht geringer Teil der späteren Mehrkosten /84/.

5.3.1 Die veränderte ökonomische Einschätzung des Brüters

Die Kenntnis der technischen und kostenmäßigen Struktur des SNR 300 brachte eine neue Einschätzung des **ökonomischen Potentials** der natriumgekühlten Schnellen Brüter. Im Gegensatz zu der Zeit vor 1969 wurde nun allgemein angenommen, daß der Brüter in seinen Stromgestehungskosten den Leichtwasserkernkraftwerken auf kurze und mittlere Frist unterlegen sein werde. Das Gleichziehen in den Kosten dieser beiden Kraftwerkstypen wurde auf die "neunziger Jahre" prognostiziert. Aber auch hierfür wurde als Voraussetzung erachtet, daß es zu einem starken Anstieg der Uranpreise kommt. Im Brennstoffkreislauf vermutete man - bei entsprechend hohen Urankosten - noch einen Kostenvorteil beim Brüter, was u.a. dadurch gestützt wurde, daß die Trennarbeitskosten kontinuierlich anstiegen. Für die Brennstabfertigungskosten veranschlagte man 790 DM/kg, eine ausgelastete 50 jato-Fabrikationsstätte unterstellt. Die Aufarbeitungskosten hatte man damals zu 500 DM/kg abgeschätzt /68, 82, 85/.

Im Bereich der **Anlagekosten** sah man den Brüter allgemein im Nachteil. Dies hing insbesondere mit den aufwendigeren Kreislaufsystemen zusammen, die offensichtlich nicht entscheidend zu vereinfachen waren. Die technischen Entwürfe aller Prototyp- und Demonstrationsreaktoren bewegten sich auf ein einheitliches Schema hin, von "loop"- bzw. "pool"-Bauweise abgesehen, die aber als nicht sehr kostenunterschiedlich beurteilt wurden. Die Bemühungen um die Eliminierung des Sekundärkreislaufs oder um die Installierung eines CO₂-Kreislaufs waren allgemein aufgegeben worden /73/.

Gewisse Kostenvorteile vermutete man beim Brüter noch in seiner **Größendegression**. Wegen der Drucklosigkeit des Primär- und Sekundärsystems waren Anlagenleistungen von 2.000 MWe und darüber durchaus denkbar. Solange die Baugröße allerdings wegen des hypothetischen Bethe-Tait-Störfalls begrenzt war, konnte davon kein Kredit genommen werden.

Die Verfolgung der Brütertechnologie wurde insbesondere mit der Sicherstellung der Versorgung mit kostengünstigem Brennstoff begründet. Der Bau des SNR 300 erschien notwendig, weil für den Export von Kraftwerken der Nachweis der Beherrschung der fortschrittlichen Schnellbrütertechnologie erbracht werden muß. Darüber hinaus war er ein "Pfand" im Erfahrungsaustausch mit anderen brüterentwickelnden Industriestaaten. Mit dem SNR 300 konnte dem "pool"-Konzept der Franzosen und Briten das deutsche "loop"-Konzept gegenübergestellt werden. Schließlich war inzwischen klar geworden, daß das atomrechtliche Genehmigungsverfahren nur an einem realen Projekt mit Aussicht auf Erfahrungsrückfluß betrieben werden konnte /82/.

5.4 Der Stand des F+E-Programms

Bei der Durchsicht der technischen Unterlagen des SNR 300 war im April 1970 ein Ad-hoc-Ausschuß "**Baureife SNR 300**" eingerichtet worden, der Machbarkeit und Risiken dieses Kraftwerks zu begutachten hatte. Im Verlaufe dieser Tätigkeit wurden 26 Problemkreise identifiziert, die nach Meinung des Ausschusses verstärkter Nachforschung bedurften. Dies waren u.a. das Strukturmaterialschwellen, die Oxidablagerungen in Aerosolräumen, die Dampf- und Kohlenstofffallen, die dynamische Stabilität sowie Reparatur- und Wartungsfragen. Die

Mehrzahl dieser Fragen resultierten aus aktuellen Problemen beim Versuchsreaktorprojekt KNK bzw. standen im engen Zusammenhang mit dem laufenden F+E-Programm.

Darüber hinaus hatte das Forschungsministerium 1966 bei der Beauftragung des Industriekonsortiums eine Reihe technischer **Bewilligungsbedingungen** formuliert, deren Erfüllungsstand ebenfalls zu beurteilen war. Sie waren auch dem F+E-Bereich zuzuordnen und deckten im wesentlichen die Gebiete Brennelemente, Sicherheit und Natriumtechnologie ab. Im folgenden werden deshalb die Fortschritte und Probleme dieser Forschungsfelder Anfang bis Mitte der siebziger Jahre etwas ausführlicher dargelegt. Später wird von der Berichterstattung über das F+E-Programm abgesehen, da dieser Report vor allem auf die Geschichte der SNR 300-Anlage zielt /86, 87/.

5.4.1 Brennelemente und Brennstoffkreislauf

Der Störfall des Enrico Fermi-Reaktors im Oktober 1966, der durch ein verblocktes Brennelement hervorgerufen war und schließlich zur Stillsetzung des Reaktors führte, hatte die **Bestrahlungspläne** des Projekts stark beeinträchtigt. Der FR 2 mit seinem thermischen Spektrum konnte kein Ersatz sein, insbesondere seitdem 1967 das Phänomen des Hüllmaterialschwellens erkannt worden war, welche wie z.T. auch die Hochtemperaturversprödung auf die Wirkung schneller Neutronen zurückgeführt wurde. Für Materialbestrahlungen waren also schnelle Testreaktoren erforderlich. So wandte man sich zunächst verstärkt dem epithermischen BR 2 in Mol zu, der zunächst für die Dauer von 5 Jahren zu 50 % angemietet worden war und vor allem für Kapsel- und Loopbestrahlungen verwendet wurde.

Eine spürbare Entlastung der Situation brachte eine Übereinkunft mit Großbritannien zur Bestrahlung im Dounreay Fast Reactor (DFR). Gemeinsam mit dem französischen CEA konnte ein Bündel mit 77 Brennstäben bestrahlt werden, wobei sich "DeBeNeLux" (Deutschland/Belgien/Niederlande/Luxemburg) einen Anteil von 39 Stäben sicherte. Das Experiment DFR 350 zusammen mit dem 3-Stab Monitorexperiment DFR 304 war ein voller Erfolg. 1971 war ein Abbrand von 53.000 MWd/t erzielt und eine der Bewilligungsbedingungen des Forschungsministeriums somit formal erfüllt. Als Hüllmaterial waren allerdings die Stähle 1.4988 und 1.4981 zum Einsatz gekommen, die später nicht mehr verwendet wurden. Im Herbst 1970

kam als weiterer Bestrahlungsreaktor der französische Rapsodie Fortissimo hinzu, so daß der Bestrahlungsengpaß weitgehend behoben war /88, 89/.

Bis 1975 waren in den Reaktoren **DFR** und **Rapsodie Fortissimo** mehr als 100 Brennstäbe im schnellen Fluß bis zu einem Abbrand von 90.000 MWd/t bestrahlt worden. 220 Stäbe hatten einen Abbrand über 50.000 MWd/t erzielt. Die Nachuntersuchungen erfolgten vorwiegend in den Heißen Zellen des Kernforschungszentrums. So wurden beim Oxidbrennstoff die Porenbildung, die Nachsintereffekte und die Freisetzung gasförmiger Spaltprodukte untersucht. Zum Problemkreis Brennstoffschwellen und in-pile Kriechen zog man insbesondere die Reaktoren FR 2, BR 2 und Siloe heran. Auf dem wichtigen Gebiet der chemischen Wechselwirkung (Verträglichkeit) erkannte man die gefährliche Bedeutung der Spaltprodukte Cs, Te und J für die Hülle. Mit der Mikrosonde konnten erstmals die radialen Pu- und U-Umverteilungen abgebrannter Stäbe sichtbar gemacht werden /90, 91, 92/.

Das Potential des Oxidbrennstoffs wurde Anfang der siebziger Jahre für weitgehend ausgeschöpft erachtet, und die Projektleitung empfahl den kontinuierlichen Übergang auf **Karbid**. Das Problem der Innenkorrosion erschien hier geringer zu sein; vor allem ermöglichte der Karbidbrennstoff mit seiner weit besseren Wärmeleitfähigkeit und größeren Metалldichte kleinere Inventare und höhere Brutraten. 1973 waren bereits 15 % der PSB-Mittel für die Karbidentwicklung eingesetzt. Beim **Hüllmaterial** hatte eine Vorauswahl zu den Nb- bzw. Ti-stabilisierten Stählen 1.4988, 1.4981 und 1.4970 geführt. Die angelegten Kriterien waren insbesondere hohe Warmfestigkeit, ausreichende Duktilität nach Bestrahlung und möglichst niedrige Schwellrate. Die genaue Analyse der heterogenen Bestrahlungsergebnisse zusammen mit umfassenden out-of-pile-Untersuchungen führte zur Wahl des Stahls 1.4970; es war eine richtige Entscheidung, wie auch heute noch festgestellt werden kann. Für den Brennelementkasten und die Abstandshalter wurde der Stahl 1.4981 bestimmt /93, 94/.

Auf der Basis der vorliegenden F+E-Ergebnisse wurden 1974 vom Industriekonsortium INB die Brennelemente für den 1. Kern (**Mark Ia**) des SNR 300 spezifiziert. Der Stabdurchmesser sollte 6 mm betragen, womit er zwischen dem des PFR (5,85 mm) und dem des Phénix (6,25 mm) lag. Die Tablettendichte wurde mit 86,5 % der theoretischen Dichte bzw. 80 % Schmiedichte bestimmt; es war bekannt, daß man damit am untersten Ende der internationalen Skala lag. Die

experimentelle Absicherung beim Abstandshalter war sehr gering; man wählte den Wabentyp, der aus punktgeschweißten Streifen bestand und eine gewisse Ähnlichkeit mit dem britischen Typ aufwies. Da das Hüllmaterial-Schwellen und die damit verbundenen Gradienten noch nicht voll überblickt wurden, wollte man konservativ auslegen. Die vertragliche Abbrandgarantie der INB lag bei 55.000 MWd/t /95, 96/.

Der 2. Reaktorkern des SNR 300 sollte mit sog. **Mark II**-Brennelementen ausgestattet werden. Deren Charakteristik waren neben erhöhter Brennstoffdichte dickere Brennstäbe (7,6 mm Durchmesser) vor allem zur Senkung der Brennelementherstellungskosten, die einen wesentlichen Teil der Zykluskosten ausmachten. Gleichzeitig strebte man eine Kompaktierung der Brennstäbe an, was den Übergang zum funkenerodierten Abstandshalter erzwang.

Was den Stand der industriellen **Mischoxidfertigung** anlangt, so waren von ALKEM und Belgonucléaire etwa 100 kg Brüterbrennstoff hergestellt worden, die Mengen für die KNK II-Fertigung eingeschlossen. ALKEM hatte 1971 das Kernforschungszentrum verlassen und seine Fertigungsanlagen in Wolfgang bei Hanau aufgebaut. Die Fertigungslinie I war auf 10 jato Recycle-Brennstoff bzw. 2-3 t Brüterbrennstoff ausgelegt, die weitgehend automatisierte Linie II sollte die vierfache Kapazität erreichen. Belgonucléaire hatte etwas später seine Pilotanlage in Mol aufgegeben und eine neue Fertigungsanlage in Dessel mit einer Kapazität von 7,5 jato Brüterbrennstoff errichtet /97/.

Die Herstellung der frischen Brennstäbe für F+E-Bestrahlungsversuche geschah z.T. auf kleinen Fertigungslinien in Karlsruhe und Mol, wie z.B. im Falle der Stäbe der Versuchsgruppen Mol 8D und Mol 16. Zur Qualitätskontrolle hatte man eine elektrochemische Sonde für die zerstörungsfreie Messung des O/Me-Verhältnisses entwickelt.

Im Bereich des **Brennstoffkreislaufs** war die kalte Erprobung der MILLI im Frühjahr 1970 abgeschlossen. Ein Problem war die Bereitstellung ausreichender Mengen hochabgebrannten Brennstoffs für den aktiven Betrieb mit dieser Anlage. Die Wiederaufarbeitung der SNR 300-Brennelemente sollte in der WAK erfolgen und war im Rahmen eines gesonderten Entwicklungsprogramms mit den SNR-Terminen

abgestimmt. Es war beabsichtigt, die Aufarbeitung der Schnellbrüterkerne nach dem sog. "mixed core management" durchzuführen, d.h. die Brennstäbe sollten mit Brutstäben vermischt aufgearbeitet werden.

5.4.2 Physik und Sicherheit

Vom Frühjahr 1969 bis zum Herbst 1970 wurden in der SNEAK die Natriumbrüter-typischen Anordnungen SNEAK 2 und 6 untersucht. Dabei waren in das Uran-core SNEAK 2A schrittweise eine zentrale Pu-Zone und ein 150° Pu-Sektor eingebaut worden, wobei 90 kg Plutonium von der französischen Anlage MASURCA ausgeliehen werden mußten. Die Versuchsreihe SNEAK 6 ergab u.a., daß k_{eff} mit einer Ungenauigkeit von etwa 1 % und die Leistungsverteilung auf etwa 3-4 % vorausberechnet werden konnten.

Nach Arbeiten zum Dampfbrüter (SNEAK 3), zur Ausrüstung der KNK mit einem schnellen Kern (SNEAK 4) und den schon erwähnten natriumspezifischen Aufbauten (SNEAK 2, 6) wurden 1972 bis 1975 die direkt auf den SNR 300 zugeschnittenen Anordnungen (SNEAK 9 A, B, C) untersucht. Dabei war die Konfiguration 9A ein annähernd maßstabgetreuer Nachbau des Kerns Mark I, der aber Änderungen im Hinblick auf Mark 1a bereits berücksichtigte /98/.

Parallel mit den Experimenten am Van de Graaff-Beschleuniger erfolgte die Weiterentwicklung der **Datenbasis**, welche 1975 mit der Karlsruher Kerndatenbibliothek KEDAK 3 schließlich eine weitere Ausbaustufe erreichte. Noch auf einer überarbeiteten Fassung von KEDAK 2 beruhend, entstand 1972 bereits der 26-Gruppensatz KfKINR 01 /99, 100/.

Die **Code-Entwicklung** wurde entsprechend der Verfügbarkeit effektiver Rechenmaschinen vorangetrieben. Während anfangs die Neutronenflußverteilungen nur in eindimensionaler Diffusionsnäherung bestimmt werden konnten, ging man später auf zwei- und dreidimensionale Behandlung über (DIXY, KASY, D3D, D3E). 1973 wurde das Programmsystem NUSYS durch das flexible modulare System KAPROS ersetzt, das 1977 nach Einführung der virtuellen Speicherung auf der zentralen Rechanlage in einer zweiten Version erschien /101/.

Die **Sicherheitsforschung** orientierte sich eng an den Fragen, die bei der Begutachtung des SNR 300 aufgeworfen worden waren. Als ein besonderes Problem des schnellen Brütters wurde angesehen, daß Kühlungsstörungen zu Reaktivitätsstörungen und nachfolgenden Leistungsexkursionen führen können. Man unterschied zwischen Kühlungsstörungen im Gesamtkern und lokalen Kühlungsstörungen in einzelnen Brennelementen. Das Ziel der Analysen waren die Identifikation der Einzelglieder der Kausalkette und der physikalische Nachweis, daß diese nicht zwangsläufig von Anfang bis Ende durchlaufen wird. Als wichtige Problemkreise wurden rasch erkannt: das Natriumsieden, die Reaktivitätszufuhr über den positiven void-Effekt, das Brennstabversagen, das Brennstoffschmelzen, die Brennstoff-Natrium-Reaktion, die nuklearen Aerosole, die Reaktor-Desintegration und die Wirkung der freigesetzten mechanischen Energie auf das Containment. Darauf konzentrierten sich im Laufe dieser Jahre die experimentellen und theoretischen Untersuchungen /102, 103, 104, 105, 106/.

Unverkennbar bestand ein Mangel an **in-pile-Experimenten**. Man beteiligte sich deshalb an der Auswertung laufender ausländischer Programme und schloß Kooperationsverträge ab, die noch bis in die Gegenwart wirken. Bei den französischen Scarabee-Versuchen brachte man Brennstäbe durch Kühlmitteldrosselung zum Schmelzen; bei den HFR-Versuchen in Petten wurde die Temperatur der Brennstabhülle auf unter 1.000 °C konstant gehalten und Hüllversagen erreicht. Daneben beobachtete man die Resultate der amerikanischen TREAT-Versuche. Mit CEN/SCK Mol wurden die Mol 7C-Versuche vereinbart, bei denen 37-Stab-Bündel mit künstlichen Kühlmittelblockaden bestrahlt werden sollten. Ziel dieser Experimente war die Untersuchung der Schadenspropagation und der Zuverlässigkeit der Instrumentierung.

SEFOR war nach 44 Monaten Bauzeit im Mai 1969 kritisch geworden. Im Zuge der Inbetriebnahme stellte sich heraus, daß der Pu-Gehalt einiger Brennelemente unterhalb des spezifizierten Werts lag, ein Versehen, welches von dem eben gegründeten Projekt Spaltstoffflußkontrolle mit besonderer Aufmerksamkeit verfolgt wurde. Der Reaktor erreichte im Januar 1971 seine volle Leistung von 20 MWth. Das Stufenprogramm der Dopplermessungen, das über statische Leistungsmessungen und Oszillatorexperimente bis zu unter- und überpromptkritischen Exkursionen führte, war durch eine starke Karlsruher Mannschaft vorbereitet worden und konnte zügig abgewickelt werden. Die Dopplerkonstante

$D=T.dk/dT$ wurde zwischen $-6,5$ und -8×10^{-3} bestimmt; die theoretisch vorhergesagten Werte lagen zwischen $-6,6$ und $-7,8 \times 10^{-3}$. Der SEFOR-Reaktor wurde 1972 stillgelegt, so daß es leider nicht mehr zur Ausführung des sogenannten follow-on-Versuchsprogrammes kam.

Im Ausgleich zu SEFOR wurde 1973 mit dem französischen CEA das gemeinsame Unternehmen **CABRI** begonnen, an welchem sich Japan, Großbritannien und USA später als Juniorpartner beteiligten. Hierbei sollten im umgebauten CABRI-Reaktor in Cadarache insbesondere abgebrannte Mischoxidbrennstäbe durch Kühlfluß- und Reaktivitätsstörungen zum Versagen gebracht werden. Der Testreaktor wurde im März 1977 kritisch; von der KfK wurden anfangs in der Regel 8-10 Wissenschaftler nach Cadarache delegiert, welche am gemeinsamen Forschungsprogramm mitwirkten.

Das CABRI-Programm war sehr erfolgreich; seine Ergebnisse wurden im Genehmigungsverfahren zum SNR 300 wiederholt herangezogen. Nachfolgeprogramme (CABRI-2, evtl. auch CABRI-3) bestätigen den Erfolg dieser internationalen Zusammenarbeit.

Die theoretischen Untersuchungen zu den **Bethe-Tait-Störfällen** hatten schon vor 1970 mit der Aufstellung der Programmsysteme REX und FAUN-Z begonnen. Für den SNR 300 wurden Ende 1971 von KfK und Interatom in einer gemeinsamen crash-Aktion mit dem Argonne National Laboratory (ANL) die hypothetischen Störfälle zur Festlegung der Entwurfsbasis für den Reaktortank durchgerechnet. Es wurden zwei Unfallketten analysiert: Pumpenausfall und Reaktivitätsunfall bei gleichzeitigem Versagen der zwei unabhängigen Abschaltssysteme. Mit Hilfe der Rechenprogramme SAS 2A und VENUS wurden die Kernschmelzvorgänge in der Zerstörungsphase untersucht. Unter Benutzung des Modells von Cho-Wright wurden mechanische Energiefreisetzungen zwischen 50 und 200 MWs errechnet, denen der SNR 300-Tank widerstehen konnte /107, 108, 109/.

Diese Untersuchungen führten in der Folge in Karlsruhe zur Entwicklung eines modularartig aufgebauten **Rechenprogramm-Systems**, das etwa dem Leistungsstand der fortgeschrittensten Codes des ANL entsprach. Zur Analyse der Phase vor der Reaktor-Desintegration stand ab 1973 der Code CAPRI-2 zur Verfügung. Er verwendete Punktkinetik und erlaubte die Verarbeitung von 30 charakteristischen Kühlkanälen. Wichtige Bestandteile von CAPRI-2 waren der Brennstabmodul

BREDA und der Siedemodul BLOW 3. Für die Phase der Desintegration bediente man sich des Programms KADIS, welches auf einer älteren Version von VENUS beruhte und in Karlsruhe wesentlich verbessert wurde. Die Analyse der mechanischen Belastung der Strukturen oblag der Firma Interatom, welche sich der Codes HEINKO, DRAP und ARES bediente. Die ersten Rechnungen mit den genannten Codes wurden an dem ursprünglichen SNR 300-Kern Mark I vorgenommen; später folgten die wichtigen Mark Ia-Analysen /104/.

5.4.3 Natriumtechnologie und KNK

Die Schwerpunkte im F+E-Programm für Natriumtechnologie lagen bei den großen Komponenten-Versuchsständen und beim Versuchsreaktor KNK /110, 111/.

In Hengelo (Niederlande) war ein 50 MW-Prüfstand für Zwischenwärmetauscher und Dampferzeuger errichtet worden, der nach einigen Anlaufschwierigkeiten 1972 in Betrieb ging. Die Wärmetauscher des SNR 300 wurden in vollem Maßstab kurzzeitigen Eignungstests und 3.000 Stunden-Dauertests unterzogen, wobei sich teils während des Betriebs, teils bei der nachfolgenden Inspektion wichtige Hinweise auf notwendige Abänderungen ergaben.

Bei Firma Interatom ging eine Reihe von Versuchsanlagen in Betrieb, welche für die - zumeist maßstäbliche - Komponentenerprobung des SNR 300 von besonderer Bedeutung waren. In der Anlage für Pumpenversuche Brüter (APB) wurden wichtige Bauteile des Hauptsystems wie Armaturen, Durchflußmesser, aber auch die SNR-Prototyppumpe getestet.

In der Reaktorstrecke Schnelle Brüter (RSB) wurden das Drehdeckelsystem und die wichtigsten Handhabungseinrichtungen unter realen Betriebsbedingungen im 1:1 Maßstab erprobt. Hier untersuchte man ebenfalls den Transport von Natrium-aerosolen, welcher sich bei der Inbetriebnahme des Versuchsreaktors KNK sehr hinderlich bemerkbar gemacht hatte.

In der Anlage für Kernelemente Brüter (AKB) konnten vor allem die Brenn- und Brutelemente sowie Teile der Instrumentierungsplatte auf ihr thermohydraulisches und schwingungsmäßiges Verhalten studiert werden. Besondere Bedeutung kam den Tests der Abschaltstäbe zu, wobei solch wichtige Parameter wie Temperatur, Durchfluß und Versatz reaktorgerecht nachgebildet werden konnten.

In der Anlage für sicherheitstechnische Versuche Brüter (ASB) schließlich wurden die sehr wichtigen Versuche zur Natrium-Wasser-Reaktion an Modellen des SNR 300-Dampferzeugers durchgeführt. Deren Ergebnisse bildeten die Basis zur Auslegung des Dampferzeugers und des Druckentlastungssystems beim Kernkraftwerk Kalkar.

Im **Kernforschungszentrum** hatte die kompakte natriumgekühlte Kernreaktoranlage (KNK) am 19.2.74 die atomrechtliche Genehmigung zum Vollastbetrieb erhalten und war zwei Tage später auf Nennlast hochgefahren worden. Gegenüber den ursprünglichen Zeitplänen bedeutete dies einen Verzug von etwa 2 Jahren. Nicht unbeteiligt daran war das Genehmigungsverfahren, welches man anfangs wohl einfacher eingeschätzt hatte. Da das Versuchskraftwerk den gleichen atomrechtlichen Anforderungen unterlag wie ein kommerzielles Leichtwasserkernkraftwerk, war die endgültige Genehmigung erst über 10 Teilschritte (je 5 Errichtungs- und Betriebsgenehmigungen) zu erreichen sowie über ca. 650 Auflagen.

Im Blick auf die Natriumtechnologie ist von Bedeutung, daß die Großkomponenten Natriumpumpen und Zwischenwärmetauscher (während des KNK I-Betriebs) keinerlei Probleme bereiteten. Demgegenüber gab es Schwierigkeiten mit Natriumaerosolen in den Tankdeckelspalten sowie mit Temperaturschocks, hervorgerufen durch ungeplante Reaktorabschaltungen.

Während der Inbetriebnahme war auch ein größerer Brand im Sekundärreinigungskreislauf zu verzeichnen sowie ein Leck in einer Dampferzeugereinheit; beide Störfälle konnten ohne Auswirkungen auf die Umgebung beherrscht werden.

Der aufwendigste Vorfall betraf das Begleitheizungssystem: eine winzige, ein Millimeter lange, aber 8000 mal vorkommende Madenschraube war unzulänglich gesichert und führte letztlich zu 6 Monaten Verzug durch Reparaturarbeiten.

Trotz, oder gerade wegen, dieser Probleme konnten an der Anlage KNK mit dem Zirkonhydrid-moderierten Kern von 1971 bis 1974 viele wichtige Erfahrungen auf dem Gebiet der Natriumtechnologie gewonnen werden /112/.

5.4.4 Die Neuorganisation des Karlsruher Projekt-Managements

Am 16.12.1969 wurde von der KfK eine **Projektordnung** erlassen, welche die Organisation der Projektleitung PSB sowie ihre Rechte und Pflichten festlegte. Dem Projektleiter waren nunmehr ein Stellvertreter sowie mehrere Projektbevollmächtigte und Projektingenieure für die einzelnen F+E-Bereiche an die Seite gestellt. Projektarbeitsausschuß (PAA) und Projektrat wurden als beratendes bzw. kontrollierendes Gremium eingesetzt. Die Verantwortung des Projektleiters für Definition und Erreichung der Ziele sowie seine Rechte und Pflichten im Verhältnis zur Geschäftsführung, dem Wissenschaftlich-Technischen Rat (WTR), den Instituten und den externen Partnern waren in dieser Satzung umfassend schriftlich geregelt /113/.

Die PSB-Projektordnung, welche am 1.10.1973 nochmals leicht modifiziert wurde, um den Grundsätzen von § 19 des KfK-Gesellschaftsvertrags von 1972 zu genügen, hat sich in der Folgezeit bewährt. Sie ermöglichte einen stärkeren Kontakt zu den Mitarbeitern in den Instituten und gewährte eine größere Transparenz der Entscheidungsvorgänge, welche z.B. im Zuge der Kühlmittelkontroverse gelegentlich vermißt worden war. Schließlich lag sie, was ihren inhaltlichen Aufbau angeht, durchaus im Stil jener Zeit, wo man allerorten "mehr Demokratie wagen" wollte.

Am 1.7.1972 schied Professor Häfele aus der Projektleitung aus; Dr. Peter Engelmann, sein bisheriger Stellvertreter, wurde mit der Führung des Projekts PSB beauftragt. Dessen Nachfolger war ab 1975 Dr. Günter Keßler, der 1978 diese Funktion an Dr. Willy Marth übergab, welcher sie bis zur Beendigung des Projekts PSB (am 31.10.89) innehatte.

Eine der Pflichten des Karlsruher Projektleiters bzw. seines Stellvertreters war die Leitung des **"Arbeitsausschuß F+E-Programme"**. Dieses Gremium wurde im September 1970 vom Projektkomitee Schneller Brüter mit dem Ziel eingesetzt, das Brüterforschungsprogramm im DeBeNe-Bereich zu koordinieren und zu verfolgen. Dem Ausschuß gehörten die 4 staatlichen Forschungszentren (KfK, CEN/SCK Mol, ECN, TNO) sowie die 4 Industriefirmen (Interatom, ALKEM, Belgonucléaire, Neratoom) zusammen mit dem BMBW (jetzt BMFT) sowie INB und SBK als Beobachter an /114/.

Die Organisation des Ausschusses in zunächst 4, später 10 engagierte Arbeitsgruppen ermöglichte die ständige Verfolgung des umfangreichen F+E-Programms in den drei Ländern. Das Ergebnis dieser Bemühungen wurde jährlich von einem Koordinationsstab in der etwa 4.000 Seiten umfassenden Lose-Blatt-Sammlung, dem Budgetplan ("Grünes Buch") sowie dem DeBeNe-Jahresbericht dokumentiert.

6. BAUBEGINN UND ERSTE SCHWIERIGKEITEN (1973-78)

6.1 Planungs- und Baustellenarbeiten

Im **März 1973** waren die Lieferverträge mit der Erteilung der 1. Teilerrichtungsgenehmigung und der Finanzierungszusage der Regierungen in Kraft getreten; die Stimmung beim **Statusbericht** in Bensberg war euphorisch:

"Wir sind in die Verwirklichung des Projekts eingetreten ... Vermögen Sie mit mir zu verspüren, welch beglückende und erregende Aufgabe vor den Männern liegt, die an diesem Werke arbeiten und es vollenden helfen?" /115/.

Das Zitat spiegelt die optimistische Erwartungshaltung jener Tage wieder und läßt die Enttäuschung späterer Jahre noch nicht ahnen.

Im folgenden wird in geraffter Form über die Planungs- und Baustellenarbeiten berichtet; daneben wird der Fortgang bei den Großkomponenten sowie der Mischoxidfertigung dargestellt. Dabei wird zurückgegriffen auf die Quartalsberichte der SBK, die den Fortgang des Projekts von 1973 bis 1991 in ausgezeichneter Weise dokumentieren /116/.

Die **Baustellenarbeiten** für das Kernkraftwerk Kalkar begannen zunächst recht zügig. Innerhalb eines Vierteljahres war die Sohlplatte des Reaktorgebäudes fundamentiert; darauf wurde ein Stahlblechliner angebracht, worauf schließlich die 3-6 m dicke Stahlbetonplatte gegossen werden sollte.

Beim Statusbericht des darauffolgenden Jahres **1974** war bereits ein Terminverzug von 2 Monaten zu verzeichnen, der allerdings bis zur Druckprobe des Reaktortanks wieder aufgeholt sein sollte. Zwei umfangreiche Anlagenänderungen

waren im Bereich der Zwischenwärmetauscher und der Notkühlung vorzunehmen. Bei der Analyse der Zwischenwärmetauscher hatte sich gezeigt, daß deren Rohrplattenstärken für den Bethe-Tait-Unfall nicht ausreichend bemessen waren, so daß Radioaktivität in die Dampferzeugerhäuser hätte verschleppt werden können. Da eine Ertüchtigung nicht möglich war, beschloß man, statt je eines Zwischenwärmetauschers pro Kreislauf nunmehr 3 kleinere Module pro loop zu bauen, wodurch man auf 9 solcher Apparate für den SNR 300 kam /80/.

Sehr umfangreiche Umplanungen mußten wegen Gutachterforderungen am Notkühlssystem vorgenommen werden. Seine Kapazität wurde von vorher 6x20 % auf nunmehr 2x100 % erhöht, was die Vergrößerung der Tauchkühler einschließlich aller Hilfssysteme erforderte. Diese Änderungen erfolgten auch vor dem Hintergrund, ein schlüssiges EVA-Konzept vorlegen zu können.

Im Jahr **1975** war das Reaktorgebäude etwa zu 40 % betoniert, der **Terminverzug** jedoch bereits auf 4 Monate angewachsen, die nicht mehr einholbar waren. Die Kosten für zusätzliche Genehmigungsaufgaben wurden auf 250 Mio DM beziffert. Ein besonders schwieriges Problem war die Aufhängung des Tankdeckelsystems im Beton der Reaktorzelle. Im Falle einer nuklearen Exkursion war mit dynamischen Belastungen am Tankauflagerträger in der Höhe von 10.000 t zu rechnen. Diese mußten sicher in die Betonstruktur eingeleitet werden, was gutachterlich zu bestätigen war /117/.

Auch die Konzipierung der Bodenkühleinrichtung war sehr schwierig. So war z.B. der Nachweis zu führen, daß die nukleare Kritikalität der Schmelze vermieden wird und die hohen Temperaturen des Uran-Plutonium-Gemisches beherrscht werden.

Als problematisch erwies sich die formale Übernahme des an Leichtwasserreaktoren gewachsenen **Genehmigungsverfahrens** auf Prototypreaktoren wie den SNR 300. Dazu der INB-Chef Traube:

"Aus dem Formalismus des Genehmigungsverfahrens heraus werden sehr frühzeitig Fragen gestellt - und müssen beantwortet werden -, über Detailauslegung von Komponenten, die sehr viel später eigentlich erst in die Anlage eingebaut werden und deren Planungszustand dementsprechend noch unvollkommen ist. Diese Situation macht uns natürlich deswegen sehr viel mehr Schwierig-

keiten als etwa im Falle der Wasserreaktoren, weil wir auf keine Standardisierung, auf keine Vorläufer zurückgreifen und keine Antworten aus der Schublade ziehen können" /80/.

Im Jahr 1976 waren zwar 80 % der Komponenten und Systeme bestellt, aber das Problem des **Tankaufлагeträgers** harrte immer noch der Lösung. Aufwendige Berechnungen, für die teilweise erst die Methoden zu erstellen waren, deuteten auf Resonanzschwingungen im fraglichen Bauteil hin. Zur Verstimmung der Eigenfrequenz wurden Betonschotten eingezogen, was zu einer erheblichen Komplizierung der Schal- und Bewehrungsarbeiten sowie der Anlagenplanung in den betroffenen Räumen führte. Hinzu kam ein aufwendiges Materialprüfprogramm für den Reaktortank. An Großproben wurde festgestellt, daß die kurzzeitigen "Bethe-Tait-Drücke" durch Dehnungen bis zu 11 % abgebaut werden konnten. Schließlich erforderten auch die Nachweise zu Erwärmung und Rißfreiheit des Betons viel Zeit /81/.

Der Terminverzug war inzwischen auf 20 Monate angewachsen; die **Mehrkosten** wurden auf 750 Mio DM beziffert, wobei etwa 450 Mio DM auf die Preisgleitung entfielen. Die Belegschaftsstärke auf der Baustelle, ein Indiz für die anliegenden Arbeiten, war von Baubeginn an ziemlich gleichmäßig angestiegen und erreichte Anfang 1976 mit ca. 1150 Beschäftigten ihren Hochpunkt. Danach ging die Personalzahl bis zum Jahr 1978 ebenso kontinuierlich zurück auf ca. 300 Beschäftigte für die Bau-Arbeitsgemeinschaft ARGE, sowie INB und SBK. An diesem drastischen Rückgang spiegelt sich der Mangel an vorhandenen Aufgaben wegen des Ausbleibens wichtiger Teilgenehmigungen.

Die Schwierigkeiten der SNR 300-Projektverwirklichung hielten auch nach 1976 weiter an, zumal - wie in den folgenden Abschnitten dargelegt - zu den technischen Problemen noch weitere aus anderen Bereichen hinzukamen. Bereits um diese Zeit war das besondere Bemühen der Vertragspartner und der sonstigen Beteiligten erkennbar, die SNR 300-Probleme einem größeren Kreis verständlich zu machen und auf ihre Lösung hinzuwirken. Die Wiederaufnahme der Beratungen des Projektkomitees Schneller Brüter war ein erster Schritt in diese Richtung.

Auch der damalige Forschungsminister **H. Matthöfer** engagierte sich in vielfacher Weise. Durch Interviews und Gespräche versuchte er, Öffentlichkeitsaufklärung in Sachen Kernenergie zu betreiben. Mehr an die Adresse des sachkundigen Publikums waren seine "pro und contra"-Diskussionen gerichtet, wozu er

auch prominente Brütergegner wie A.B. Lovins und F. v. Hippel aus den USA einlud /118, 119/.

Im September 1977 kam es zu einer großen **Demonstration** auf dem Kernkraftwerksgelände mit etwa 35.000 Kernkraftwerksgegnern. Die angekündigte "Schlacht um Kalkar" fand jedoch nicht statt, da umfangreiche Polizeikräfte bereits im Vorfeld kontrollierten, tonnenweise Äxte, Metallrohre, Messer etc. beschlagnahmten und dadurch bedenkliche Ausschreitungen unterbanden /120/.

6.2 Großkomponententests und Mischoxidfertigung

Ab 1974 konnten auch die **Großkomponenten** getestet werden, nachdem die Versuchsanlagen in Bensberg und Hengelo zur Verfügung standen. Die Zwischenwärmetauscher sowie die Dampferzeuger in Gerad- und Wendelrohrversion wurden bei TNO in Hengelo geprüft. Die Dauerversuche über 3000 Stunden unter Teil- und Vollastbedingungen überstanden sie relativ erfolgreich; lediglich bei einem Geradrohrdampferzeuger mußte längere Zeit (vergeblich) nach einem Leck gesucht werden.

In der APB-Testanalyse in Bensberg sorgte das Anlaufen einer Natriumpumpe für Aufregung. Als Ursache stellte man schließlich eine ungleiche radiale Temperaturverteilung im oberen Pumpenteil fest; durch Konkretisierung der Betriebsvorschriften konnte dieses Problem administrativ behoben werden. Dieses Phänomen des Anlaufens bei transientser Belastung konnte später auch bei Pumpen an PFR und FFTF beobachtet werden /121, 122/.

An der RSB-Anlage, ebenfalls in Bensberg, wurde der gesamte Handhabungsablauf für den Brennelementwechsel unter Natrium bei 250 °C erprobt. Das Experimentierprogramm umfaßte auch verbogene und verspannte Brennelemente. Darüber hinaus wurde die Funktionsfähigkeit des Drehdeckelsystems, der Brennelementtransfervorrichtung sowie von Tastern und Greifer nachgewiesen.

In der AKB-Anlage liefen ab 1977 die Lebensdauertests für die Prototypen der 1. und 2. Abschaltelinrichtung.

Auf dem Gebiet der Brennelemente stand um 1976 die Herstellung des **Mischoxidpulvers** im Vordergrund der Bemühungen. Eine wichtige Spezifikationsanforderung war die niedrige Brennstoffdichte, welche man zur Erreichung eines hohen Abbrands für erforderlich hielt. Zur Pulverherstellung wurden bei den Brennstablieferanten ALKEM und Belgonucléaire (BN) verschiedene Wege beschritten: ALKEM versuchte, die niedrige Dichte durch Zugabe von Porenbildnern zu erreichen, bei BN mischte man entsprechend große Mengen inaktiven Pulvers zu, das aus der Schrottrückführung kam. Ein ziemliches Problem war es, die Rieselfähigkeit der Mischung zu erreichen, denn außer der Ausgangssubstanz UO_2 waren weder AUC noch PuO_2 nennenswert rieselfähig /123, 124/.

Bei der Wiederaufarbeitung von MOX-Brennstäben, die im Kernkraftwerk Obrigheim bestrahlt worden waren, stellte sich 1977 die schlechte **Löslichkeit** der Mischoxidkristalle in reiner Salpetersäure heraus. Vorher hatte man diesem Gesichtspunkt keine Bedeutung zugemessen, da man davon ausging, daß es durch die Reaktorbestrahlung zu einer nachträglichen vollständigen Mischkristallbildung und damit zu voller Löslichkeit kommen würde. In der Folge wurde deshalb das bisherige Standardfertungsverfahren aufgegeben zugunsten des sog. AUPuC-Verfahrens. Ausgangsmaterialien sind hierbei nicht Oxide, sondern Pu- und U-Nitratlösungen, die durch Mischen beider Komponenten auf den gewünschten Spaltstoffgehalt eingestellt werden. Aus dieser Lösung wird Ammoniumuranylplutonylkarbonat als relativ grobkörniger Mischkristall ausgefällt und durch Kalzinierung zu rieselfähigem U/Pu-Mischoxidpulver umgewandelt.

6.3 Der Brüter vor dem Bundesverfassungsgericht

Die 1. Teilerrichtungsgenehmigung TEG 7/1 des Kernkraftwerks Kalkar war seit Februar 1972 vor den Verwaltungsgerichten angefochten mit dem Ziel ihrer Aufhebung. Kläger war der **Landwirt Maas** aus der Standortgemeinde Kalkar-Hönnepel. Das Verwaltungsgericht Düsseldorf hatte die Klage in 1. Instanz am 23. Oktober 1973 abgewiesen mit der Begründung, daß die atomrechtliche Genehmigung keine Rechte des Klägers verletze.

Auf die Berufung des Klägers hin hatte das **Oberverwaltungsgericht Münster** das Verfahren am 18. August 1977 mit folgender Begründung ausgesetzt /125/:

"Es ist eine Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts darüber einzuholen, ob § 7 des Atomgesetzes, soweit er in der derzeitigen Fassung die Genehmigung von Kernkraftwerken auch des Schnellen Brüters ermöglicht, mit dem Grundgesetz vereinbar ist".

Der 2. Senat des **Bundesverfassungsgerichtes** hat in seiner Entscheidung vom 8.8.1978 die juristische Abdeckung des Brüters durch das gültige Atomgesetz einstimmig bejaht. Es erklärte die Genehmigung von Brütern nach § 7 AtG für vereinbar mit dem Grundgesetz und widersprach darüber hinaus in den am 8.12.1978 verkündeten Leitsätzen der Meinung des OVG Münster, wonach nur das Parlament, nicht aber die Exekutive legitimiert sei, Leitentscheidungen zur Ausgestaltung des Atomgesetzes zu treffen. Folgerichtig faßte der Deutsche Bundestag am 14.12.1978 den wichtigen politischen Beschluß zur Fortsetzung des Baues des SNR 300 sowie der erforderlichen F+E-Arbeiten /126/.

6.4 Stopp-Signale aus den USA

Etwa ab 1976 geriet die Kerntechnik und mit ihr der Brüter zunehmend in das Blickfeld der Politiker. Dies geschah zuerst in den USA, wo im Präsidentschaftswahlkampf 1976 die beiden Kandidaten Ford und Carter teilweise gegensätzliche Standpunkte über Nutzen und Risiken der Kerntechnik vertraten.

Der 1976 gewählte neue **US-Präsident Carter** trat sein Amt am 20.1.1977 an, und bereits im April 1977 verkündete er ein neues Programm zur Kernenergie, welche eine völlige Neuorientierung der bisherigen Politik bedeutete. Die Hauptpunkte seiner Erklärung waren:

1. Aufschub der nationalen kommerziellen Wiederaufarbeitungsaktivitäten auf unbestimmte Zeit;
2. Umstrukturierung des US-Brüterprogramms mit dem Ziel, die frühe Kommerzialisierung des Brüters zu vermeiden;
3. Einstellung des Clinch-River-Projekts, das den Bau eines amerikanischen Prototyp-Brüterkraftwerks beinhaltete;

4. Umorientierung der Brüterforschungsprogramme zur Entwicklung von alternativen, nicht auf Plutonium basierenden Brennstoffzyklen;
6. Durchführung einer weltweiten Expertendiskussion über die Bewertung alternativer Brennstoffkreislauf- und Reaktorkonzepte im Rahmen des "International Nuclear Fuel Cycle Evaluation (INFCE)"-Programms /127/.

Als wissenschaftliche Basis diente der Carter-Administration für ihre beabsichtigte **Neuorientierung** der Nuklearpolitik die sog. Ford-MITRE-Studie. Sie wurde 1976 im Auftrag der Ford Foundation und der MITRE Corporation von 21 Autoren erstellt. Unter ihnen waren Harold Brown, der spätere US-Verteidigungsminister, und Joseph S. Nye, später als Unterstaatssekretär im US-Außenministerium verantwortlich für die Politik der USA gegen Kernwaffenverbreitung (non-proliferation). Der etwa 400 Seiten umfassende Bericht behandelt in klarer und eindringlicher Sprache die wirtschaftlichen, sicherheitstechnischen und politischen Aspekte der wichtigsten Energieträger. Im Bereich der Kerntechnik wurden 4 Problemkreise identifiziert, bei welchen baldige Entscheidungen der Politiker für erforderlich gehalten wurden: Plutoniumwiederaufarbeitung und -zyklisierung, Brutreaktoren, Urananreicherung und Nuklearexportpolitik /128/.

Der Einladung Carters zu den **INFCE-Treffen** folgten 46 Staaten und 5 Organisationen. Die Untersuchungen begannen 1977 und wurden 1980 mit einem umfassenden Bericht abgeschlossen. Der Brüter wurde in Arbeitsgruppe 5 behandelt, worin die Länder Belgien, Italien und UdSSR den Vorsitz führten. Die anfangs sehr reservierte Haltung der Amerikaner gegenüber dem Schnellbrüter wich zum Schluß einem größeren Verständnis für die Bedürfnisse der Europäer und Japaner. Umgekehrt wurde klar, daß die politischen Probleme des Brüters, wie Proliferation, früher zu geringe Berücksichtigung gefunden hatten. Aus der Vielzahl der Aussagen, die im Schlußbericht der Arbeitsgruppe 5 vermerkt sind, seien einige herausgegriffen /129, 130/:

1. Der natriumgekühlte Brüter auf der Basis des Uran-Plutonium-Zyklus wurde als Stand der Technik bezeichnet. Brüter mit Thorium im Kern bzw. im Brutmantel wurden skeptisch beurteilt u.a. wegen der Probleme des Thoriumkreislaufs, der fernbedient auszuführenden Refabrikation und ihrer

zum Teil zweifelhaften Bruteigenschaften. Salzschmelzenbrüter wurden wegen ihrer Korrosionsprobleme nicht erwogen.

2. Strategierechnungen zeigten, daß der Uranbedarf auch in einem gemischten LWR-SBR-System bis 2025 erheblich gesenkt werden kann. Selbst bei hoher Bedarfsprojektion kann der Energiebedarf bei Einsatz von Brütern mehr als tausend Jahre lang gedeckt werden.
3. Die Umweltbelastung des Brüters bei Normal- und Störfallbetrieb ist nicht signifikant anders als bei Leichtwasserreaktoren. Darüber hinaus bietet der Brüter Vorteile wegen des verminderten Uranbergbaus und der geringeren Abwärmelastung.
4. Die Risiken heimlicher Spaltstoffabzweigung bei den einzelnen Stufen des Brüterkreislaufs wurden für nicht größer als beim LWR mit Pu-Rückführung (und sogar solchen ohne Rückführung!) gehalten. Alternative Zyklen mit Einsatz von Thorium und denaturiertem Uran, einem Gemisch von U-233/U-238, wurden nicht als technisch befriedigende Lösung des Proliferationsrisikos angesehen. Hingegen wurde eine Verminderung des Proliferationsrisikos erwartet bei Ko-Konversion, Ko-Lokation und multinationalem Management der Plutoniumlager.
5. Die Anlagekosten des Brüters wurden als generell höher als beim LWR erachtet. Dem stünden Vorteile beim Brennstoffkreislauf wegen zu erwartender Steigerung der Uranpreise entgegen. Eine Reihe von Ländern erwartete, daß der Brüter ab 1990 die Wirtschaftlichkeitsschwelle überschreiten würde. Die Amerikaner waren skeptischer und erwarteten den Durchbruch des Brüters nicht vor dem Jahr 2000.

6.4.1 Einzelkritiker: Riemer, Traube, Keck

In der Bundesrepublik gab es schon in der Frühzeit des Brüterprojekts eine Reihe von Kritikern, die sich über die Medien und die Politik Gehör verschaffen konnten. Der Frankfurter Journalist Kurt Rudzinski ist bereits genannt worden. Der allererste von Bedeutung war wohl der SPD-Bundestagsabgeordnete Professor Karl **Bechert**, Ordinarius für theoretische Physik und von 1962-65

Vorsitzender des Bundestagsausschusses für Atomenergie. Er wies immer wieder auf die seines Erachtens unterschätzten Probleme des Strahlenschutzes hin und war der Meinung, man habe viel zu früh mit dem Bau der Atomreaktoren begonnen /131/. Aus der Vielzahl der Einzelkritiker, die später hinzukamen, seien in diesem Bericht Riemer, Traube und Keck genannt, weil sie stellvertretend für die Bereiche **Politik, Technik und Wissenschaft** gesehen werden können.

Dr. Horst-Ludwig Riemer war Landtagsabgeordneter und als Wirtschaftsminister in Nordrhein-Westfalen zuständig für die Genehmigung des SNR 300, als er im September 1978 mit einer Idee zur Änderung des SNR 300 herauskam, die ziemliches Aufsehen erregte. Riemer schlug vor, den Kern des SNR 300 derart zu modifizieren, daß dieser Reaktor künftig als "Plutoniumvernichter" eingesetzt werden könne. Hierzu sollte das Uran im Brutmantel - später auch im Kern - durch Thorium ersetzt werden. Riemers Vorschläge sind vor dem Hintergrund des zu dieser Zeit betriebenen INFCE-assessments sowie der Beeinflussung durch amerikanische Kreise zu sehen /132/.

Die Realisierung dieser Idee hätte das Ingangsetzen sowohl des U-Pu- als auch des Thorium-Uran-233-Kreislaufs erfordert - ein riesiges und nahezu aussichtsloses Unternehmen. Sicherheits- und Brennelementverhalten dieses Reaktors wären nicht bekannt gewesen, ganz abgesehen davon, daß die Proliferationsgefahren des U-233 kaum niedriger als jene von U-235 und Pu zu veranschlagen sind. Schließlich hätte dieser modifizierte SNR 300 maximal 5 % des in der Bundesrepublik aus Leichtwasserreaktoren anfallenden Plutoniums "vernichten" können. Riemers "Reaktorentwurf" wurde daher auch nicht realisiert, hat aber dessenungeachtet die deutsche Öffentlichkeit eine ganze Zeitlang in Bewegung gehalten und den Fortgang des SNR 300-Genehmigungsverfahrens deutlich behindert.

Dr. Klaus Traube, studierter Maschinenbauer und Thermodynamiker, fand besonders deswegen Gehör, weil er nach Ausübung leitender Funktionen beim AEG-Siedewasserreaktorbereich in Frankfurt von 1972-76 Geschäftsführer und Projektverantwortlicher für den SNR 300 bei Interatom und INB in Bensberg war. 1976 verließ er diese Position, was in den Zusammenhang mit einer geheimdienstlichen Abhöraffaire gebracht wurde. Ein gutes Jahr später erschien von ihm das Buch "Müssen wir umschalten?", in dem er die Kerntechnik einer leidenschaftlichen Kritik unterzog /133/.

Traubes Buch war vor allem für seine engeren Mitarbeiter eine perfekte Überraschung, weil sie ihn viele Jahre als engagierten Verfechter der Brütertechnik gekannt und erlebt hatten. Vielen schien es deshalb unwahrscheinlich, daß er innerhalb eines einzigen Jahres seine eigene Meinung zu dieser Technik um 180 Grad zu ändern und dies derart eloquent über mehr als 300 Buchseiten zu artikulieren vermochte. Er muß seine Zweifel wohl schon längere Zeit vorher - allerdings gutgehütet - mit sich herumgetragen haben.

Ein Grundthema des genannten Buches ist "small is beautiful", eine These, die in den siebziger Jahren in aller Munde war. Traube wird nicht müde, die Einfachheit und Zweckdienlichkeit des "Kollektors auf dem Dache" zu rühmen, sowie die Vorzüge der Wärmedämmung zur Energieeinsparung. Sogar der "mittleren Technologie" der Chinesen vermag er etwas abzugewinnen. Demgegenüber ist seine Verdammung der Großtechnik und insbesondere der Kernenergie rückhaltlos. Wenn er schreibt:

"Nun, ich meine, cum grano salis entziehen sich großtechnische Entwicklungen rationaler Steuerung; die Großtechnik entwickelt sich zumeist anarchisch, unvorhersehbar, irrational". /133/,

so kann man darin auch eine Quintessenz seiner persönlichen Erfahrungen vermuten. Es ist ihm sicher schwergefallen, etwa beim Statusbericht 1976 in Utrecht, Holland, einem hochrangigen, internationalen Fachpublikum de facto verkünden zu müssen, daß das von ihm geleitete Brüterprojekt SNR 300 technisch, terminlich und finanziell aus dem Ruder gelaufen sei.

Zur Begründung seiner Aversion gegen die Großtechnik verweist Traube in dem genannten Buch vorzugsweise auf den Hochtemperaturreaktor. In den späteren Veröffentlichungen gibt er seine Rücksichtnahme auf sein früheres Projekt auf und kritisiert auch kräftig den SNR 300. Schließlich ritt Traube auch eine leidenschaftliche Attacke gegen die Mikroelektronik, die heute, da jede Ladenkasse computerisiert ist, reichlich antiquiert anmutet /134/.

Dr. Otto Keck war studierter Theologe (neben Philosophie und Wirtschaftswissenschaften) und wohl der erste Wissenschaftler, welcher sich den Schnellen Brüter SNR 300 zum Dokorthema erwählte. Anhand von Protokollen und Notizen der Deutschen Atomkommission, des Projektkomitees und Unterlagen des

Bundesforschungsministeriums durchleuchtete er die Entscheidungsprozesse beim deutschen Brüterprojekt SNR 300 im Rahmen einer Dissertation an der englischen Universität Sussex /135/.

Keck analysierte in seinem Buch das Brüterprojekt von den Anfängen bis etwa Ende der siebziger Jahre. Zu diesem Zwecke führte er auch viele Interviews mit Projektbeteiligten aus Staat, Forschung und Industrie. Skeptisch stimmte es nicht wenige seiner Gesprächspartner, daß er schon zu Beginn der Interviews die Ergebnisse seiner Recherchen zu kennen schien.

Die Resultate seiner Studien legen den Schluß nahe, daß staatliche Subventionen für marktnahe Entwicklungsaktivitäten der Industrie in der Regel ineffizient sind. Er kritisiert die mangelhafte Überprüfung des Projekts Schneller Brüter in der Frühphase und insbesondere die fehlende parlamentarische Kontrolle. Die wirtschaftlichen Analysen des Kernforschungszentrums orientierten sich seines Erachtens zu wenig an der Realität, wurden aber auch von den Industriepartnern keiner ausreichenden Kritik unterzogen, wohl, um die eigene staatliche Förderung nicht zu gefährden. Darüber hinaus wurde von Staats wegen die finanzielle Eigenbeteiligung der Hersteller und Energieversorgungsunternehmen am SNR 300 zu niedrig angesetzt. Schließlich bemängelt er, daß die Uranreserven entschieden zu niedrig eingeschätzt und damit der Schnelle Brüter zu früh von der Forschungsebene in das Stadium von Großprojekten gehoben wurde mit all den negativen Folgen wie Mehrkosten etc.

Keck kommt in seinem Buch zu dem Ergebnis, daß die großflächige Einführung des Brüters kaum vor Mitte des nächsten Jahrhunderts sinnvoll und notwendig ist. Falls die Industrie diese Entwicklung aber doch betreiben wolle, so dürfe der Staat allenfalls einen begrenzten Beitrag für das Forschungsprogramm gewähren. Man kann in O. Keck auch einen frühen Vertreter der Schule der Technikfolgenabschätzung sehen. Die Kompetenz und Mühe, mit der er das Dickicht aus Technik, Wirtschaft und Politik beim Brüter durchdrungen hat, verdient durchaus Achtung.

6.5 Die deutsch-französische Zusammenarbeit

Am 11.5.1977 wurde in Karlsruhe der Vertrag zur Gründung der "**Entwicklungsgemeinschaft Schneller Brüter**" zwischen KfK, Interatom und ALKEM unterzeichnet. Er bildete eine der organisatorischen Voraussetzungen für die später vereinbarte deutsch-französische Zusammenarbeit. Insbesondere sollte er die breite und abgestimmte Basis der Bundesrepublik im Verhältnis zu ihrem künftigen Vertragspartner Frankreich zum Ausdruck bringen.

Ungeachtet ihrer Außenwirkung war die Entwicklungsgemeinschaft Schneller Brüter aber auch im Innenverhältnis der deutschen Partner von großer Bedeutung. Dies deklarierte sich in ihrer Zielsetzung: die regelmäßige Abstimmung und gemeinsame Durchführung aller F+E-Arbeiten auf dem Schnellbrütergebiet einschließlich des Austausches der gewonnenen Kenntnisse. Die jährlichen Forschungsprogramme sollten sich den technischen und terminlichen Bedürfnissen der Schnellbrüter-Baupläne anpassen und sich in die deutsch-französische Zusammenarbeit einfügen.

Schon Anfang der siebziger Jahre schien die Zeit reif zu sein für eine europäische Zusammenarbeit über die Dreiländerkooperation Deutschland/Belgien/Niederlande hinaus. So war auf Herstellerebene bereits 1972 ein Vertrag zwischen Interatom und der britischen **TNPG** zur Gründung einer gemeinsamen Gesellschaft für die Produktion und Vermarktung von Schnellbrütern unterschriftsreif. Die Absichten zerschlugen sich jedoch, da die britische Kernenergieindustrie damals umorganisiert wurde /82/.

Auf der Ebene der Energieversorgungsunternehmen kamen RWE, das französische EDF und das italienische ENEL im Mai 1971 überein, beim Bau und Betrieb zweier Großbrüter zusammenzuarbeiten. Die näheren Einzelheiten wurden im Dezember 1973 im Rahmen des sogenannten **Nizza-Abkommens** festgelegt. Das gemeinsame Konsortium NERSA sollte den 1200 MWe Superphénix etablieren (was geschah), das Konsortium ESK den 1500 MWe SNR 2 (was unterblieb) /78, 79/.

Im Februar 1976 wurde schließlich auch die deutsch-französische Zusammenarbeit auf der Ebene der Hersteller und der staatlichen Forschungszentren vollzogen. Die Grundlage bildete eine gemeinsame Erklärung des deutschen Forschungsministers Matthöfer und seines französischen Kollegen d'Ornano, in der sich die

Minister für eine enge Zusammenarbeit beider Länder in der Schnellbrüterentwicklung ausgesprochen hatten. Auf dieser Basis einigten sich Forschungszentren und Industriepartner im Mai 1976 über die allgemeinen Grundsätze einer Zusammenarbeit im Rahmen von Leitlinien und Memoranden.

Am 5.7.1977 wurde in Paris die **deutsch-französische Kooperation** mit einer Reihe von Verträgen unterzeichnet, in denen eine umfassende Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Entwicklung und Industrialisierung natriumgekühlter Schneller Brüter vereinbart wurde. Auf deutscher Seite hat sich Dr. Hans-Henning Hennies, KfK, sehr um das Zustandekommen der Verträge verdient gemacht; er war später auch lange Zeit Vorsitzender der Lenkungsausschüsse (Comité de Liaison bzw. Steering Committee) und hat viel zur vertrauensvollen Zusammenarbeit der Partner beigetragen /136/.

Der deutsch-französische F+E-Vertrag wurde zwischen KfK/Interatom sowie dem französischen CEA vereinbart; als Partner assoziiert, im Rahmen eines Konsortialvertrags, waren die Firmen Neratom, TNO, ECN (Niederlande), CEN/SCK-Mol, BN (Belgien) und CNEN (Italien). Gegenstand der Vereinbarung war der vollständige Austausch der Kenntnisse, die bei F+E-Arbeiten auf dem Schnellbrütergebiet entstehen; darüber hinaus sollten die künftigen F+E-Programme sowie die Nutzung der Anlagen abgestimmt und koordiniert werden. Die Überwachung der Zusammenarbeit oblag einem Lenkungsaußschuß, in den die französische und die deutsche Seite je zwei Vertreter entsandten.

Im Oktober 1978 wurde die Gesellschaft **SERENA** gegründet, deren Auftrag auch heute noch die Sammlung der in den beteiligten Ländern vorhandenen Kenntnisse und deren kommerzielle Verwertung ist, insbesondere durch Vergabe von Lizenzen. Der DeBeNe-Partner der SERENA ist die Kenntnisverwertungsgesellschaft Schnelle Brutreaktoren mbH (KVG), an welcher das Kernforschungszentrum mit 19 % beteiligt ist; weitere Gesellschafter sind Interatom mit 51 % sowie Belgonucléaire und Neratom mit je 15 %. Für die Planung und Errichtung von Brüterkraftwerken existiert ein Kooperationsabkommen der Industriegruppen INB und Novatome. Ausgenommen vom Kenntnisaustausch sind Wiederaufarbeitung und Fertigungs-know how für Komponenten und Brennelemente. Die Laufzeit der Verträge beträgt 20 Jahre.

Auf dem Gebiet des Anlagenbaus war der Erfahrungsaustausch zwischen INB und Novatome schon vorher sehr vertieft worden. Durch Mitarbeiterdelegationen und Dokumentenaustausch wurden die bei KNK und SNR 300 bzw. Rapsodie, Phénix und Superphénix gewonnenen Erfahrungen gegenseitig im Detail bekanntgemacht.

Bei der Zusammenarbeit der Industriegruppen stand der detaillierte Konzeptvergleich der beiden Primärkreissysteme, die sog. **pool-loop-Studie**, im Vordergrund der Bemühungen. Bekanntlich wurde in Frankreich das pool-Konzept, in Deutschland das loop-Konzept verfolgt. Vergleichende Studien hierzu wurden zwar schon früher angestellt, aber erst, nachdem die Barrieren des know-how-Austausches durch Zusammenschluß gefallen waren, stand der Weg für einen echten Vergleich frei.

In die deutsch-französische Kooperation auf F+E-Seite wurden 1984 auch die Briten aufgenommen. Diese Zusammenarbeit mündete 1988/89 in das Projekt des European Fast Reactor (EFR) ein, an dem die drei Länder gleichrangig beteiligt sind.

7. AUSSCHÜSSE, KOMMISSIONEN, GUTACHTEN (1978-82)

7.1 Das Projekt am Haltepunkt

Um 1979 war das Projekt nahezu auf dem Haltepunkt angelangt. Auf der **Baustelle** in Kalkar befanden sich noch etwa 300 Mann, davon rund die Hälfte Montagepersonal – ein dramatischer Abstieg von den mehr als 1000 Mann, die noch Anfang 1976 an diesem Ort arbeiteten. Die Rohbauarbeiten waren im wesentlichen abgeschlossen, aber mit den Arbeiten an der Reaktorzelle war man weit im Rückstand. Für den biologischen Schild waren vor der Baufreigabe zeitraubende Nachweise zu führen zur Integrität des Gesamtsystems bei einer angenommenen Energiefreisetzung von 370 MWs im Falle des Bethe-Tait-Störfalls /137, 138/.

Die **Komponentenfertigung** in den Werkstätten der Zulieferer hatte deutliche Fortschritte gemacht. Die großen Komponenten Reaktortank, Gitterplatte, Gasblasenabscheider, Festdeckelring, Reaktordeckel und Bodenkühler waren entweder bereits fertiggestellt oder standen kurz davor. Der Reaktortank traf bereits Mitte 1976 in Kalkar ein, mußte aber mangels Einbaugenehmigung

zusammen mit dem unteren Sammelbehälter in einem besonderen Lagergebäude zwischengelagert werden. Problematisch waren die noch ausstehenden **Teilgenehmigungen** für die Hilfssysteme sowie die Haupt- und Notkühlsysteme. Man erwartete sie "in Kürze", in Wirklichkeit blieben sie noch 1-2 Jahre aus. Ein Vergleich mit der Situation zum Zeitpunkt des letzten Statusberichts (Utrecht 1976) zeigte, daß es nicht gelungen war, dem Eckpunkt "Übergabe" näher zu kommen. Terminführend war die Teilgenehmigung 7/5 für das nukleare Hauptsystem. Terminplananalysen der Hersteller ergaben, daß frühestens 3 Jahre nach Erteilung dieser Genehmigung mit der Übergabe des Kraftwerks zu rechnen war. Aus der Sicht von 1979 konnte dies nicht vor Herbst 1984 sein.

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens war ein ungeheurer Aufwand, der an **Bürokratie** grenzte, zu bewältigen. So mußten allein für die Vorprüfung der 72 Bodenwannen etwa 2.300 Zeichnungen, 5.500 Stücklisten und 10.000 Seiten Statik erstellt werden. Die umfangreichste Papierflut war indes für die Dokumentation zu bewältigen. Experten schätzten ab, daß für einen einzigen kompletten Satz der Gesamtanlage etwa 10.000 Aktenordner nötig sein würden. Diese, nebeneinander aufgestellt, würden 800 laufende Meter Unterlagen ergeben mit 50 bis 100 Millionen Stempeln und 3 Millionen Unterschriften.

Die verzögerte Abwicklung des Projekts und die Erfüllung der Genehmigungsaufgaben hatten die **Kosten** für das Kernkraftwerk Kalkar inzwischen auf 3,2 Milliarden DM getrieben. Ein hoher Anteil, nämlich 1,1 Mrd. DM, resultierte aus der Preisgleitung, d.h. der allgemeinen Teuerungsrate in Verbindung mit der verlängerten Projektlaufzeit.

Man kann den Projektverantwortlichen und Geschäftsführer A. Brandstetter verstehen, der 1977 die Projektführung von dem ausgeschiedenen K. Traube übernommen hatte, wenn er am Ende seines Statusberichts 1979 in Karlsruhe mit einem deutlichen Seufzer feststellt:

"In unserem Land ist es sehr schwierig geworden, eine Prototypanlage zu bauen."

7.2 Der Ad hoc-Ausschuß des Projektkomitees

Der unzureichende Fortschritt des Kernkraftwerks Kalkar hatte das Projektkomitee aufgeschreckt, in dem hochrangige Vertreter der Regierung, der Industriepartner und der F+E-Zentren versammelt waren. In seiner Sitzung am 23. September 1979 beauftragte es einen **Ad hoc-Ausschuß** damit, die beim SNR 300 aufgetretenen Probleme aufzulisten, zu bewerten und Lösungsvorschläge auszuarbeiten. Der Ausschuß setzte sich aus Vertretern von Interatom, Neratoom, SBK und KfK zusammen und wurde von Dr. W. Marth, KfK, geleitet. Ein knappes halbes Jahr später, im Februar 1980, lag der Bericht des Ausschusses dem Projektkomitee vor /139, 140/.

Der Ausschuß hatte etwa ein Dutzend Probleme identifiziert, die er verantwortlich für die Misere beim SNR 300 hielt. An der Spitze stand der **Bethe-Tait-Komplex**, der solche Ausmaße angenommen hatte, daß dieser anfangs hypothetische Störfall nunmehr ganz in die Nähe eines klassischen Auslegungsstörfalls gerückt war. Ständig umfangreicher werdende Einzelnachweise, denen kein physikalisch glaubhafter Störfallablauf mehr zugrunde lag, ließen die Genehmigungsanforderungen weit über das international übliche Maß ansteigen. Der Ausschuß schlug deshalb vor, die vorhandenen Integritätsnachweise zu akzeptieren und geringe Einzelüberschreitungen bei Sensitivitätsanalysen zu tolerieren.

Auf dem Gebiet der **Festigkeitsanalysen** lag das Problem in der mangelnden Festschreibung der Auslegungsbasis, des amerikanischen ASME-Code. Immer wieder wurden von der Genehmigungsbehörde Konservativitäten gefordert, etwa Höherstufung und Begrenzung von Lastwechseln. Weitreichende Wirkungen hatten die pessimistischen Annahmen der Gutachter zur Dichtheit, welche mit dem vorhandenen Containmentkonzept kaum noch in Übereinstimmung zu bringen waren. Der Rechenaufwand für die Rohrleitungen war selbst bei Ausschluß inelastischer Analysen gigantisch und reichte an 3000 Mannmonate heran.

Die Annahme des **prompten Rohrabrisses** wurde in Analogie zur LWR-Praxis gefordert, trotz der Tatsache, daß bei Natriumreaktoren wegen des geringen Systemdrucks, der Dünnwandigkeit der Rohrleitungen, ihrer verhältnismäßig niedrigen Beanspruchung und des zähen austenitischen Werkstoffs ganz andere Verhältnisse vorliegen als beim stark druckbeaufschlagten Leichtwasserreaktor. Die Beherr-

schung der Kernkühlung bei der extremen Durchsatzstörung bei einem 2F-Bruch einer Hauptkühlmittelleitung sowie die Ableitung der Strahlkräfte erforderten platzraubende Absicherungen und panzerplattenartige Bodenwannen. Der Ausschuß empfahl deshalb die Akzeptanz des international anerkannten Leck-vor-Bruch-Kriteriums. Die Mutmaßung, daß es zu detektierbaren Leckmengen kommt, lange bevor sich kritische Rißgrößen entwickeln, lag auf der Hand.

Auch die **äußeren Einwirkungen** Sicherheitserdbeben und Flugzeugabsturz führten zu eskalierendem Rechenaufwand bei den Nachweisen. Fast noch schlimmer war die riesige Zahl der einzubringenden Dämpfer, Hänger und Abstützungen, was zwangsläufig die Zugänglichkeit im Anlagenbereich erschwerte. Der Ausschuß schlug deshalb vor, dem Hersteller die Anwendung des weniger rechenaufwendigen Starrkörpermodells zu gestatten und die Nachweise zum Flugzeugabsturz auf die Bauwerke zu beschränken.

Eine Quelle ständiger Unsicherheit bildete das Fehlen SNR-spezifischer **Regeln**, so daß von den Gutachtern "sinngemäß" das existierende Regelwerk der Leichtwasserreaktoren, also KTA-Regeln, BMI-Richtlinien, RSK-Leitlinien etc. angewendet wurden. Häufig wurden dabei die positiven generischen Eigenschaften der Natriumreaktoren nicht berücksichtigt. Auch die Begutachtung der Anlagenteile wurde zunehmend strenger gefaßt: statt der ursprünglich 39 elektronischen Systeme wurden 1980 volle 117 in das atomrechtliche Genehmigungsverfahren einbezogen. Das Vorprüfverfahren bis zur Montagefreigabe war ebenfalls sehr unrationell geworden, was zu langen und kostspieligen Wartezeiten auf der Baustelle führte /141/.

Der Ad hoc-Ausschuß schlug deshalb vor, auf seiten der Gutachter- und Genehmigungsbehörde ein **Leitgremium** zu schaffen. Eine kleine Gruppe projekterfahrener Personen sollte berechtigt sein, den Umfang der Begutachtung zu regeln und Zielkonflikte im Sinne eines sicherheitstechnisch ausgewogenen Vorgehens zu lösen. Diese Leitentscheidungen sollten für alle am Genehmigungsverfahren beteiligten Gutachter verbindlich sein. Der Ausschuß begründete dies mit den Worten:

"Bei Fortführung der bisherigen Begutachtungs- und Genehmigungspraxis wird das Kernkraftwerk, welches nach ursprünglicher Planung 1979 hätte in Betrieb gehen sollen, sicher nicht zum jetzt vorgesehenen Zeitpunkt

1985 übergeben werden können. Wir glauben sogar, daß die Fertigstellung des SNR 300 nicht vor 1990 - möglicherweise sogar wesentlich später zu erwarten ist".

Die Studie des Ad hoc-Ausschusses wurde später auch von der Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages angefordert und dort diskutiert. Im Übersendungsschreiben an H.B. Schäfer vermerkte v. Bülow, BMFT:

"Die in dem Arbeitspapier aufgeführten Vorschläge wurden zum erheblichen Teil für nicht realisierbar, die Befürchtungen wurden für teilweise übertrieben bzw. überwindbar gehalten. Die Hochrechnung des Fertigstellungstermins auf das Jahr 1990 oder später wurde als nicht haltbar angesehen" /142/.

Hier irrte Herr v. Bülow.

7.3 Die Einsetzung der Enquête-Kommission 1

Nach dem Kalkar-Urteil des Bundesverfassungsgerichtes vom 8. Dezember 1978 schien der Weg frei zu sein für die längst überfällige Erteilung der 3. Teilerrichtungsgenehmigung, die unter anderem die Schaltwarte und die Inertisierungssysteme abdeckte. Aber der Schnelle Brüter in Kalkar hatte inzwischen auch den Deutschen Bundestag erreicht. Im Rahmen einer dramatischen **Energiedebatte** wurde deutlich, daß sechs FDP-Abgeordnete (u.a. Haussmann und Matthäus) aus der sozialdemokratisch-liberalen Regierungskoalition gegen den Weiterbau von Kalkar votieren wollten. Erst nach Rücktrittsdrohungen der damaligen FDP-Minister Genscher, Lambsdorff und Baum erklärten sich die sechs Abgeordneten und Brütergegner bereit, mit Enthaltung zu stimmen und den Energiebericht passieren zu lassen /143/.

Am 14. Dezember d. J. beschloß der **Deutsche Bundestag** somit die Fortschreibung des Energieprogramms und damit die Fortsetzung der Bauarbeiten für den SNR 300. Eine wichtige Kondition war damit verbunden: vor der endgültigen Inbetriebnahme dieses Kraftwerks sollte erneut eine Entscheidung des Bundestags im Rahmen einer politischen Debatte herbeigeführt werden.

Zur Vorbereitung dieser Entscheidung wurde eine **Enquête-Kommission** "Zukünftige Kernenergie-Politik" eingesetzt, der 7 Abgeordnete und 8 Sachverständige angehörten. Der SPD-Abgeordnete R. Ueberhorst führte den Vorsitz. Die Kommission sollte gemäß Einsetzungsbeschluss die zukünftigen Entscheidungsmöglichkeiten bei Energiefragen unter ökologischen, ökonomischen und weiteren Gesichtspunkten erarbeiten. Sie sollte fernerhin Kriterien für die Akzeptanz der Kernenergie aufstellen und die Möglichkeiten alternativer Brennstoffkreisläufe untersuchen. Schließlich erwartete man von ihr die Vorbereitung der Entscheidung des Deutschen Bundestages zur möglichen Inbetriebnahme des SNR 300.

Von den insgesamt 24 **Arbeitsgruppensitzungen** waren allein 7 der Brutreakorttechnologie gewidmet. Die Einzelberatungen kreisten im wesentlichen um die Problemfelder Reaktivitätskoeffizienten, Plutoniumwirtschaft, Bethe-Tait-Störfall und Risiko. Die bekannte Tatsache, daß Brutreaktoren der SNR 300-Größe einen positiven Natrium-void-Koeffizienten besitzen, wurde bezüglich seiner Auswirkungen breit diskutiert. Nicht empfohlen wurde eine Festlegung der Größe dieses Koeffizienten oder gar seines Vorzeichens per Vorschrift, da ein derartiger Eingriff leicht zur "Suboptimierung" des Gesamtsystems hätte führen können. Die Kommission kam ebenfalls zur Ansicht, daß bei Bau und Betrieb des Kernkraftwerks Kalkar noch keine Probleme im Sinne einer Plutoniumwirtschaft auftreten würden /144, 145/.

Nach eingehenden Beratungen wurde von der Kommission die Entwicklung der Brutreakorttechnologie "forschungspolitisch" akzeptiert. Dies schloß auch den Bau des SNR 300 ein. Zusätzlich wurde die Forderung aufgestellt, daß das Sicherheitsniveau des Kernkraftwerks Kalkar nicht unterhalb dem eines modernen Druckwasserreaktors liegen dürfe. Für weitere Bewertungen in dieser Sache wurden zwei Studien in Auftrag gegeben /146/:

1. In der sog. **Obergrenzenstudie** sollte eine Literaturübersicht der wissenschaftlichen Arbeiten zu Bethe-Tait-Störfällen mit hohem mechanischem Freisetzungspotential gegeben werden. Zusätzlich sollten jene Arbeiten bewertet werden, welche beim SNR 300 eine mechanische Energiefreisetzung oberhalb des Grenzwertes von 370 MWs behaupteten. Die Literaturübersicht sollte Stellungnahmen von Wissenschaftlern mit unterschiedlicher Haltung zur Kernenergie beinhalten.

2. Weiterhin sollte eine sog. **risikoorientierte Analyse** erstellt werden in Anlehnung an die für den Druckwasserreaktor Biblis B durchgeführte "Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke". Der Begriff "risikoorientiert" brachte zum Ausdruck, daß der Vergleich der beiden Reaktorsysteme zum Teil auch qualitativ erfolgen könne. Auch an der risikoorientierten Studie sollten Wissenschaftler mit unterschiedlichen Meinungen zum Schnellen Brüter beteiligt werden.

Mit der Anfertigung der Obergrenzenstudie wurde im März 1981 die KfK beauftragt; die Risikostudie sollte die Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) per Auftrag vom August 1981 fertigstellen. Die Enquête-Kommission gab am 27. Juni 1980 einen Zwischenbericht ab, da die Legislaturperiode zu Ende ging; gleichzeitig schlug sie vor, daß die noch offenen Punkte, insbesondere zur Inbetriebnahme des SNR 300 durch unverzügliche Fortsetzung der Kommissionsarbeit im Rahmen des 9. Deutschen Bundestages geklärt werden sollten.

7.3.1 Die Ergebnisse der "Obergrenzenstudie"

Für die Obergrenzenstudie wurden von KfK mit Hilfe des Fachinformationszentrums FIZ 4 alle zugänglichen Veröffentlichungen und sonst bekannt gewordene unveröffentlichte Berichte über Energiefreisetzen im natriumgekühlten Schnellen Brüter aufgelistet und bewertet. Insbesondere wurde der Frage nachgegangen, ob diese Dokumente Hinweise dafür liefern, daß bei noch denkbaren Störfallszenarien unter Berücksichtigung der SNR 300-Gegebenheiten es zu mechanischen Energiefreisetzen jenseits von 370 MWs kommen könnte /147/.

Der **Umsetzungsprozeß** von thermischer in mechanische Energie, welche das Primärsystem belastet, ist wegen des Vorhandenseins weiterer Materialien neben dem Brennstoff (Natrium, Stahl, Spaltprodukte) ein sehr komplexer fluid- und thermodynamischer Vorgang. So bewirken u.a. Effekte der Selbstvermischung, Wärmeübertragung, Reibung und Kondensation eine beträchtliche Reduzierung der Arbeitsfähigkeit, die sich aufgrund der isentropen Brennstoffexpansion errechnen läßt. Berücksichtigt man beim SNR 300 diese Phänomene, so kommt man selbst bei pessimistischer (d.h. konservativer) Abschätzung nur auf eine mechanische Energiefreisetzung von unterhalb 100 MWs.

In einem gesonderten Kapitel beschäftigte sich die Obergrenzenstudie mit den nicht veröffentlichten Hypothesen des Amerikaners **R.E. Webb**, welche in einer Kommissionsvorlage der "kritischen Arbeitsgruppe" (Universität Bremen) ausführlich zitiert wurden. Die KfK-Studie machte geltend, daß die Webb-Annahmen drastische Rechenfehler und unrealistische Störfallbedingungen enthalten. Daneben stünden diese Szenarien im Widerspruch zu physikalischen Gegebenheiten.

Im Ergebnis konnten die mit der Studie befaßten Mitarbeiter des Kernforschungszentrums keine neuen Störfallaspekte finden, die nicht schon der Auslegung des SNR 300 zugrunde gelegt worden wären. Der international zur Bethe-Tait-Problematik geleistete Aufwand wurde auf rund 10.000 Mannjahre abgeschätzt.

Die KfK-Studie kommt zu dem **Ergebnis**:

"Für den SNR 300 kann mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit, d.h. praktisch ausgeschlossen werden, daß schwere Störfälle auftreten, deren mechanische Energiefreisetzung den Auslegungswert von 370 MWs überschreiten."

7.3.2 Die Ergebnisse der "Risikostudie"

An der Ausarbeitung der Risikostudie, wie die risikoorientierte Studie kurz genannt wurde, waren neben der federführenden GRS auch die KfK unter Mitwirkung des SAI (Palo Alto, USA) beteiligt. Im Unterauftrag erhielt Prof. J. Benecke, München, die Möglichkeit zur Durchführung paralleler Untersuchungen zu ausgewählten risikorelevanten Fragestellungen. Benecke gründete zu diesem Zweck mit einigen freien Mitarbeitern aus Bremen und Heidelberg die "Forschungsgruppe Schneller Brüter e.V." (FGSB), welche sich "kritisch" mit der SNR 300-Störfallproblematik auseinandersetzen wollte.

Die wichtigsten **Ergebnisse** bei der Risikostudie waren die absoluten Schadensobergrenzen für frühe und späte Todesfälle bei den schwerwiegendsten Radionuklidfreisetzungen im Falle eines unkontrollierten Kerndurchsatzstörfalles (UKDS). Für die gasförmigen Spaltprodukte wie Edelgase waren keine

Rückhalte-mechanismen angenommen worden; bei den gasstoffartigen Radionukliden wurden dagegen Sedimentation, Diffusion und Thermophorese als Abscheideprozesse berücksichtigt /148, 149/.

Die **Unfallfolgenrechnungen** bezogen sich auf den Standort Kalkar. Sie kommen zu dem Ergebnis, daß Fröhschäden durch akut verlaufende Strahlenkrankheit auch bei schwersten Unfällen nicht auftreten, da die hierfür erforderliche Schwel-tendosis nicht erreicht wird. (Beim Druckwasserreaktor rechnete man 1979 in der "Deutschen Risikostudie" mit einer Maximalzahl von 14.500 Soforttoten). Das Maximum der somatischen Spätschäden lag beim Brüter nahezu um eine Größen-ordnung unter den bei Druckwasserreaktoren zu erwartenden Folgen /150/.

Die von der FGSB für den SNR 300 ermittelten Unfallfolgen ergaben im Vergleich zum Druckwasserreaktor eine geringere Zahl früher Todesfälle, aber eine größere Zahl von somatischen Spätschäden; zusätzlich ging die Studie von einer erheblich größer radioaktiv verseuchten Bodenfläche aus. Die FGSB machte keinerlei Angaben über die Eintrittswahrscheinlichkeiten und konnte daher auch keine quantitativen Aussagen zum Risiko machen, das ja ermittelt wird als Produkt aus Unfallhäufigkeit und Schadensausmaß.

7.4 Die Ergebnisse der Enquête-Kommission 2

Die **Enquête-Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik"** des darauffolgenden 9. Deutschen Bundestages konstituierte sich im Mai 1981 wieder, nunmehr unter dem neuen Vorsitzenden Harald B. Schäfer, SPD. Wegen des vom Parlament verlangten vorgezogenen Abgabetermins für eine Empfehlung zur möglichen Inbetriebnahme des SNR 300 konzentrierten sich die Kommissionsbeauftragten ab Frühjahr 1982 auf das Arbeitsfeld 1, den Schnellen Brüter /151, 152/.

Die **Obergrenzenstudie** wurde von der KfK am 22.1.82 pünktlich vorgelegt und in der Kommissionssitzung eine Woche später beraten. In der Folge wurden noch in- und ausländische Experten aus verschiedenen Lagern zugezogen, so der Münchener Physiker Prof. Maier-Leibnitz und der Kernenergiekritiker Dr. Cochran vom Natural Resources Defense Council. Besonders interessant waren die Aussagen des amerikanischen Physikers und Nobelpreisträgers Prof. Hans **Bethe**, auf dessen gemeinsamen Forschungen mit dem Physiker J.A. Tait die theoretischen

Grundlagen der nach ihnen benannten nuklearen Leistungsexkursion in Brutreaktoren beruhen. Bethe schreibt in seinem Brief vom 5. März 1982 an die Enquête-Kommission u.a.:

"The early paper by Bethe and Tait of 1956 was far too conservative. We did then not understand many of the physical factors which mitigate a possible core disruptive accident ... Everything the Karlsruhe group says seems to me well founded and I have great confidence in their conclusions." /153/.

Die **Risikostudie** wurde termingerecht von Prof. Birkhofer, GRS, am 30.4.1982 abgeliefert. Allerdings fehlte der Anteil der FGSB, der über verschiedene Zwischenberichte erst im September 1982 vorlag. Wegen der knappen zur Verfügung stehenden Zeit mußte auf die Fertigstellung eines gemeinsamen Abschlußberichtes verzichtet werden.

In der GRS-Studie wurden als besondere sicherheitstechnische Vorteile des SNR 300 gesehen, daß bereits das Einfallen eines einzigen Abschaltstabes die nukleare Kettenreaktion unterbricht und außerdem die hohe Fünffachredundanz bei der Nachwärmeabfuhr. Daneben wird auch der geschmolzene Kern durch anlagentechnische Vorsorgemaßnahmen gekühlt. Die freiwerdenden Nuklide werden weitgehend im Reaktortank und bei dessen Versagen im Doppelcontainment zurückgehalten. Für die Überschreitungswahrscheinlichkeit des Auslegungsgrenzwertes von 370 MWs wurde eine Abschätzung von 15 namhaften internationalen Persönlichkeiten und Institutionen eingeholt und den Berechnungen der GRS zugrundegelegt /154/.

Demgegenüber unterstellte die FGSB sofortiges Containmentversagen, etwa durch Geschoßbildung der Zellenabdeckung sowie eine 50 % Freisetzung der schwerflüchtigen Nuklide. Die relative biologische Wirksamkeit der α -Strahlung wurde um den Faktor 5 oberhalb der international gültigen ICRP-Werte angesetzt und die Körperaufnahme von Plutonium um den Faktor 10 erhöht. Bei einer Korrektur dieser extrem pessimistischen und zum Teil willkürlichen Annahmen des FGSB zeigt sich, daß die dann revidierten Ergebnisse der FGSB-Studie von jenen der GRS-Studie nur geringfügig abweichen. Ein Kommissionsmitglied kam daraufhin zu dem Schluß:

"Nach alledem muß als Ergebnis festgestellt werden, daß das Experiment einer Paralleluntersuchung durch Wissenschaftler mit unterschiedlichen Meinungen zum Schnellen Brüter gescheitert ist." /155, 156/.

Die Studie der FGSB stellte für die Mehrheit der Kommissionsmitglieder kein wissenschaftlich seriöses, belastbares Dokument dar.

Nach 20 Kommissions- und Unterkommissionssitzungen allein zum SNR 300 lag am 23.9.1982 folgende **Empfehlung** zur Abstimmung auf dem Tisch:

1. Eine langfristige Kernenergienutzung setzt eine deutliche Schonung der Natururanressourcen voraus. Die Brutreakorttechnologie muß deshalb verfügbar gemacht werden. Die Inbetriebnahme des SNR 300 erhält von daher ihre Bedeutung.
2. Das atomrechtliche Genehmigungsverfahren für den SNR 300 wird korrekt und mit großer Sorgfalt durchgeführt, davon hat sich die Kommission überzeugt.
3. Bei dem geforderten Sicherheitsvergleich zwischen dem SNR 300 und einem 1.300-MWe-Leichtwasserreaktor vom Typ Biblis B hat sich die Kommission auf wissenschaftlich fundierte, quantitative Aussagen gestützt, die Frage absoluter Schadensobergrenzen behandelt und auch Konsequenzen einer Schadenseinwirkung von außen untersucht. Dabei gewann die Kommission die Überzeugung, "daß das Risiko aus dem Betrieb des SNR 300 in der **gleichen Bandbreite** liegt wie jenes der in Betrieb befindlichen Leichtwasserreaktoren. Die Kommission hält deshalb die Inbetriebnahme des SNR 300 politisch für verantwortbar".
4. Die Kommission empfiehlt, den SNR 300 in mehreren Teilstufen in Betrieb zu nehmen, sich um die Ausbildung des Personals in besonderem Maße zu bemühen und die Programme zur Prüfung der Systeme und Komponenten sorgfältig zu entwickeln und zu erfüllen.
5. Demgemäß soll der Parlamentsvorbehalt aufgehoben werden.

In ihrem Bemühen verbuchte die pro-Seite einen großen Erfolg: 11 von 16, also mehr als zwei Drittel der Mitglieder der Enquête-Kommission stimmten für diese Empfehlung und damit für die **Aufhebung des Parlamentsvorbehalts**; nur 5 von 16 Mitgliedern stimmten dagegen /157/.

Der Bericht der Enquête-Kommission sowie seine Empfehlung wurden unverzüglich dem Parlament zugeleitet, das bereits Ende September darüber beriet. Nach zwischenzeitlicher Überweisung in die Ausschüsse kam es am 3.12.1982 in der 134. Sitzung des Deutschen Bundestags zur abschließenden Beratung und Beschlußfassung. Die **Abstimmung** ergab eine klare Mehrheit für die Aufhebung des seit 1978 existierenden Parlamentsvorbehalts - nicht zuletzt auch deshalb, weil SPD-Abgeordnete, die sich von jeher für den Brüter ausgesprochen hatten, der Abstimmung fernblieben, d.h. nicht gegen die Aufhebung des Vorbehalts stimmten. Die Mehrheit der SPD-Fraktion stimmte gegen den Brüter, wohl ein Reflex auf die seit dem 17. September und dem 1. Oktober 1982 eingetretene Änderung der innenpolitischen Situation, der sog. **"Wende"**.

7.5 Das Gutachten von Kearney/Motor Columbus

Im Sommer 1981 beauftragte das BMFT die amerikanisch-schweizerische Firmengemeinschaft A.T. Kearney-Motor Columbus mit einem Gutachten über die "Ursachen für die Kostensteigerungen und Bauzeitverzögerungen beim SNR 300". Der Auftrag wurde im Mai 1982 dahingehend erweitert, die Mitte 1982 von Betreibern und Herstellern vorgenommene neue "Gesamtkostenschätzung" kritisch zu bewerten. Das Gutachten der Arbeitsgemeinschaft lag im September 1982 in Form einer 268 Seiten umfassenden Studie vor /158/.

In der **technischen Analyse** kam die Studie zu der Feststellung, daß im Laufe des Genehmigungsverfahrens lückenlose Nachweise unter sehr pessimistischen Annahmen zur Störfallbeherrschung zu erbringen waren wie in keinem anderen Land mit vergleichbaren Brüterprojekten. Weiter:

"Es bestand die Tendenz, unabhängig zu den Kostenfolgen absolute Sicherheit anzustreben."

Als Beispiel werden die ständig eskalierenden Forderungen zum Bethe-Tait-Störfall, zum Flugzeugabsturz und zum Erdbebenschutz angegeben. Als problematisch wurde die 1970 getroffene Betreiberentscheidung angesehen, auf ein quaderförmiges Containment überzugehen. Wegen des steifen Verankerungskonzepts und der späteren hohen Anforderungen eines Flugzeugabsturzes war eine völlig neue und kostspielige Lösung für die Stahlblechhülle erforderlich geworden. Die Bestätigung dieser Auffassungen brachte u.a. der internationale Brüterreport, der anstelle der sonst üblichen Statusberichte im Oktober 1981 in Kalkar abgehalten wurde /159/.

Bei der Analyse des **Genehmigungs- und Aufsichtsverfahrens** wurde der Mangel an schnellbrüterspezifischen Regeln kritisiert sowie die komplexe Genehmigungsstruktur mit zum Teil konkurrierenden Vorschriften und Sachverständigen für dieselbe Problematik (Beispiele: Brandschutz, Lüftung, Strahlenschutz). Die Entwicklung des politischen und juristischen Umfeldes führten zu einem kaum noch handhabbaren und fast unübersehbaren Unterlagenvolumen. Weiter:

"Das langwierige Verfahren zur Anpassung von Gutachten und Unterlagen in formaler, stilistischer und redaktioneller Hinsicht verdeutlicht, daß die "Gerichtsfestigkeit" eine wesentliche Rolle spielt."

Bei der **Managementanalyse** empfahl das Gutachten, durchweg die Personalkapazitäten bei BMFT, MAGS, SBK, INB und TÜV aufzustocken. Insbesondere beim Hauptfinanzierer BMFT seien die personelle Ausstattung und die realen Einwirkungsmöglichkeiten nicht ausreichend gewesen, um das Projekt auch unter den unerwarteten Störeinflüssen sicher zu steuern. Von der SBK wurde darauf hingewiesen, daß die überrollende Anforderungsflut und die massiven politischen Widerstände bei Baubeginn nicht erwartet werden konnten und ihr auch durch eine aufgestockte Projektleitung nur unzureichend hätte begegnet werden können.

Die Studie regte ferner sog. "**Projekt-Topgespräche SNR 300**" zwischen Herstellern, SBK und BMFT an, bei denen übergreifende Probleme wie Strategiefestlegungen für das Genehmigungsverfahren behandelt werden sollten (die Ähnlichkeit zum "Leitgremium" des Ad hoc-Ausschusses war unverkennbar). Dieser Vorschlag wurde in der Folge vom BMFT aufgegriffen; man traf sich alle 4 bis 6 Wochen zu

solchen Gesprächen, in der Zwischenzeit sorgte eine kleine Gruppe von Projektbegleitern für die Überwachung des Projektfortgangs im Auftrage des Forschungsministeriums.

Ein wichtiger Gegenstand der Begutachtung war die **Gesamtkostenschätzung** und die Bauzeitverzögerung des Projekts. Die SNR 300-Kosten lagen Mitte 1982 bei 6.050 Mio DM, d.h. unter Berücksichtigung der bei Baubeginn angesetzten 1.535 Mio DM waren Mehrkosten in der dreifachen Höhe, nämlich 4.516 Mio DM angefallen. Letztere setzten sich zusammen aus den 4 Hauptkostenarten: Sachkosten 1.301 Mio DM (29 %), Ingenieurkosten 571 Mio DM (13 %), Bauherrenkosten 537 Mio DM (12 %) und Preisgleitung 2.087 Mio DM (46 %).

Nahezu die Hälfte der **Mehrkosten** waren also durch die zusätzliche Preisgleitung als Folge der Projektverzögerungen bedingt. Die Gutachter stimmten der Gesamtkostenschätzung von INB/SBK im wesentlichen zu und schlugen lediglich vor, einen Risikobetrag von 650 Mio DM in den zukünftigen Finanzierungsplan einzubringen als Vorsorge für Unwägbarkeiten bei der technischen und terminlichen Abwicklung.

Die **Kraftwerksübergabe**, welche ursprünglich im November 1979 stattfinden sollte, war nunmehr für Juli 1987 vorgesehen. Dies bedeutete eine Bauzeitverzögerung von 7,5 Jahren. Die Fertigstellung der Anlage (vor Inbetriebnahme) war jetzt für November 1985 terminiert. Die Ursache der bisherigen Projektverzögerung lag nach Ansicht der Gutachter ausschließlich bei den nuklearen Anlagenteilen. Die Beherrschung des Bethe-Tait-Störfalls hatte allein beim Bauteil eine Verzögerung von etwa 2-3 Jahren, bei den Primär- und Sekundärsystemen weitere 3-4 Jahre verursacht.

8. WENDE UND AUFSCHWUNG (1982-85)

Nach vier Jahren der Stagnation kam es Ende 1982 zu mehreren bedeutsamen Ereignissen, die das Projekt SNR 300/KKW Kalkar aus seiner Lethargie herausführten. Am 22. September 1982 wurde die hochbedeutsame 5. Teilerrichtungsge-
nehmigung **TG 7/5** erteilt. Sie beinhaltete im wesentlichen die Primär- und Sekundärhauptsysteme, den Reaktortank mit Einbauten, das Reaktorschutzsystem, die Notstromdiesel und das Reventingsystem. Mit der TG 7/5 war auch eine

umfassende, rundum positive und bestandskräftige Bewertung des Bethe-Tait-Komplexes vorgelegt worden. Damit war die Errichtung des Kernkraftwerks Kalkar fast vollständig genehmigt. Kurz vorher waren eine noch ausstehende Ergänzung zur 4. TG, welche die lufttechnischen Systeme zum Inhalt hatte, sowie die ebenfalls bedeutsame Genehmigung zum neuen Stahlblechhüllenkonzept erteilt worden.

Die positive Entscheidung des Deutschen Bundestages am 03.12.1982 aufgrund der Empfehlungen der Enquête-Kommission wurde bereits erläutert. Sie stellte das Projekt auf eine sichere politische Basis, soweit es die Bundesebene betraf.

Von besonderer Wichtigkeit war der **Wechsel der Bundesregierung** in Bonn von einer sozialdemokratisch-liberalen zu einer christdemokratisch-liberalen Koalition im Oktober 1982, die sogenannte Wende. Die neue Bundesregierung hatte insbesondere die Finanzierungsprobleme des Projekts geerbt: die Errichtungskosten waren inzwischen auf 6.500 Mio DM hochgerechnet worden. Für eine Überbrückungsfinanzierung von 600 Mio DM bis zum vorgesehenen Wahltermin im April 1983 bestand eine unmittelbare Notwendigkeit. Daß dabei auf die früheren Initiatoren und Proponenten des SNR 300 nicht mehr gezählt werden konnte, beweisen einige Äußerungen des vormaligen SPD-Forschungsministers Dr. v. Bülow. Dieser erklärte noch im Juli 1982, als Forschungsminister, in einer Stellungnahme zum Haushaltsentwurf seines Ministeriums /157/:

"Den hohen Stellenwert der fortgeschrittenen Reaktorlinien [SNR 300 und THTR] habe die Bundesregierung durch die zusätzliche Einstellung eines Betrages von 120 Mio DM zum Ausdruck gebracht".

Wenige Monate darauf, als ex-Forschungsminister, in einem "Spiegel"-Interview:

"Unmittelbar nach der Wende habe ich öffentlich erklärt, daß beide Projekte [SNR 300 und THTR] im energiepolitischen Abseits gelandet sind. Am Ende eines gegen viele Widerstände ertrotzten Lernprozesses halte ich es für notwendig, beide Projekte trotz fortgeschrittener Baustadien einzumotten."

8.1 Die finanzielle Sanierung des Projekts

Der Nachfolger v. Bülow im BMFT, Dr. Heinz Riesenhuber, nahm sich sofort der beiden notleidenden Projekte THTR 300 und SNR 300 an und veranlaßte als erstes eine energiewirtschaftliche **Neubewertung**. Sie kam zu dem Ergebnis, daß der Brüter auch vor dem Hintergrund einer reduzierten Rolle der Kernenergie noch eine Bedeutung habe; wegen des fortgeschrittenen Bauzustandes seien zudem nur noch die Alternativen Projektabbruch oder Fortführung möglich. Im Hinblick auf das langfristige Potential des Brüters und die Unterstützung wichtiger Industriepartner habe sich die Bundesregierung deshalb damals für die Fortführung des Projekts entschieden /160/.

Bei der **Finanzierung** des Kernkraftwerks Kalkar waren vor der Wende von den 6.500 Mio DM Gesamtkosten lediglich 3.738,5 Mio DM gesichert und auch bereits zur Deckung bis dahin eingegangener Verpflichtungen eingesetzt. Die Summe der ungesicherten erwarteten Beiträge bzw. die Finanzierungslücke war mit Stand 30.09.82 auf 2.761,5 Mio DM aufgelaufen. Durch rasche und erfolgreiche Verhandlungen der neuen Regierung gelang es, diese Lücke zu schließen, vorzugsweise durch Erhöhung der Finanzierungsanteile der Wirtschaft. Der Anteil des BMFT an der Gesamtfinanzierung der SNR 300-Errichtungskosten konnte von 59,2 auf 48,5 % gesenkt werden. Die nachstehende Tabelle gibt den Finanzierungsstand für SNR 300 vor und nach der Wende wieder /161/:

	Stand 30.09.82:		Stand 21.04.83:	
	Mio DM	ca. %	Mio DM	ca. %
BMFT	2.215,-	59,2	3.162,5	48,5
Investitionszulage	572,-	15,3	572,-	9
Belgien	333,-	8,9	470,-	7
Niederlande	333,-	8,9	470,-	7
Betreiber SBK	265,5	7,1	265,5	4
Deutsche EVU	0	0	1.160,-	18
Hersteller INB	20,-	0,6	300,-	5
Darlehen	0	0	100,-	1,5
	3.738,5	100,0	6.500,-	100,0

Als neues Element zur Einhaltung des Kostenvolumens wurde mit dem Herstellerkonsortium eine stark progressive **Eigenbeteiligung** vereinbart, die zwischen 5 und 6,5 Mrd. DM zum Tragen kommen sollte. Darüber hinaus wurde ein unabhängiges Unternehmen (Fa. Lurgi) mit der Kosten- und Terminkontrolle als ständiger "Projektbegleiter" beauftragt. Regelmäßige Gespräche zum Projektfortschritt sollten unter Leitung des BMFT mit allen Vertragspartnern sowie den Genehmigungsbehörden und Gutachtern stattfinden.

Für den THTR, der eine ähnliche Kostensteigerung erfahren hatte, wurde eine vergleichbare ausgeglichene Gesamtfinanzierung vereinbart. Durch die Inanspruchnahme der Wirtschaft sollten die Aufwendungen des BMFT für die Finanzierung beider Reaktorlinien unterhalb 10 % des Jahresbudgets bleiben.

8.2 Die Fertigstellung des KKW Kalkar

Mit dem Eintreffen der atomrechtlichen Genehmigungen und der bundespolitischen und finanziellen Sicherstellung des Projekts verliefen die **Baustellentätigkeit**, die vorausgehende Planung sowie die Werkstättenfertigung in einem atemberaubenden Tempo.

Ein Beispiel hierfür ist die **Stahlblechhülle**, welche als druckfester und abdichtender Sicherheitsbehälter das Containment des Kernkraftwerks Kalkar umgibt. Sie war 1976 bereits zu einem Drittel fertiggestellt, als sich die Notwendigkeit zum Übergang auf ein neues Konzept mit zäherem Stahl und vor allem mit größerer zulässiger Relativbewegung herausstellte. Mitte 1982 wurde mit der Montage der völlig neu konzipierten Stahlblechhülle begonnen und nach etwa 2 1/2-jähriger Bauzeit konnten Ende 1984 die Druckprobe und die Leckratenprüfung erfolgreich zum Abschluß gebracht werden. Die Stahlblechhülle - Bauart gemäß deutschem Genehmigungsanspruch! - kostete fast soviel wie der Phénix- bzw. PFR-Brüter insgesamt /162/.

Seit 1976 hatte sich der **Reaktortank** bereits in Warteposition auf dem Kraftwerksgelände befunden. Er konnte mit dem Eintreffen der Genehmigung TEG 7/5 noch im Herbst 1982 an seinen endgültigen Platz in die Reaktorgrube verbracht werden, und bereits ein knappes Jahr später wurde der terminlich wichtige Eckpunkt "Fertigstellung der Reaktortankanschlüsse" signalisiert /163/.

Auch die Fertigung der Reaktorbauteile und Großkomponenten in den in- und ausländischen **Werkstätten** verlief sehr zügig. Beim Reaktorkern war Ende 1982 das erste Brennelement Mark Ia fertiggestellt. Im April 1985 war bei Belgo-nucléaire das letzte Mark Ia-Brennelement assembliert; bei RBU/ALKEM fehlten noch 16 Stück, da dort aufgrund einer Anordnung der hessischen Aufsichts- und Genehmigungsbehörde der Fertigungsbetrieb kurzzeitig eingestellt werden mußte, bis eine Weisung aus Bonn kam. Aber auch in Hanau waren die Brennstäbe inzwischen vollzählig gefertigt. Fertigungsprobleme, wie die Einhaltung der spezifizierten Dichte, der Stöchiometrie, der Verunreinigungen etc. bereiteten hin und wieder Probleme, konnten aber bei beiden Fertigungsstätten mit Hilfe eines umfangreichen F+E-Programms überwunden werden.

Die Natriumpumpen, Zwischenwärmetauscher und Dampferzeuger für den SNR 300 wurden von Neratoom und seinen Industriepartnern Royal Schelde und Stork Boilers in den Niederlanden gefertigt. Alle 33 **Großkomponenten** waren zwischen 1983 und 1985 auf dem Baugelände angelangt und wurden dort sogleich montiert. Während der Fertigung war es wegen ständig steigender Anforderungen im Genehmigungsverfahren zu häufigen Umplanungen mit daraus erwachsenden Kostensteigerungen gekommen. Besonders einflußreich waren die Störfallannahmen zum Bethe-Tait-Effekt sowie zu Erdbeben und Flugzeugabsturz; daneben waren die Regeln zur sog. Basissicherheit zu beachten, welche die Hersteller zu einem relativ späten Zeitpunkt der Fertigung erreichten. Trotz dieser Probleme zwischen 1976 und 1982 konnten die Komponenten schließlich rechtzeitig ausgeliefert werden /163/.

Die Vielzahl der angelieferten **Bauteile** führte in Kalkar zu einer noch nie dagewesenen Aktivität. Einige Zahlen mögen dies verdeutlichen: 70 km Rohrleitungen mit 30.000 Aufhängern, 21.000 Ventile, 1.100 Pumpen und Gebläse sowie 1.500 Behälter und Wärmetauscher waren zu montieren. Zusätzlich waren 5.000 km Kabel zu 8.700 Verbrauchern und 8.600 Meßkreisen zu legen. Durch die 300.000 **Dübel** kam es insbesondere im Reaktorgebäude zu beträchtlichen Problemen. Wegen des hohen Bewehrungsgrades des Betoncontainments war es in manchen Fällen nahezu unmöglich, Dübel zu setzen, ohne auf Stahlstäbe zu treffen. Durch die Aufstellung einer speziellen "Dübel-Kolonne", den Einsatz verbesserter Ortungsgeräte und verfeinerter statischer Nachweisführung gelang es, auch diese Schwierigkeit zu überwinden.

Die Zunahme der **Montagetätigkeit** in Kalkar spiegelt sich in der rapiden Erhöhung des Baustellenpersonals. Waren 1982 dort noch etwa 800 Mann tätig, so mußte man die Mannschaft bereits im nächsten Jahr auf 3.300 erhöhen, um den Montageanforderungen gerecht zu werden. An den Errichtungsarbeiten waren über 900 zumeist mittlere und kleinere Unternehmen aus der Bundesrepublik sowie Holland und Belgien beteiligt. Das Zusammenwirken der Planungsingenieure, der Hersteller, des Montagepersonals sowie der Aufsichts- und Genehmigungsbehörden verdient, als außerordentliche **Managementleistung** des projektverantwortlichen Interatom- und INB-Geschäftsführers **Dipl.-Ing. Wulf Bürkle** festgehalten zu werden, vor allem, weil es in dieser Zeitperiode auch noch gelang, voll im vorgegebenen Kosten- und Terminrahmen zu bleiben /164, 165/.

Mit dem Einbringen wesentlicher Komponenten in den Jahren 1982/83 und der Errichtung der umfangreichen Rohrleitungssysteme wurden Zug um Zug die Meilensteine des Terminplans abgearbeitet. Als Ende 1983 die erfolgreiche **Druckprobe** des Primärsystems mit einem Monat Terminvorlauf vorgenommen werden konnte und ein Jahr später jene für das Containment ebenfalls positiv verlief, konnte man den Gesamtterminplan des Projekts sogar um 7 Monate verkürzen - ein noch nie dagewesenes Ereignis beim Kernkraftwerk Kalkar. Leider ging dieser Terminvorlauf durch einige technische Rückschläge in der Folge wieder verloren, worüber im nächsten Abschnitt zu berichten ist.

Der Antransport der ersten Natriummengen leitete Mitte 1984 die Inbetriebnahme ein; die Gesamtmenge von ca. 1.100 Tonnen wurde ohne wesentliche Probleme in die Kühlmittelsysteme eingebracht. Mit dem Füllen des Reaktortanks und der Primärkreisläufe war Anfang Mai 1985 die Errichtung des Kernkraftwerks Kalkar formal, entsprechend der Lieferverträge, beendet /166, 167/.

Bei der anschließenden **vornuklearen Inbetriebnahme** wurden die Natriumkreisläufe im Hochtemperaturreinigungsbetrieb bei 400 °C von möglicherweise anhaftenden Verunreinigungen befreit. Weiterhin erfolgte in dieser Zeitperiode die Inertisierung der Primärkreislauf Räume mit Stickstoff. Das Laufverhalten der Natriumpumpen war ausgezeichnet; einige Probleme gab es mit der neuartigen Visco-seal-Abdichtung der Pumpenwellen.

Ausgesprochen kompliziert sind die Brennelementhandhabungseinrichtungen beim Schnellen Brüter, sollen sie doch die fernbediente und winkelorientierte

Handhabung von sechseckigen Kernelementen an vorprogrammierten Positionen ermöglichen. Doch auch diese Prüfungen, etwa 10 Wochen dauernd, liefen erfolgreich ab /168/.

Schließlich sei noch das Bewegungsverhalten der Rohrleitungen erwähnt. Zwischen den Festpunkten am Containment und den Aufhängern gibt es temperaturbedingt große Verschiebungen beim Übergang von Raum- auf Betriebstemperatur, was die Japaner bei der Inbetriebnahme ihres Prototyps MONJU leidvoll feststellen mußten. Die Vermessung der Verschiebungen beim SNR 300 ergab erfreulicherweise ein Optimum zwischen Spannungsbeitrag für die Rohrleitungen und den Belastungen für die Stützen.

8.2.1 Technische Rückschläge

Wie bei einer Prototypanlage der Größe des SNR 300 vorherzusehen, gab es im Verlaufe der Durchführung auch einige technische Rückschläge, die zwar keineswegs projektgefährdend waren, aber doch unter die Kategorie "**Erfahrungszuwachs durch Unvorhergesehenes**" eingruppiert werden müssen. Ein Teil von ihnen bewirkte, daß der zwischenzeitliche Terminvorlauf wieder egalisiert wurde. Im folgenden werden diese in ihrem technischen Gewicht durchaus unterschiedlichen Vorkommnisse in chronologischer Reihenfolge kurz dargestellt /169/.

1. Korrosion am Reaktortank

Der Reaktortank, gefertigt aus Edelstahl X6 CrNi 1811, war im Frühjahr 1976 zur Baustelle geliefert und dort mangels Einbaugenehmigung in einer speziellen Lagerhalle zwischengelagert worden. 1980 entdeckte man auf seiner Außenfläche interkristalline Korrosion, hervorgerufen durch Feuchtigkeit und korrosive Stäube. Die Schäden wurden durch Abfräsen der gesamten Oberfläche beseitigt. Die weitere Zwischenlagerung bis zum Einbau im Jahr 1982 erfolgte problemlos in gefilterter und getrockneter Luft /170/.

2. Natriumbrand

Im November 1984 entzündeten sich auf dem Dach des Reaktorgebäudes etwa 200 kg Natriumpartikel, die bei Inbetriebnahmeversuchen unbeabsichtigt über Druckentlastungsleitungen vom Keller eines Dampferzeugergebäudes nach oben gelangten. Das Inbetriebnahmepersonal und die Werksfeuerwehr

konnten den Brand rasch unter Kontrolle bringen. Durch eine technische Änderung im Bereich des Sekundärnatriumsystems wurde eine Wiederholung dieses Vorfalls ausgeschlossen /171/.

3. Natriumleckagen an Ablaßtanks

Im August 1985 wurden an den ferritischen Ablaß- und Leckauffangbehältern für Natrium Leckagen festgestellt. Eine Überprüfung ergab rißbehaftete Schweißnähte, durch welche Natrium hindurchsickerte. Korrosionsuntersuchungen zeigten eine erhöhte Empfindlichkeit des unter Spannung stehenden, nicht geglühten Schweißgutes gegenüber wasserstoffinduzierter Rißbildung; die Wasserstofffreisetzung bei der Natrium-Rost-Reaktion konnte nachgewiesen werden. Entscheidend war wohl die fehlende Wärmebehandlung nach der ursprünglichen Schweißung. Alle Behälter, unabhängig ob rißbehaftet oder nicht, wurden neu geschweißt und geglüht und standen teilweise bereits im Dezember des gleichen Jahres wieder zur Verfügung /172/.

4. Elektrotechnische Redundanztrennung

Im Herbst 1984 wurde von der Aufsichtsbehörde der Umfang der räumlichen Trennung von Anlageteilen samt dazugehörigen Kabelsträngen moniert, insbesondere im Hinblick auf die Brandabsicherung. Hierbei ist zu bemerken, daß das Kernkraftwerk Kalkar zur Beherrschung der Nachwärmeabfuhr 5-fach redundant ausgelegt ist und die Notwendigkeit der Fortsetzung dieser Redundanz über elektrische Kabel durchaus bezweifelt werden kann. Die Behörde setzte sich jedoch in der für Kalkar eigenen Vorgehensweise auch hier durch mit der Folge, daß der SNR 300 mit einem so umfassenden Brandschutz versehen ist wie kein anderes Brüterkraftwerk der Welt /166/.

5. Abriß einer Schwingungsmeßblanze

Im Januar 1986 wurde bei Handhabungsvorgängen eine Schwingungsmeßblanze abgerissen, die für Prüfungen des Gasblasenabscheiders in die Zentralposition des Reaktortanks eingesetzt worden war. Die anschließende Bergung des Lanzenteiles sowie einiger loser Stücke war ein schwieriges Unternehmen, das jedoch in 2 Monaten bewerkstelligt wurde. Mit Hilfe eigens gefertigter Werkzeuge zum Beleuchten, Sichten und Manipulieren in 12 m Distanz konnte die Arbeit in dieser kurzen Zeit erfolgreich bewäl-

tigt werden. Außerdem hatte sich wieder einmal bestätigt, daß geschultes und erfahrenes Personal einen entscheidenden Faktor im Umgang mit Natriumanlagen darstellt /173/.

6. Trocknung Deckelgranulat

Im April 1986 wurden Schwergängigkeiten an den Zentrierrohrverschiebungen der Stellstäbe festgestellt, die auf Beläge zurückgeführt werden konnten. Als Ursache stellte sich Restfeuchte in den Basaltgranulatkästen zur Abschirmung des Reaktordeckels heraus, die bei Temperaturerhöhung (z.B. Natriumeinfüllen) freigesetzt wurde und über Öffnungen in den Schutzgasraum des Reaktortanks eindringen konnte. In der Folge wurde deshalb ein Entfeuchtungssystem installiert, das über mehrere Kampagnen durch Steigerung der Basalttemperatur und Frischargonspülung die Feuchtigkeit außerhalb des Reaktortanks transportierte. Schließlich wurde nachgewiesen, daß der Wasserstoffgehalt im Schutzgas bei Leistungsbetrieb unterhalb 10 vpm, einem unbedenklichen Wert, gehalten werden kann /174/.

8.2.2 Der Reaktorkern Mark Ia

Vom 4.-6. Dezember 1984 wurde in Wesel ein öffentlicher Erörterungstermin zum atomrechtlichen Genehmigungsverfahren für den sog. **Mark Ia-Kern** des Kernkraftwerks Kalkar durchgeführt. Da immer wieder Verwechslungen zwischen den beiden Kernversionen Mark I und Mark Ia vorkommen, seien Anlaß und Ablauf dieser Entscheidung zur Kernkonfiguration kurz dargestellt.

Im Jahr 1972 diente als Basis für die 1. Teilerrichtungsgenehmigung des Kernkraftwerks Kalkar die Kernversion Mark I. Eine Reihe von Parametern wie die Geometrie der Spaltzone sowie der radialen und axialen Brutzone sollte später im Rahmen der Detailplanung endgültig festgelegt werden.

In der Folgezeit hatten Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit des Kraftwerksbetriebs ergeben, daß die Betriebskosten deutlich gesenkt werden könnten, wenn bei diesem Prototypkraftwerk SNR 300 zunächst auf die Zielsetzung "Brüten" verzichtet wird. Dies wurde der Genehmigungsbehörde im März 1973 mitgeteilt.

Der neue Kern, Mark Ia genannt, war in der Spaltzone um eine Brennelementreihe vergrößert, im radialen Brutmantel hingegen von 5 auf 2 Reihen reduziert. Der Kern Mark Ia hatte im Gegensatz zum Mark I-Kern eine etwas höhere thermische Leistung von 762 MWth. Allen Rechnungen lag in der Folge die Kernversion Mark Ia zugrunde; dies gilt auch für die umfangreichen Bethe-Tait-Rechnungen und die Risikoanalysen im Rahmen der Enquête-Kommission.

Der nuklearen Auslegung des Kerns Mark I lag die Verwendung von Plutonium aus der Wiederaufarbeitung gasgekühlter, graphitmoderierter Reaktoren (Typ MAGNOX) zugrunde, das eine typische isotopische Zusammensetzung besitzt und mit MAGNOX-Plutonium bezeichnet wird. In der Folge konnten jedoch für den Erstkern Mark Ia nur 34 % des insgesamt notwendigen Plutoniums aus MAGNOX-Beständen gesichert werden. Die fehlende Menge wurde durch Zukauf von Plutonium aus Leichtwasserreaktoren gedeckt, das eine andere isotopische Zusammensetzung hat. Dieser Übergang zu einer anderen Zusammensetzung des Brennstoffs wäre natürlich auch für den ursprünglichen Reaktorkern Mark I erforderlich geworden.

1983 wurde der Kern Mark I formal aus dem Genehmigungsverfahren zurückgezogen und durch den Erstkern Mark Ia ersetzt. Die Genehmigungsbehörde nahm diese Kernänderung, und vor allem die Änderung des Plutoniumvektors, zum Anlaß, einen öffentlichen **Erörterungstermin** für die Einwender zu fordern, der, wie erwähnt, 1984 in Wesel stattfand. Er brachte trotz seiner über 3 Tage gehenden Diskussionen auch der Behörde keine grundsätzlich neuen Gesichtspunkte /175/.

Zwei **Einwendungen** hat die Behörde später, im Gefolge der Kernenergie-Ausstiegsgesetzesdiskussion, bei der Teilgenehmigung TG 7/4 (3) trotzdem herausgestellt:

1. Dem Antragsteller wurde mangelnde "wirtschaftliche" Zuverlässigkeit vorgeworfen, da er den Reaktorkern bereits vor seiner atomrechtlichen Genehmigung bestellt und gefertigt habe. Hierdurch sei mit öffentlichen Mitteln fahrlässig umgegangen worden.

Der Vertreter des BMFT, welcher als Zuwendungsgeber den Umgang der SBK mit öffentlichen Mitteln zu genehmigen hat, entgegnete, daß dieses Vorgehen bekannt gewesen sei und seine Billigung gefunden habe. Im übrigen werde dies bei der Errichtung von Kernkraftwerken aus Terminmanagementgründen allgemein praktiziert.

2. An der Beherrschbarkeit einer überprompt kritischen Leistungsexkursion (Bethe-Tait-Störfall) wurden Zweifel geäußert, nachdem die der kritischen Kernenergieszene zuzuordnenden Autoren Donderer und Tränkle 1984 unter Benutzung des amerikanischen SIMMER-Code wesentlich höhere Energiefreisetzungen errechneten als der Teilgenehmigung 7/5 zugrundegelegt worden waren. Diesen Rechnungen standen ausführliche Analysen von W. Maschek, KfK, und Co-Autoren gegenüber, wonach die oben genannten Rechnungen auf numerischen Instabilitäten beruhen, hervorgerufen durch Fehler und Inkonsistenzen bei der Modellierung und der Phänomenologie.

Die Arbeiten von Donderer erschienen übrigens nie als Veröffentlichungen und wurden auch nicht bei kerntechnischen Konferenzen eingereicht. Eine öffentliche Diskussion unter Fachkollegen war somit nicht möglich. Das gleiche gilt für die Horrorszenarien des Amerikaners Webb. Was die Genehmigungsbehörde in Düsseldorf veranlaßte, über Jahre auf diese Personen zurückzugreifen und sie sogar mit Aufträgen zu versorgen, war vom wissenschaftlichen Standpunkt schwer einzusehen /176, 177/.

Im Anschluß an die Anhörung erstellte das Kernforschungszentrum Karlsruhe im Auftrag des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Soziales (Düsseldorf) ein **Gutachten** zur neutronenphysikalischen Auslegung des Mark Ia-Kerns. Es kam anhand von Vergleichsrechnungen, vorzugsweise des KfK-Instituts INR, zu der Bewertung, daß Rechenmethoden und Resultate des Herstellers nicht zu beanstanden waren /178/.

9. NIEDERGANG UND ENDE (1985-91)

9.1 Politische Wolken ziehen auf

Die politische Wende im Herbst 1982 sowie die im Frühjahr 1983 verlorene Bundestagswahl veranlaßte die SPD als größte Oppositionspartei, ihr Programm neu zu definieren und neue Konfliktfelder mit den regierenden Koalitionsparteien CDU/CSU und FDP zu suchen. Hierzu bot sich die Kernenergie und insbesondere der Schnelle Brüter an.

Die ersten Schritte in dieser Richtung wurden auf dem Bundesparteitag 1984 in Essen getan. Er beschloß die **Kohle-Vorrang-Politik**, den Ausstieg aus der

Brennelement-Wiederaufarbeitung sowie den Zubaustopp für weitere Kernkraftwerke. Der Brüter war noch nicht explizit erwähnt.

Vor der Landtagswahl in Nordrhein-Westfalen schrieb der Ministerpräsident und Kandidat für die Wiederwahl, Johannes Rau, einen Brief an den Bundeskanzler Kohl, in dem er die Neubewertung der Brütertechnologie forderte. Bonn lehnte ab und verwies auf das Grundsatzpapier vom Frühjahr 1983.

Die **Landtagswahl** im Mai 1985 erbrachte wieder die absolute Mehrheit für die SPD und führte zu einer verschärften Gangart in der Brüterdebatte. Prof. Farthmann, nunmehr Fraktionschef der SPD und als früherer Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales (MAGS) für die Erteilung von etwa einem Dutzend Teilgenehmigungen des SNR 300 verantwortlich, drehte sich nun in seiner Argumentation um 180 Grad. Er sprach sich dezidiert gegen die Inbetriebnahme des Kernkraftwerks Kalkar aus ("Dieses Höllenfeuer nicht entfachen" /179/) und gab den interessanten Hinweis,

"daß man notfalls prozessieren werde, bis der sanfte Tod des Brüters eintrete" /180/.

Man erinnert sich, daß sein sozialdemokratischer Parteikollege v. Bülow als Forschungsminister noch 1982 erklärt hatte:

"Kalkar wird keine Ruine sozialdemokratischer Forschungspolitik" /181/.

Prof. Jochimsen hatte in der neuen Regierung das Wirtschaftsministerium (von Riemer), die Atomaufsicht des MAGS (von Farthmann) übernommen und war als Leiter des neuen Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie (MWMT) nunmehr alleinig zuständig für das Genehmigungsverfahren des Kernkraftwerks Kalkar. Auch er war kein Freund der Kernenergie. Bei einer Anhörung vor dem **Wirtschaftsausschuß** des NRW-Landtags im Oktober 1985 deutete er an, daß die bisherige Politik der sofortigen Vollziehbarkeit der Teilgenehmigungen in Zukunft aufgehoben werden könnte. Der Grund sei die erhöhte Risikosituation etwaiger Kläger in Bezug auf das Gefährdungspotential der Anlage.

Von einem der geladenen Experten, dem Frankfurter Juristen Prof. Steinberg, erhielt Jochimsen jedoch Widerspruch. Steinberg beschrieb das **Versagensrisiko** bei weiteren Genehmigungen als sehr eingeschränkt, denn "die früheren 17 Teilerrichtungsgenehmigungen entfalten rechtliche Verbindlichkeit". Weiterhin bezeichnete Steinberg den Spielraum des Landes als limitiert durch die Weisungsbefugnis des Bundes im Rahmen der Bundesauftragsverwaltung. Diese juristischen Argumente spielten im späteren Verlauf des Genehmigungsverfahrens für das Kernkraftwerk Kalkar noch eine große Rolle /182, 183/.

Eineinhalb Jahre später faßte der **Energiebeirat** des SPD-Bundesvorstands unter seinem Vorsitzenden Jochimsen am 28.4.1986 - kurz nach dem Unfall in Tschernobyl, jedoch noch ohne Kenntnis darüber - den Beschluß zur Novellierung des Atomgesetzes. Demnach sollten die Förderung der Kernenergie gestrichen und die Haftungsgrenze drastisch erhöht werden, sowie Wiederaufarbeitung und Nutzung des Plutoniums untersagt werden. Für den Brüter bedeutete dies konkret: "selbst wenn es dem Betreiber wider Erwarten gelingen sollte, die technischen Probleme noch in den Griff zu kriegen, wird dieser Reaktortyp gesetzlich gestoppt" /184/.

Der Unfall am vierten Block des Kernkraftwerks in **Tschernobyl** veränderte die Situation dramatisch: zum ersten Mal wurde der Bevölkerung - nicht mehr anhand von theoretischen Risikoanalysen, sondern in der Realität - vorgeführt, daß großflächige Kontaminationen mit erzwungener Evakuierung der Bevölkerung bei grob fehlerhaftem Umgang mit der Kernenergie möglich sind. Der Brüter geriet nun unter stärksten Beschuß, vor allem weil seine Gegner eine technische Verwandtschaft vom Kernkraftwerk Kalkar und dem Tschernobyl-Block vom Typ RBMK 1000 suggerierten, etwa durch Verweise auf die brennbaren Medien Natrium und Graphit.

Es erschien nur logisch im Sinne der damaligen Argumentation der SPD, daß die größte Oppositionspartei auf ihrem **Parteitag** am 27.8.1986 in Nürnberg auf Vorschlag einer Vorbereitungscommission unter Hauff und Jochimsen beschloß, innerhalb von zehn Jahren aus der Kernenergie auszusteigen. Der hessische Ministerpräsident Börner war einer der wenigen, die sich mit dem Bekenntnis "Ich war und bin Befürworter der Kernenergie" /185/ diesem Trend, wenn auch vergeblich, entgegenzustellen wagten.

Die politische Verunsicherung um den Brüter erreichte schließlich auch den Koalitionspartner FDP. Im März 1987, nach der (gewonnenen) Bundestagswahl, verlangte die FDP im Rahmen der Regierungsverhandlungen die Feststellung des forschungspolitischen Nutzens des SNR 300. Mit der Begutachtung wurde die schweizerische Firma **Motor Columbus** betraut, die ihre Empfehlungen ein halbes Jahr später vorlegte /186, 187/:

1. Aus forschungspolitischer Sicht ist der SNR 300 zügig in Betrieb zu nehmen, weil der eigentliche F+E-Nutzen erst aus dem bestimmungsgemäßen Betrieb gezogen werden kann.
2. Der SNR 300 sollte längerfristig betrieben werden, um alle Systeme und Komponenten auf Dauerfestigkeit überprüfen zu können.
3. Das F+E-Programm sollte im Hinblick auf die Verbrennung langlebiger Nuklide erweitert werden.

Das Gutachten von Motor Columbus hatte damit die Hauptargumente der Bundesregierung in ihrem Energiebericht vom September 1986 bestätigt /188/.

Ein **Ärgernis** war in diesem Zusammenhang der Brief des Badenwerk-Vorstandes, Prof. Guck, an den Ministerpräsidenten von Baden-Württemberg, Lothar Späth, vom 11.8.88. Darin lehnte Guck nicht nur eine Kostenbeteiligung seines EVU an der Finanzierung der Wartephase für den SNR 300 ab, sondern bestritt auch ganz dezidiert den forschungspolitischen Nutzen dieses Projekts /189/.

Es wäre dem Firmenchef unbenommen gewesen, eine beliebige Meinung zum SNR 300 abzugeben, aber Herr Guck war gleichzeitig seit vielen Jahren Präsident des Deutschen Atomforums. In dieser Eigenschaft hatte er die Teilnehmer der jährlichen Kerntechnik-Vortragsveranstaltungen immer wieder von der Notwendigkeit des Kernkraftwerks Kalkar zu überzeugen gewußt. Viele Techniker, insbesondere von der Kerntechnischen Gesellschaft KTG fühlten sich durch diese brieflichen Äußerungen ihres Funktionärs Guck hintergangen, und es ist sicher kein Zufall, daß die Beteiligung an den Vortragsveranstaltungen nach diesem Zeitpunkt deutlich zurückging.

Viele dunkle parteipolitische Wolken waren in den Jahren 1984-87 über das Projekt hereingezogen. Einen Lichtblick, indes, gab es auf dem juristischen Feld: Mit dem **Urteil** des Verwaltungsgerichts Düsseldorf vom April 1984 wurden die Klagen des Bauern Josef Maas aus Kalkar-HönnepeI gegen alle Genehmigungs-

bescheide bis zum Jahr 1982 in erster Instanz zurückgewiesen. Im Mittelpunkt der mündlichen Verhandlung standen die Fragen zum möglichen Verlauf des angenommenen Exkursionsstörfalls sowie der daraus erwachsenden mechanischen Energiefreisetzung. Die geladenen Sachverständigen (W. Maschek, KfK, und A. Scharfe, GRS) überzeugten das Gericht mit schlüssigen Aussagen. In der Urteilsbegründung ist somit zu lesen:

"Mehr zu verlangen in dem Sinne, daß eine durchgängige mechanistische Beschreibungsweise vorliegen müsse, die an keiner Stelle mehr auf probabilistische, mit Schätzunsicherheiten behaftete Annahmen angewiesen ist, hiesse die Grenzen menschlichen Erkenntnisvermögens verkennen und ist daher auch von Rechts wegen nicht zu fordern" /190/.

9.2 Genehmigungsverweigerung via Pressekonferenz

Die schwieriger werdende **politische Situation** hatte ab etwa 1984 deutlich negative Auswirkungen auf die Erteilung der restlichen atomrechtlichen Teilgenehmigungen (TG). Entsprechend dem zügigen Bauablauf in Kalkar erwartete man:

1. Mitte 1983 : die Teilgenehmigung TG 7/4(2) für ergänzende Errichtungsmaßnahmen geringen Umfangs,
2. Anfang 1985: die Teilgenehmigung TG 7/6 zur Einlagerung der Kernelemente und
3. Mitte 1986 : die Teilgenehmigung TG 7/7 für die nukleare Inbetriebnahme und den Dauerbetrieb.

Bereits die Bearbeitung der relativ unwichtigen TG 7/4(2) erwies sich als langwierig, so daß aus praktischen Gründen eine Aufteilung in die zwei Bescheide 7/4(2) und 7/4(3) vorgenommen werden mußte. TG 7/4(2) wurde schließlich im Juni 1984 ausgegeben; die Bemühungen um den zweiten Teil gerieten in die Zeit der Landtagswahl in Nordrhein-Westfalen, während derer die Handlungsfähigkeit der Behörde deutlich eingeschränkt erschien /191/.

Im Oktober 1985 wurde dann auch der Bescheid 7/4(3) endlich erteilt, allerdings mit einer 7-seitigen sehr politisch anmutenden Begründung zum **Sofortvollzug** und dem vorläufig **positiven Gesamturteil**. Damit deutete sich bereits

ein stärkerer politischer Einfluß auf den Ablauf künftiger Genehmigungsverfahren an. Aus Gründen, die nachfolgend dargestellt sind, ist der Bescheid TG 7/4(3) die letzte erteilte Genehmigung beim Kernkraftwerk Kalkar geblieben.

Die Teilgenehmigung **TG 7/6** zur Einlagerung der Kernelemente war im Juni 1983 beantragt worden; das positive Gutachten lag im Frühjahr 1984 vor, so daß mit einem Bescheid im Herbst diesen Jahres gerechnet werden konnte. Dieser Fahrplan verzögerte sich jedoch wegen des bereits beschriebenen Öffentlichkeitsverfahrens in Wesel und - eine Novität -, weil der Behörde eine parallele Bearbeitung mit TG 7/4(3) angeblich nicht möglich war. Bei den Ende 1985 wieder aufgenommenen Beratungen wurde immer deutlicher, daß der MWMT diesen Genehmigungsschritt als Betriebsgenehmigung einstufte und entsprechend erweiterte Voraussetzungen, u.a. zum Brandschutz und zu Natriumleckagen, forderte.

Mitte 1986 erklärte der für das Verfahren zuständige Minister Jochimsen vor der Unterrichtung des Antragstellers in einer **Pressekonferenz** überraschend, daß das für jede Genehmigung erforderliche vorläufige positive Gesamturteil beim Kernkraftwerk Kalkar nicht mehr abgegeben werden könne. Neun Monate vorher war das noch möglich gewesen. Zur Begründung gab er u.a. an, daß

1. Ähnlichkeiten zwischen dem Tschernobyl-Reaktor und dem SNR 300 bestünden,
2. frühere Bethe-Tait-Analysen nicht belastbar seien, und
3. technische Vorkommnisse während der vornuklearen Inbetriebnahme den Qualitätszustand der Anlage in Frage stellten /192/.

In der Folge gelang es den Antragstellern nicht, mit der Behörde über diese Punkte zu einer sachlichen Aussprache zu kommen. Stattdessen veranstaltete der genannte Minister im April 1987 wiederum eine **Pressekonferenz** und teilte der Öffentlichkeit mit, daß er beabsichtige, die Teilgenehmigung TG 7/6 sogar abzulehnen /193/. Im wesentlichen brachte er hierzu die gleichen Argumente wie oben vor; darüber hinaus wurde der betriebsmäßige Endstand der Sabotageschutzeinrichtungen bereits vor der Einlagerung der Brennelemente verlangt. Administrative Zwischenlösungen wie intensivierete Überwachung - sonst bei allen Kernkraftwerken während der Revision üblich - waren nicht zugelassen. Das formale Schreiben des MWMT kam, wie im erstgenannten Fall, einige Tage

nach der Pressekonferenz, als die Medienberichte längst abgeklungen waren und der Antragsteller SBK für seine Kommentare keine Chance mehr für eine vergleichbare Publizität hatte /194, 195/.

In der Folge nahm die SBK, im Einvernehmen mit BMFT und BMU, die **Einlagerung der Brennelemente** aus dem Antragsvolumen für Bescheid 7/6 heraus und ordnete sie in die Betriebsgenehmigung TG 7/7 ein, in der Hoffnung, damit das Verfahren wieder in Gang zu bringen. Die reduzierte Teilgenehmigung TG 7/6 war nun eine bloße Errichtungsgenehmigung; ihr Volumen lag bei 1-2 % der Gesamterrichtung.

Trotzdem kam die behördliche Sachprüfung nicht voran. Von der Antragstellung (1983) bis zum Projektabbruch (1991) hatte sie fast 8 Jahre beansprucht; damit dauerte sie länger als die Begutachtung der gesamten Verfahrenstechnik des SNR 300 einschließlich der entscheidenden sicherheitstechnischen Problemstellungen, die vor 1982 in sechs Jahren abgehandelt worden waren. Letztlich bildete die schleppende Behandlung der Teilgenehmigung TG 7/6 zusammen mit dem Komplex Bethe-Tait die Ursache für die im April 1988 ergangene Weisung des Bundesumweltministers, gegen die das Land seinerseits Klage beim Bundesverfassungsgericht erhob.

Der Vollständigkeit halber sei noch die Betriebsgenehmigung **TG 7/7** erwähnt, die natürlich ebenfalls nie erteilt wurde. Sie war im April 1984 beantragt worden, das Gutachten lag im Frühjahr 1986 vor, einschließlich einer positiven Gesamtbeurteilung.

Eine wesentliche Ursache für die Länge der Begutachtung nach der politischen Wende im Land NRW bildete das nunmehr praktizierte ineffektive Auftragsverfahren der Behörde. Die **Beauftragungsprozedur** zog sich häufig über viele Monate hin, bevor der Gutachter seine Tätigkeit aufnehmen durfte. Nach Fertigstellung des Gutachtens gab es eine ebenso schwerfällige Abnahmeprozedur, Lesung genannt, die sich über mehrere Monate oder gar Jahre erstrecken konnte, da das MWMT oft eine ganze Reihe sogenannter Nachbesserungen forderte.

Auch der von der Behörde veranlaßte Wechsel von erfahrenen Gutachtern zu relativen Neulingen brachte große Verzögerungen. Beispielhaft sei die Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) genannt, welche über viele Jahre die Begut-

achtung der schwierigen Sachmaterie Bethe-Tait-Störfall vorgenommen hatte. Als die GRS im Herbst 1986, also nach der politischen Trendwende in Nordrhein-Westfalen, beim Betriebsgutachten für den SNR 300 zu einer eindeutig positiven Bewertung für diesen Störfall kam, wurde die weitere Begutachtung an die Elektrowatt-Ingenieurunternehmung Zürich/Mannheim (EWI) gegeben, welche zu diesem Zeitpunkt kaum eine nennenswerte Expertise auf dem Auftragsgebiet besaß. Der neue Gutachter benötigte fast ein Jahr, um sich in die für ihn neue und komplexe Materie einzuarbeiten. Weitere Gutachter entstammten einer Anti-AKW-Gruppe aus dem Umfeld der Bremer Universität und waren in ihrer wissenschaftlichen Qualifikation und Seriosität anzuzweifeln, ganz abgesehen von der überflüssigen und kostentreibenden Doppelbegutachtung, veranlaßt durch die Genehmigungsbehörde.

9.2.1 Stellungnahmen von TÜV und RSK

Die negativen öffentlichen Äußerungen des Ministers Jochimsen zur technischen Sicherheit des SNR 300 hatten auch die CDU als Oppositionspartei im Landtag von Nordrhein-Westfalen aufmerksam gemacht. Sie verlangte durch ihren Vorsitzenden Worms eine Unterrichtung vom Hauptgutachter, dem Technischen Überwachungs-Verein Rheinland e.V. Der Vorsitzende der Geschäftsführung dieses TÜV, **Prof. Kuhlmann**, kam dieser Aufforderung im August 1986 in einem 6-seitigen persönlichen Schreiben nach. Darin wurde zu den 5 Hauptstreitpunkten Bethe-Tait-Störfall, wiederkehrende Prüfungen, Qualitätssicherungssystem, Tschernobyl-Unfall und Entsorgung in klarer Weise Stellung bezogen /196/.

Beim Bethe-Tait-Störfall wurde vermerkt, daß der Hersteller eine Reihe zusätzlicher technischer Maßnahmen getroffen hat, obwohl dieser Störfall wegen seiner geringen Wahrscheinlichkeit nicht die Auslegungsbasis berührt. Den Vergleich des SNR 300 mit dem havarierten Tschernobyl-Reaktor findet der Autor des Briefes "oberflächlich" wegen der durchaus verschiedenen physikalischen Wirkungsweise und des technischen Standes beider Reaktoren. Zusammenfassend kommt Kuhlmann zu der Bewertung,

"daß sicherheitstechnische Gründe der Inbetriebnahme des SNR 300 nicht entgegenstehen. ... Nach meiner Auffassung geht es nun nicht mehr um technische Fragen, sondern um eine politische Entscheidung."

Auch die **Reaktorsicherheitskommission (RSK)** befaßte sich auftragsgemäß im April 1987 mit einem Vergleich des Tschernobyl-Reaktors RBMK 1000 mit dem SNR 300. Sie stellt wesentliche Unterschiede beider Reaktoren in nahezu allen Auslegungsbereichen fest. Dies gilt insbesondere für das Reaktivitätsverhalten: gute Regelbarkeit charakterisiert den SNR 300, hingegen instabiles Verhalten und komplexe räumliche Abhängigkeiten den RBMK 1000. Bei allen wesentlichen Sicherheitsmaßnahmen wie Redundanz, Diversität, Automatisierungsgrad sowie Sicherheitsreserven sind die Schutz- und Schnellabschaltsysteme des SNR 300 entschieden höherwertig. Beim **RBMK 1000** gab es keine schadenseinbegrenzenden Maßnahmen bei Exkursionsstörfällen, wohingegen beim SNR 300 Primärsystem und Containment eine hohe Schutzfunktion besitzen. Schließlich wurden beim Tschernobyl-Unfall die Unfallfolgen durch den exothermen chemischen Prozeß des Graphitbrandes gesteigert, während beim Kernkraftwerk Kalkar die Inertisierung des Containment und die Stahlblechhauskleidung größere Brände sicher verhindern würden. Abschließend stellte die RSK fest, daß ein Unfall, bei dem sämtliche Barrieren zerstört werden, wie in Tschernobyl, beim SNR 300 auszuschließen ist /197, 198/.

Zum **Bethe-Tait-Störfall** veranstaltete die RSK am 30. September/1. Oktober 1987 eine Sondersitzung unter Einbeziehung nationaler Gutachter sowie internationaler Experten aus Frankreich, Großbritannien, Japan und USA. Das Treffen wurde anberaumt, weil trotz der positiven RSK-Stellungnahme zur Inbetriebnahme des SNR 300 vom Februar 1986 aus der Sicht der Genehmigungsbehörde weitere Fragen zur Einleitungsphase und zu Rekritikalitäten offengeblieben waren. Die **internationalen** Fachleute stimmten überein, daß Bethe-Tait-Störfälle wie beim SNR 300 in ihren Ländern dem Restrisiko zugerechnet werden. Sie bestätigten ebenfalls die experimentelle Verifikation des zur Behandlung der Einleitungsphase verwendeten Rechnerprogramms SAS 3D. Bezüglich des Rekritikalitätsunfalls stellten die RSK-Gutachter fest, daß dessen mechanisches Arbeitspotential weit unterhalb des Auslegungswertes von 370 MWs bleibt. Zur Verwendung des **SIMMER-Code** vertraten die Teilnehmer die Auffassung, daß dieses Rechenprogramm beim derzeitigen Entwicklungsstand noch kein geeignetes Recheninstrumentarium im atomrechtlichen Genehmigungsprozeß darstellt. Das internationale Experten-Hearing bestätigte demnach frühere Aussagen der RSK zu diesem Themenkreis /199, 200, 201/.

9.3 Stagnation auf der Baustelle

Die Errichtung des Kernkraftwerks Kalkar war im Mai 1985 im Sinne der vertraglichen Definition durch das Füllen des Primärsystems mit Natrium abgeschlossen. Bis Mitte 1986 waren die Funktionsprüfungen der Einzelsysteme (F1-Phase) sowie die systemübergreifenden Funktionsprüfungen (F2-Phase) weitgehend abgeschlossen. Der Anlagenzustand - Errichtungsarbeiten und Inbetriebsetzung - hatte einen Vollständigkeitsgrad von 95 % erreicht /202/.

Wesentliche, nicht geplante Zusatzarbeiten, die während der vornuklearen Inbetriebsetzung erkannt wurden, waren bis Ende 1986 ebenfalls zum größten Teil abgeschlossen. Genannt seien in diesem Zusammenhang die bereits erwähnten **Vorkommnisse:**

- Bergung der abgebrochenen Schwingungsmeßlanze,
- Sanierung der Natrium-Ablabbehälter,
- redundante Verkabelung und Brandschutzmaßnahmen,
- Entfernung der Granulatfeuchte.

Sie hatten den ursprünglich geplanten zügigen Personalabbau empfindlich beeinflußt /203/.

Als im Frühjahr 1986 erkennbar wurde, daß die Mitte 1983 beantragte Teilgenehmigung TG 7/6 zur Anlieferung und Einlagerung der Brennelemente nicht kurzfristig zu erreichen war, entschlossen sich Bauherr SBK und Generalunternehmer INB zu einschneidenden Maßnahmen, um die **Projektkosten** zu reduzieren. Da die Verzögerungen bei der Genehmigungserteilung erkennbar nicht technisch begründet waren, stellte der BMFT für die sog. "Verzögerungsphase" im Zeitraum Mitte 1986 bis Frühjahr 1987 eine Überbrückungsfinanzierung in Höhe von 84 Mio DM bereit, in der die Inanspruchnahme des Projektbudgets ausgesetzt wurde.

Aber auch nach Ablauf dieser Frist hatte sich die Genehmigungssituation nicht positiv verändert; die Erteilung der TG 7/6 war weiterhin nicht absehbar. Die Projektbeteiligten beschlossen nun, die laufenden Projektkosten drastisch zu reduzieren. Im Rahmen einer "Minimalmodellphase" wurde an der Anlage ein **Betriebspool** unter Leitung und Verantwortung der INB gebildet, in den Mitarbeiter der Betriebsgruppe der SBK und des Inbetriebnahmeteams der INB ein-

gebracht worden waren. Die sonst übliche Aufgabenabgrenzung zwischen Bauherr und Generalunternehmen war also in diesem Teilbereich aufgelöst. Das Ziel dieser Maßnahme war die Reduktion des Personals auf der Baustelle und damit der Betriebskosten. Der Betriebspool hatte als wesentliche Aufgabe die Hauptwärmeübertragungssysteme im Umwälzbetrieb zu fahren, die nahezu 80 % der Gesamtanlage ausmachen. Das Ablassen oder gar Einfrieren des Natriums konnte nicht riskiert werden, da der dann eintretende Systemzustand wegen Korrosion und Schockbeanspruchungen technisch nicht mehr hinreichend zu kontrollieren gewesen wäre.

Ab Anfang 1988 wurde eine "**Wartephase**" (1988) und ab 1989 eine "**verlängerte Wartephase**" bis Ende 1991 definiert, an deren Finanzierung sich das BMFT, verschiedene deutsche EVU und Siemens zu je einem Drittel beteiligten. Die erforderlichen Mittel beliefen sich auf 105 Mio DM pro Jahr. Die finanzielle Beteiligung der EVU (RWE, Bayernwerk, PreußenElektra) und der Siemens AG geschah in der Erwartung, daß es in einem überschaubaren Zeitraum wieder möglich sein würde, in zielführende sachliche Diskussionen mit der Genehmigungsbehörde einzutreten und die aufgeworfenen Fragen ohne sachfremden Druck lösen zu können /204, 205/.

9.3.1 Vorkommnisse in Kalkar und an Fremdanlagen

Gemessen an der komplexen Struktur der Prototypanlage SNR 300 und dem vergleichsweise geringen Erfahrungshintergrund traten in der vornuklearen Inbetriebsetzungsphase während des Anlagenbetriebs zwischen 1985 und 1991 nur wenige gravierende Störungen auf. Als Folge des aufgetretenen Natriumbrands auf dem Dach des Reaktorgebäudes im November 1984 und der darauffolgenden Kritik im öffentlichen und politischen Raum wurden mit der Aufsichtsbehörde spezielle Meldekriterien und Verfahrensprozeduren vereinbart. Neben bedeutenden Ereignissen wie dem Abriß der Schwingungsmeßlanze wurden nun auch der Brand eines Müllcontainers oder die Beschädigung des Außenzauns durch eine Protestaktion von Kernkraftgegnern der Behörde bekanntgemacht.

Bedeutsamer aber waren besondere **Vorkommnisse an Fremdanlagen**, welche von der GRS gesammelt und weitergeleitet wurden und von INB und TÜV auf ihre Relevanz für das Kernkraftwerk Kalkar zu analysieren waren /203/.

So war es im August 1986 im Solarversuchskraftwerk Almeria (Spanien) während einer unsachgemäß durchgeführten Reparatur am Natriumsystem zu einem Natriumbrand gekommen, der praktisch die Zerstörung der Anlage zur Folge hatte. Der wesentliche Grund lag darin, daß das Natrium beim Austritt aus dem System intensiv verspritzte und dadurch eine relativ große Oberfläche bildete. Die Reaktion mit Sauerstoff führte zu sehr hohen Temperaturen (über 1000 °C), welche die Stahlstrukturen der Umgebung zum Schmelzen brachten.

Übertragen auf das Kernkraftwerk Kalkar waren ganz andere Phänomene zu erwarten. Umfangreiche Analysen ergaben, daß ein vergleichbarer Störfall sowohl hinsichtlich seiner Entstehung als auch seines Ablaufs beim Kernkraftwerk Kalkar völlig unterschiedlich verlaufen wäre und mit den zur Verfügung stehenden Maßnahmen beherrscht worden wäre.

Ein weiterer externer Vorfall von Bedeutung war der Dampferzeugerstörfall an einem Überhitzer des britischen Prototypreaktors PFR, der zum Versagen von 40 Bündelrohren geführt hatte. Da die Containmentgrenze Zwischenwärmetauscher nicht geschädigt war, konnte man also eine unmittelbare Sicherheitsgefährdung ausschließen. Spätere Untersuchungen zeigten, daß die Störung primär durch Schwingungen einiger Bündelrohre ausgelöst worden war, worauf es in der Folge zu Wasserdampfleckagen mit einer starken Überhitzung der Nachbarrohre und anschließendem Überdruckversagen kam.

Die Übertragbarkeit dieser Störfallursache auf das Kernkraftwerk Kalkar konnte man aus mehreren Gründen ausschließen. Zum einen, weil Prototypversuche an der Testanlage in Hengelo ergeben hatten, daß die SNR 300-Dampferzeuger nicht schwingungsanfällig sind. Zum anderen, weil die Kalkar-Apparate zuverlässiger auf Leckagen überwacht werden, was zu einer rechtzeitigen wasserdampfseitigen Absperrung führt. Auch die bei Kalkar verlangten wiederkehrenden Prüfungen hätten solche Wandstärkenschwächungen sicher und rechtzeitig angezeigt.

9.4 Weisung, Klage, Urteil

Spätestens seit den beiden Pressekonferenzen des Ministers Jochimsen, MWMT, im Juni 1986 und Mai 1987 mit nachfolgenden Behördenbriefen war klar, daß das Projekt Kernkraftwerk Kalkar in einer tiefen, politisch inszenierten Krise

steckte. Die Genehmigungsvoraussetzungen waren erheblich ausgeweitet worden, das vorläufige positive Gesamturteil war in Gefahr, und die Einlagerung der Brennelemente war auf die lange Bank geschoben worden. Darüber hinaus wurden der Vergleich Kalkar mit Tschernobyl sowie die von der Behörde veranlaßten "Neurechnungen" des Bethe-Tait-Störfalls durch AKW-Opponenten-Gruppen zunehmend zum Streitpunkt zwischen MWMT und Antragsteller.

Am 27.4.1988 erteilte Bundesumweltminister Prof. Töpfer eine **Weisung** an den MWMT, in dessen Schreiben es u.a. hieß:

"... In den bundesaufsichtlichen Äußerungen sind Ihnen bestimmte Rechtsauffassungen im Genehmigungsverfahren für KKW Kalkar mitgeteilt worden. Nachdem hierzu eine Übereinstimmung nicht erzielt werden konnte, sehe ich mich veranlaßt, Sie gemäß Art. 85 Abs. 3 des Grundgesetzes anzuweisen, im weiteren Genehmigungsverfahren folgendes zu beachten:

Meine Auffassungen zum vorläufigen positiven Gesamturteil und zum berechtigten Interesse nach § 18 AtVfV sowie zur Bindungswirkung und zum Bestandsschutz sind dem Genehmigungsverfahren zugrunde zu legen.

Die Reaktorsicherheitskommission hat den Unfall in Tschernobyl im Hinblick auf seine Bedeutung für den SNR 300 bewertet; dieser Bewertung schließe ich mich an. Von der Vergabe weiterer Sachverständigengutachten ist deshalb Abstand zu nehmen ..."

Mit dieser Weisung hatte der BMU der Landesbehörde Vorgaben für die weitere Durchführung des Genehmigungsverfahrens gemacht. Sie hatte verfahrensleitenden Charakter und bildete den Rahmen für weitere inhaltliche Entscheidungen. Der eigentliche Genehmigungsprozeß sollte weiterlaufen und keineswegs abgeschnitten werden. Zur Behandlung des Bethe-Tait-Störfalls wurde eine bundesaufsichtliche Stellungnahme angekündigt /206, 207/.

Von den Befürwortern des Kernkraftwerks Kalkar wurde diese Weisung an das MWMT begrüßt; nicht wenige meinten, sie hätte schon ein Jahr früher erteilt werden sollen. Die anfängliche Vermutung, das Genehmigungsverfahren würde wieder beschleunigt werden, war jedoch irrig. Nahezu ein halbes Jahr dümpelte es vor

sich hin, und als die gesetzliche Frist zur Einwendung schon beinahe verstrichen war, antwortete - einen Tag vor Fristablauf - die Landesregierung Nordrhein-Westfalen mit einer **Klage** beim Bundesverfassungsgericht Karlsruhe. Sie vertrat in ihrem Feststellungsantrag die Auffassung, der Bund habe mit seiner Weisung die Eigenstaatlichkeit des Landes verletzt; sie sei unverhältnismäßig, nicht hinreichend bestimmt und stütze in unzulässiger Weise die Meinung der Reaktorsicherheitskommission.

Am 20. Februar 1990 waren die Parteien zu einer **mündlichen Verhandlung** vor dem 2. Senat des Bundesverfassungsgerichts unter Vizepräsident Mahrenholz geladen. Minister Jochimsen als erster Redner meinte, es gehe um den unantastbaren Kern des Länderstatus in einem Bundesstaat und klagte emphatisch das Recht seiner Landesregierung ein. Bundesminister Töpfer seinerseits beschwor die Gefahr der Auseinanderentwicklung der Vollzugspraxis des Atomgesetzes. Es müsse in diesem Verfahren festgestellt werden, wie sich der BMU im Wege der Bundesaufsicht durchsetzen könne; andernfalls bleibe das Instrument der Weisung ein stumpfes Schwert.

Das Interesse der Richter konzentrierte sich auf das konkrete Verbot eines zweiten Tschernobylgutachtens, das vom Land zu einem Denkverbot, vom Bund dagegen als Maßnahme zur Vermeidung von Doppelbegutachtung dargestellt wurde. Die überreizte Argumentation eines Ministerialbeamten aus der mittleren Ebene des MWMT, der - dem Vorsitzenden mehrfach ins Wort fallend - alle technischen Sachverhalte beim SNR 300 mit dem Bethe-Tait-Störfall in Verbindung bringen wollte und bei dem Versuch einer sachlichen Begründung für ein weiteres Tschernobyl-Gutachten äußerst hilflos wirkte, wurde von erfahrenen Prozeßbeobachtern mit Erstaunen registriert /208/.

Das **Urteil** des Bundesverfassungsgerichtes erging am 22.5.1990 und war in seiner Eindeutigkeit beeindruckend. Kurz zusammengefaßt lautete das Ergebnis: Die Klage des Landes wurde in allen Punkten zurückgewiesen, der Bund hatte seine Weisungskompetenz rechtmäßig in Anspruch genommen, die Weisung war klar und hatte einen zulässigen verfahrensleitenden Inhalt, und darüber hinaus hatte der Bund dem Land vorher genügend Gelegenheit zu Stellungnahmen gegeben.

Begründet haben die Karlsruher Richter ihr Urteil im wesentlichen mit der Natur der Bundesauftragsverwaltung nach Artikel 85 des Grundgesetzes. Sie gibt dem Bund jederzeit die Möglichkeit, in das Verfahren einzugreifen und das Land

zu einem Tun oder Unterlassen anzuweisen. Die vom Gericht als **Sachkompetenz** bezeichnete inhaltliche Verantwortung für die Sachbeurteilung steht dem Land nur unter dem Vorbehalt ihrer Inanspruchnahme durch den Bund zu, d.h. der Bund kann diese Sachkompetenz nach eigener Entscheidung jederzeit an sich ziehen. Demgegenüber liegt die sog. **Wahrnehmungskompetenz** bei den Ländern, also das Auftreten gegen Dritte, wie Antragsteller oder Einwender. Die Bundesauftragsverwaltung bewegt sich also in einem streng hierarchischen Verhältnis: das Land hat die Weisungen des Bundes zu befolgen, sofern dieser nichts schlechterdings Unverantwortliches verlangt. Ob die Weisung zweckmäßig, verhältnismäßig oder rechtmäßig ist, hat das Land nicht zu interessieren; dafür trägt der Bund die alleinige Verantwortung /209, 210/.

Das SNR 300-Urteil des Bundesverfassungsgerichtes gewann in der Folge eine grundsätzliche Bedeutung für das Bund-Länder-Verhältnis auch bei weiteren atomrechtlichen Genehmigungsverfahren.

9.5 Kalkarisieren nach Recht und Gesetz

Wer geglaubt hatte, das Genehmigungsverfahren für den SNR 300 würde nach der Weisung des BMU im April 1988 wieder Fahrt aufnehmen, sah sich bald erneut getäuscht. Die Bearbeitung der Teilgenehmigung TG 7/6, obschon in ihrem Umfang auf ein Minimum abgemagert, kam keineswegs voran. Aber gerade sie hatte eine erhebliche strategische Bedeutung; weniger wegen des technischen Inhalts als vielmehr wegen des damit erneuerten vorläufigen positiven Gesamturteils. Auch ein abgeminderter Bescheid 7/6 hätte gezeigt, daß die politische Blockade überwunden gewesen wäre.

Die Verzögerungen im Genehmigungsverfahren resultierten aus dem tagtäglichen **Handeln der Verwaltungsebene**; es sei durch einige Beispiele beschrieben /211, 212/:

1. Sachverhalte, die längst mit früheren Bescheiden entschieden waren, wurden durch "generelle Bedenken" wieder in Frage gestellt und zum Anlaß für neue umfängliche Gutachten genommen ("Mäusetennis" bezeichnete einer der Antragsteller dies in sehr anschaulicher Weise).

2. Technische Vorkommnisse in Kalkar und an fremden Anlagen (z.B. Almeria, Dounreay, Tschernobyl etc.) wurden zum Anlaß genommen, die Grundzüge der Sicherheitsauslegung beim SNR 300 erneut in Frage zu stellen und weitere Gutachtensaufträge zu rechtfertigen.
3. Es wurden Gutachter ausgewählt, die bis dahin mit dem atomrechtlichen Genehmigungsverfahren beim SNR 300 nicht hinreichend vertraut waren (z.B. EWI); die Folge waren lange Einarbeitungszeiten und damit verbundenen Projektverzögerungen.
4. Es wurden sogar Gutachter benannt, die in zurückliegenden Gerichtsverfahren als Berater der Klägersseite fungiert hatten und in der Öffentlichkeit als Agitatoren gegen die Kernenergie aufgetreten waren; an ihrer Neutralität und Seriosität bei der Begutachtung des Kernkraftwerks Kalkar konnte ernsthaft gezweifelt werden.
5. Schließlich lief der Gutachtensprozeß ohne erkennbare Management- und Terminkontrolle ab; immer wieder wurden vom MWMT neue Fragestellungen nachgeschoben, was enorme Terminverzögerungen verursachte.

Das deutsche Atomrecht billigt der Genehmigungsbehörde praktisch einen unbegrenzten Ermessensspielraum bei der Entscheidungsfindung zu. Insofern konnte der MWMT immer wieder behaupten, er handele "**nach Recht und Gesetz**". Die Wochenzeitung ZEIT hat diese Verschleppungstaktik jedoch treffender als "**kalkarisieren**" definiert /213, 214/.

Es ist auch müßig, darüber zu spekulieren, ob dieses Verwaltungshandeln politischer Direktive entsprang oder ob die agierenden Beamten lediglich unwillig oder gar unfähig waren. In jedem Fall entsprachen die praktischen Ergebnisse der MWMT-Arbeitsebene den politischen Absichten dieser Behörde sowie des Landes. Die entsprechenden Beschlüsse zum Stopp des Kalkarprojekts waren 1985/86 von den politischen Organen des Landes NRW gefällt worden.

Im juristischen Bereich hat sich dafür die Bezeichnung "ausstiegsorientierter Gesetzesvollzug" herausgebildet /215/. Professor Horst Sandler, der ehemalige Präsident des Bundesverwaltungsgerichts in Berlin, definiert ihn als

"die Anwendung des Gesetzes in einer Weise, die die Nichtanwendbarkeit eines Gesetzes zur Folge hat... Oder noch zugespitzter: Nichtvollzug durch Vollzug."

Er vergleicht ihn mit dem "Dienst nach Vorschrift", welcher gelegentlich bei Tarifstreitigkeiten im öffentlichen Dienst geübt wird, und fährt fort:

"Im Gegensatz dazu bedienen sich bei der ausstiegsorientierten Gesetzesanwendung die Dienstherrn selbst und ihr Behördenapparat der Möglichkeit, den Vollzug des Gesetzes durch dessen betriebsamen Nichtvollzug zu unterlaufen... Es braucht daher kein Widerspruch zu sein, daß man zugleich den Ausstieg aus der Kernenergie propagiert und offen erklärt, kein Genehmigungsverfahren mehr zum Abschluß bringen zu wollen, gleichzeitig aber versichert, man bleibe rechtlich an die Vorgaben des Atomgesetzes gebunden ... mit der wohl als Drohung zu verstehenden Ankündigung ... man werde das Gesetz strikt anwenden" /216/.

Fritz Ossenbühl, ein Kollege Sendlers, nennt das Kind beim Namen, wenn er formuliert

"mit dem Schein der Legalität Obstruktion betreiben" /217/.

Doch zurück zum Projekt SNR 300. Verschiedentlich wurde die Möglichkeit **rechtlicher Schritte** gegen die Landesbehörde erwogen, um die Initiative im Genehmigungsverfahren wieder zu erlangen. Von den wenigen Möglichkeiten hätte sich eine Untätigkeitsklage nach § 75 VwGO angeboten (mit anschließender Fristsetzung) oder eine Klage gegen die Kostenfestsetzung bei nicht erforderlichen Gutachten. Bei letzterem Weg hätte man gegen eine konkrete Entscheidung angehen können. Alle diese genannten rechtlichen Schritte konnten aus Gründen der Opportunität nicht vor dem Zeitpunkt der Entscheidung des Bundesverfassungsgerichtes eingeleitet werden. Auch danach war mit langwierigen Gerichtsverfahren über 2-3 Jahre zu rechnen bei gleichzeitigem de facto-Stillstand des Genehmigungsprozesses /211/.

Ein Gesamtkonzept des BMU zur Steuerung des Genehmigungsverfahrens im Rahmen der ihm zugewiesenen **Bundesaufsicht** war auch in der Folge durch Außenstehende nicht erkennbar. Obwohl ihm durch Karlsruhe ein wirksames Instrument an die Hand gegeben worden war ("Töpfers scharfes Schwert" - siehe /210/) ergaben sich keine sichtbaren Projektfortschritte. Vielfach wünschte man sich, daß der BMU eine kompetente technische Arbeitsgruppe zusammenstellen würde, um die entsprechenden Gruppen beim MWMT sachlich und auch terminlich stärker beaufsichtigen zu können. Dies hätte den Vorteil gehabt, daß schon im Frühstadium erkannt worden wäre, wenn ein Sachpunkt unangemessene Problematisierung erfahren hätte, etwa durch Doppelbegutachtung und anderes mehr.

Leider ist die bundesaufsichtliche Unterstützung in der vorgenannten Weise ausgeblieben. So setzten sich die Projektbeteiligten Mitte 1990 wieder zusammen und zogen Bilanz. Der Prozeß vor dem Bundesverfassungsgericht war zwar gewonnen, aber das Projekt hatte trotzdem kaum Fortschritte erzielt. Weitere Weisungen des BMU zu strittigen Sachpunkten konnten in Kürze nicht erwartet werden und wären vermutlich auch kaum dienlich gewesen. Schließlich kann es kein Dauerzustand sein, daß die Bundesregierung und der gesetzesausführende Apparat auf der Grundlage von Weisungen miteinander verkehren. Es gibt stattdessen gute Gründe, vom Weisungsrecht behutsam Gebrauch zu machen.

Inzwischen wurden die **Finanzprobleme** beim SNR 300 immer drängender. Da die Wartephasenfinanzierung 1991 zu Ende ging, mußten frühzeitig, spätestens Ende 1990, die Weichen für eine eventuelle Weiterfinanzierung gestellt werden. Ohne Fortschritte beim Genehmigungsverfahren und einen benennbaren Inbetriebnahmetermin konnte den bisherigen Finanziers kaum zugemutet werden, weitere Mittel in Höhe von über 100 Mio DM pro Jahr allein für das Warten zur Verfügung zu stellen, zumal auch die Restfinanzierung des Projekts noch offen war.

Ein weiteres politisches Problem deutete sich an: die Bundestagswahlen waren für Dezember 1990 angesetzt worden. Angesichts des erkennbar hohen Mittelbedarfs für die deutsche Einheit war die Zustimmung der FDP-Abgeordneten, ja selbst der CDU/CSU-Abgeordneten für weitere Kalkar-Millionen keineswegs gesichert. Die Wiederwahl der bisherigen Regierungskoalition vorausgesetzt.

Das Schicksal des SNR 300 zeichnete sich ab.

9.6 Das Ende

Nach einer Vorrunde am 9. Januar 1991 lud der Bundesforschungsminister Riesenhuber die Vertreter der drei Energieversorgungsunternehmen RWE, PreußenElektra und Bayernwerk sowie Siemens für den 20. März zum entscheidenden Gespräch ein. Die Beteiligten waren sich aufgrund der Sachlage einig, daß wegen der Haltung des Landes NRW der erfolgreiche Abschluß des Genehmigungsverfahrens für das Kernkraftwerk Kalkar nicht mehr zu erwarten war. Um unnötige zusätzliche Kosten zu vermeiden, wurde deshalb nach den Regeln des Wartephasenvertrages beschlossen, keine weiteren Mittel zur Verfügung zu stellen, was das Ende des Projekts bedeutete. Mit den Regierungen der Niederlande und Belgiens sollte umgehend gesprochen werden.

Die Beteiligten stellten einvernehmlich fest, daß die Brüterooption durch Fortführung des europäischen Brüterverbandes im Rahmen des European Fast Reactor EFR aufrechterhalten werden sollte.

Durch den Bau und die vornukleare Erprobung des SNR 300 sind zwar wichtige Kenntnisse für die Schnellbrüterentwicklung gesammelt worden, aber das wichtigste Ziel, der Betrieb des SNR 300, konnte leider aus politischen Gründen nicht erreicht werden. Mit Datum vom 10. April 1991 beendeten SBK und die Hauptlieferanten ihre Lieferverträge als Konsequenz dieser Entscheidung.

In der Presseerklärung des BMFT vom 21. März 1991 wird knapp vermerkt:

"Die Verantwortung für das Ende von Kalkar,
so die beteiligten EVU, der Hersteller und das BMFT,
liege eindeutig
beim Land Nordrhein-Westfalen." /218/.

Veniet tempus, quo posteri
tam aperta nos nescisse
mirentur /219/.



LITERATURVERZEICHNIS

- /1/ K. Wirtz,
Persönliche Mitteilung
- /2/ W. Häfele,
Das Projekt Schneller Brüter
atomwirtschaft, April 1963, S. 206-209
- /3/ W. Marth,
Zur Geschichte des Projekts Schneller Brüter,
KfK-Bericht 3111, Juli 1981
- /4/ W. Häfele,
Memorandum über schnelle Brutreaktoren,
vom 19.2.1960
- /5/ K. Wirtz,
INR-Notiz an die Geschäftsführung
vom 21.4.1960
- /6/ K. Wirtz, S. Leisegang, W. Häfele,
Gemeinsame Notiz INR, TA/R und Projektgruppe
Schneller Brüter vom 14.3.1961
- /7/ W. Häfele,
Notiz vom 30.9.1961
- /8/ Gemeinsame Notiz Nr. 27/61
INR und Projektgruppe Schneller Brüter
vom 15.6.1961
- /9/ W. Häfele und K. Wirtz,
Ansätze zur Entwicklung eines schnellen Brut-
reaktors.
atomwirtschaft, Nov. 1962, S. 557-559
- /10/ W. Häfele und P. Engelmann,
Das Projekt Schneller Brüter
10 Jahre Kernforschungszentrum Karlsruhe,
Hrsg. GfK, 1966, S. 17-27
- /11/ W. Häfele,
Physics of Fast and Intermediate Reactors,
Proceedings IAEA-Seminar
Vienna 3-11 August, 1961
- /12/ K. Winnacker und K. Wirtz,
Das unverstandene Wunder,
Verlag Econ Düsseldorf, 1975
- /13/ K. Wirtz,
Ansprachen bei den Weihnachtsfeiern des INR, 1961-1976.
(Ab 1971 als "Jahresberichte" gekennzeichnet)

- /14/ K. Wirtz,
Im Umkreis der Physik,
Kernforschungszentrum Karlsruhe, S. 110
- /15/ W.H. Zinn,
A Letter on EBR I Meltdown,
Nucleonics 14, No 6, 35 (1956)
- /16/ F.W. Thalgott et al.,
Stability Studies on EBR I,
Proceedings of the Second UN International Conference,
on Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva (1958), 12, p. 242
- /17/ H.A. Bethe and J.H. Tait,
An Estimate of the Order of Magnitude of the Explosion
when the Core of a Fast Reactor Collapses,
British Report UKAEA - RHM, 56, 113 (1956)
- /18/ P. Greebler and B.A. Hutchins,
The Doppler Effect in a Larger Fast Oxide Reactor -
Its Calculation and Significance for Fast Reactor Safety;
Proceedings of a Symposium on Physics of Fast
and Intermediate Reactors, IAEA,
Vienna (1961), III, p. 121
- /19/ INR/PSB-Notiz vom 26.11.1962
- /20/ W. Häfele,
Prompt überkritische Leistungsexkursionen
in schnellen Reaktoren,
Nukleonik 5 (1963), S. 201-208
- /21/ H.-H. Hennies, R. Hüper, G. Keßler,
The History of Fast Reactor Safety -
Fed. Rep. of Germany,
Int. Fast Reactor Safety Meeting,
Snowbird, USA, 1990, Proc. S. 59-74
- /22/ R. Fröhlich,
Theorie der Dopplerkoeffizienten schneller Reaktoren
unter Berücksichtigung der gegenseitigen Abschirmung
der Resonanzen,
KfK-Bericht 367, 1964
- /23/ W. Häfele,
Statusbericht 1964 Projekt Schneller Brüter
- /24/ K.E. Schroeter,
Einfluß von Berechnungsmethoden auf den
Multiplikationsfaktor k_{eff} und den Voideffekt $k(V)$
für einen großen schnellen natriumgekühlten Brutreaktor,
Dissertation, Universität Karlsruhe 1969,
KfK-Bericht 1180
- /25/ W. Häfele,
Statusbericht 1965 Projekt Schneller Brüter

- /26/ J.J. Schmidt,
Neutron Cross Sections for Fast Reactor Materials
Part I - Evaluation
Part II - Tables,
Part III - Graphs
KfK-Bericht 120 (EANDC-E-35 U), February 1966
- /27/ H. Küsters, M. Metzenroth,
The Influence of some Important Group-Constants
on Integral Fast Reactor Quantities,
ANL-Bericht 7/20, S. 423-433, 1965
- /28/ A. Jansen, K. Ott,
Long-time Behavior of Fast Breeders,
Proc. Symp. on Physics of Fast and
Intermediate Reactors,
Vienna, 1962
- /29/ S. Cierjacks, K.H. Beckurts,
The Use of Sector Focused Cyclotrons as
Intense Pulsed Neutron Sources for Fast
Neutron Time of Flight Measurements.
Proc. Int. Conf. on Study of Nuclear Structure
with Neutrons,
Antwerpen, July 1965, P/157
- /30/ L. Ritz,
Arbeiten über die Dampfkühlung
10 Jahre Kernforschungszentrum Karlsruhe,
Hrsg. GfK 1966, S. 86-97
- /31/ W. Schnurr,
Statusbericht 1964 Schneller Brüter
- /32/ W. Häfele et al.,
The Karlsruhe Fast Breeder Project
Genfer Konferenz 1964, P/539
- /33/ Euratom und die Atomindustrie - Bilanz und Kritik,
atomwirtschaft Aug./Sept. 1962, S. 382-390
- /34/ A. de Stordeur
The European Community Activities in the Fast
Breeder Field,
VIII. Congresso Nucleare (Vortrag), Rom, 1963
- /35/ W. Häfele,
Das Projekt Schneller Brüter,
Taschenbuch für Atomfragen,
Festland-Verlag, 1964
- /36/ Bericht des Projekts Schneller Brüter,
aufgestellt unter Mitwirkung der Firmen
AEG, Interatom, SSW.
"Ausführliche Erläuterungen zu den Anträgen
zur Bereitstellung der Mittel für die Erstellung
der Unterlagen zum Bau der Prototypen des Schnellen
Brüters"
Okt. 1965

- /37/ W. Häfele,
Das Projekt Schneller Brüter Karlsruhe,
atomwirtschaft, Juni 1966, S. 293-302
- /38/ W. Schnurr, J.R. Welsh,
The SEFOR Reactor Aspects of International Cooperation,
Genfer Konferenz 1964, P/533
- /39/ Assoziationsvertrag zwischen GfK und Euratom,
1963
- /40/ F. Thümmler,
Material- und Festkörperforschung,
10 Jahre Kernforschungszentrum Karlsruhe,
Hrsg. GfK 1966, S. 151-158
- /41/ H. Bumm, F. Thümmler, P. Weimar,
Isostatisches Heißpressen, ein neues
Verdichtungsverfahren der Pulvermetallurgie,
KfK-Bericht 708, 1967
- /42/ F. Baumgärtner,
Die wäßrige Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen
besonders mit hohem Plutoniumgehalt,
KfK-Bericht 709, 1967
EUR-Bericht 3724d
- /43/ W. Ochsenfeld, W. Diefenbacher, H.O. Leichsenring,
Design of and Equipment for Hot Laboratories,
IAEA-SM-209/25 (1976)
- /44/ W. Schüller et al.,
Erfahrungen bei der Inbetriebnahme der WAK und lang-
fristige Entwicklungsziele der Brennstoff-Wieder-
aufarbeitung in der Bundesrepublik Deutschland,
4. Genfer Konferenz, Sept. 1971, A/CONF. 49/P/381
- /45/ H. Grümm, D. Gupta, W. Häfele, P. Jansen, E. Schmidt,
J. Seetzen,
Kernbrennstoffbedarf und Kosten verschiedener Reak-
tortypen in Deutschland,
KfK-Bericht 366, Sept. 1965
- /46/ K. Wirtz,
Künftige Nutzung der Atomenergie in Europa,
II. Foratom-Kongreß 1965, Frankfurt
- /47/ W. Häfele,
Statusbericht 1967 Projekt Schneller Brüter
- /48/ Commercial breeder by 1974,
Nucleonics, Nov. 1964

- /49/ P. Kilian und F. Amon,
Beteiligung der Industrie am Projekt
Schneller Brüter mit Dampfkühlung,
atomwirtschaft, Juni 1966, S. 305-307
- /50/ E. Guthmann und Ch. Held,
Beteiligung der Industrie am Projekt
Schneller Brüter mit Natriumkühlung,
atomwirtschaft, Juni 1966, S. 302-304
- /51/ D. Smidt,
Optimization and Safety of Helium Cooled Fast
Breeders,
Proc. ANL-Conference on Breeding, Oct. 1963,
ANL-Bericht 6792
- /52/ D. Smidt, A. Müller et al.,
Referenzstudie für den 1.000 MWe natriumgekühlten
schnellen Brutreaktor (Na 1),
KfK-Bericht 299, Dezember 1964
- /53/ A. Müller, D. Smidt et al.,
Referenzstudie für den 1.000 MWe dampfgekühlten
schnellen Brutreaktor (D 1),
KfK-Bericht 392, Aug. 1966
- /54/ A. Müller, IRE,
Interne Notiz von 1967
- /55/ Die Entscheidung des BMwF zum deutschen
Reaktorprogramm,
atomwirtschaft, April 1969, S. 187-190
- /56/ Wo steht die deutsche Schnellbrüterentwicklung?
Die öffentliche Diskussion in Karlsruhe und der
Statusbericht 1971,
atomwirtschaft, April 1971, S. 195-208
- /57/ W. Häfele,
Zur Entwicklung des dampfgekühlten Schnellen Brütters,
atomwirtschaft, April 1969, S. 190-197
- /58/ M. Fischer,
Zu den Brennelementproblemen beim dampfgekühlten
Schnellen Brüter,
atomwirtschaft, April 1969, S. 203-206
- /59/ H. Böhm,
Zu den Brennelementproblemen beim dampfgekühlten
Schnellen Brüter,
atomwirtschaft, April 1969, S. 210-211
- /60/ W. Häfele,
Zur Entwicklung des natriumgekühlten Schnellen
Brütters,
atomwirtschaft, April 1969, S. 212-216

- /61/ W. Häfele,
Die nähere Zukunft des natriumgekühlten Brüters,
atomwirtschaft, April 1969, S. 174-176
- /62/ P. Engelmann, F. Erbacher, G. Karsten, L. Ritz,
Bericht über die im Kernforschungszentrum Karlsruhe
durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten
zum dampfgekühlten Schnellen Brüter,
KfK-Bericht Nr. 1370, Dez. 1970
- /63/ H. Kornbichler,
Zur Entwicklung des dampfgekühlten Schnellen Brüters,
atomwirtschaft, April 1969, S. 197-200
- /64/ D. Smidt, G. Schuster,
Die Vergleichsstudie der ENEA
über schnelle Reaktoren,
atomwirtschaft, 14, 1969, S. 410-13
- /65/ L. Ritz,
Zur Entwicklung des dampfgekühlten Schnellen Brüters,
atomwirtschaft, April 1969, S. 200-202
- /66/ L. Ritz,
Zu den Brennelementproblemen beim dampfgekühlten
Schnellen Brüter,
atomwirtschaft, April 1969, S. 207-210
- /67/ R. Ernst und E. Guthmann,
Europäische Zusammenarbeit bei der Entwicklung
des natriumgekühlten Schnellbrüters,
atomwirtschaft, Sept./Okt. 1969, S. 448-450
- /68/ G.H. Scheuten,
Organisation und wirtschaftliche Bedeutung der
Brüterentwicklung,
atomwirtschaft, Juli 1972, S. 366-368
- /69/ K. Gast, E.G. Schlechtendahl, K. Benndorf,
G. Bönisch, M. Cramer, B. Eggers, W. Frisch,
G. Heusener, Y. Hoang, K. Hornyik, P. Keiper,
W. Merk, K. Rottler, E. Schönfeld, D. Smidt,
F. Heller, G. Karsten, K. Keller, K. Kummerer,
H.J. Laue, W. Schikarski, D. Braess, K. Thurnay,
Schneller Natriumgekühlter Reaktor Na 2,
KfK-Bericht 660, Okt. 1967
- /70/ E.G. Schlechtendahl, M. Cramer et al.,
Safety features of a 300 MWe sodium
cooled fast breeder reactor (Na 2),
KfK-Bericht 611, June 1967

- /71/ W. Häfele, F. Heller, W. Schikarski,
The principle of double containment and
the behaviour of aerosols in its relation
to the safety of reactors with a high
Pu-inventory,
Proc. Conférence Internationale sur la
Sûreté de Réacteurs à Neutrons Rapides.
Aix-en-Provence, Sept. 1967
- /72/ Sicherheitsbericht für SNR 300 in 3 Bänden
Stand vom 1.10.1969; vorgelegt 31.12.1969,
INTAT-84
- /73/ H. Mandel,
Strukturen der nuklearen Stromerzeugung in den 70er
und 80er Jahren,
atomwirtschaft, Jan. 1973, S. 18-24
- /74/ A. Brandstetter und E. Guthmann,
Das Projekt Kernkraftwerk SNR 300,
atomwirtschaft, Juli 1972, S. 368-374
- /75/ A. Brandstetter und H. Hübel,
Sicherheitskonzept und zugehörige Konstruktionsmerk-
male des SNR 300,
atomwirtschaft, Juli 1972, S. 371-374
- /76/ J. van Dievoet,
SNR 300 Development and Construction Program
Statusbericht 1972 Projekt Schneller Brüter,
KfK-Bericht 1603, Mai 1972
- /77/ RSK-Empfehlungen für den SNR 300,
atomwirtschaft 1972, S. 374-375
- /78/ K. Traube,
Der SNR 300 und die internationale Situation
der Schnellbrüterentwicklung,
atomwirtschaft, Aug./Sept. 1973, S. 411-414
(siehe auch: Statusbericht 1973, ITB-73.01)
- /79/ W. Häfele,
Die allgemeine Situation der Entwicklung Schneller
Brutreaktoren und der Prototypreaktor SNR 300,
Statusbericht 1971, Projekt Schneller Brüter
- /80/ K. Traube,
Stand der industriellen Arbeiten zum SNR 300,
Statusbericht 1974, Projekt Schneller Brüter,
KfK-Bericht 2003, März 1974
- /81/ K. Traube,
Status des Baus des Kernkraftwerks Kalkar und
der Planung des SNR 2,
Statusbericht 1976, Projekt Schneller Brüter,
Atoomenergie en haar toepassingen 18 (1976),
S. 168-178

- /82/ U. Däunert und W.J. Schmidt-Küster,
Das Projekt SNR - staatliche Förderung und
internationale Zusammenarbeit,
atomwirtschaft, Juli 1972, S. 363-366
- /83/ W. Marth,
Hearing vor dem Wirtschaftsausschuß,
Landtag NRW,
Vortrag vom 17.10.1985 (Anhang)
- /84/ G. Scheuten,
Die Zukunft der Schnellen Brüter aus der
Perspektive der Elektrizitätswirtschaft,
Statusbericht 1972,
KfK-Bericht 1603, Mai 1972
- /85/ W. Häfele,
Entwicklungstendenzen bei Schnellen Brutreaktoren,
atomwirtschaft, Juli 1972, S. 378-384
- /86/ P. Engelmann,
Die Arbeiten des Karlsruher Projekts Schneller Brüter
im Jahre 1970,
Statusbericht des Basisprogramms 15.2.1971
- /87/ P. Engelmann,
Stand und Entwicklungsarbeiten bei der GfK
für das Projekt Schneller Brüter,
KfK-Bericht 1603, Mai 1972
- /88/ G. Karsten,
Die Arbeiten zur Brennelemententwicklung,
atomwirtschaft, Mai 1971, S. 256-259
- /89/ G. Karsten, Th. Dippel, H.J. Laue,
Fabrication of Fast Reactor Fuel Pins for
Test Irradiations,
KfK-Bericht 577, 1967
- /90/ F. Thümmler,
Bestrahlungseinfluß auf das Verhalten von
SNR 300-Brennstäben bei hohem Abbrand,
Statusbericht 1974, Projekt Schneller Brüter
KfK-Bericht 2003, S. 53-64
- /91/ H. Holleck,
Zum Verhalten der Spaltprodukte
Mo, Tc, Ru, Rh und Pd in einem
Brennelement und Aufbau des Systems
Mo-Ru-C,
KfK-Bericht 1260, 1970
- /92/ H. Holleck, H. Kleykamp,
Zur Stöchiometrieverschiebung in einem
oxidischen Brennelement bei hohem Abbrand,
KfK-Bericht 1181, 1970

- /93/ H. Böhm,
Stand der Arbeiten für die Auswahl von Hüllmaterialien
für den SNR 300,
Statusbericht 1974, Projekt Schneller Brüter,
KfK-Bericht 2003, S. 65-79
- /94/ G. Karsten, G. Mühling, H. Pnitz,
Motivations and Performances of Carbide
Fuel Development,
KfK-Bericht 2111, 1974
- /95/ K. Kummerer,
Auslegung, Spezifikation und Kontrolle von SNR-Brennstäben,
Statusbericht 1974, Projekt Schneller Brüter
KfK-Bericht 2003, S. 80-92
- /96/ J. van Dievoet, J. Höchel, J.J. Huet, G. Karsten, W. Stoll,
Development of Fuel Elements,
Statusbericht 1975, Projekt Schneller Brüter,
ITB-75.34 - 2375034.2
- /97/ W. Stoll und E. Vanden Bemden,
Fuel Fabrication Problems for SNR 300,
Statusbericht 1973
ITB-73.01, März 1973
- /98/ F. Helm et al.,
Summary of Results for the SNEAK 9 Series of Critical
Experiments and Conclusions for the Accuracy of Pre-
dicted Physics Parameters of the SNR 300,
KfK-Bericht 2856, August 1978
- /99/ B. Goel, B. Krieg,
Status of the Nuclear Data Library KEDAK 3,
October 1975,
KfK-Bericht 2234, December 1975
- /100/ E. Kiefhaber et al.,
The KfK-Set of Group Constants; Nuclear Data Basis
and First Results of its Application to the Recalcula-
tion of Fast Zero-Power Reactors,
KfK-Bericht 1572, März 1972
- /101/ G. Buckel, W. Höbel,
Das Karlsruher Programmsystem KAPROS Teil I, Übersicht
und Vereinbarungen, Einführung für Benutzer und Programmierer,
KfK-Bericht 2253, August 1976
- /102/ K. Schleisiek,
Stand der Arbeiten zum Propagationsstörfall,
Statusbericht 1974, Projekt Schneller Brüter,
KfK-Bericht 2003, S. 165-184
- /103/ G. Keßler,
Entwicklungsprogramm zur Erforschung des Kern-
verhaltens bei Exkursionsstörfällen,
Statusbericht 1975, Projekt Schneller Brüter
ITB-75.34 - 2375034.2

- /104/ R. Fröhlich,
Methodenentwicklung zur Analyse hypothetischer
Störfälle,
Statusbericht 1974, Projekt Schneller Brüter
KfK-Bericht 2003, S. 143-164
- /105/ G. Keßler,
Zur numerischen Lösung der ortsabhängigen
dynamischen Gleichungen schneller Brutreaktoren
mit Hilfe des Variationsprinzips,
Dissertation, Universität Karlsruhe 1968,
KfK-Bericht 781/I
- /106/ G. Heusener,
Optimierung natriumgekühlter schneller
Brutreaktoren mit Methoden der
nichtlinearen Programmierung,
Dissertation, Universität Karlsruhe 1970,
KfK-Bericht 1238
- /107/ G. Heusener, G. Kessler, H. Lauber,
Analysis of Hypothetical Accidents
for SNR-300,
KfK-Bericht 1834, September 1973
- /108/ L. Caldarola,
Analysis of Reactor Power Excursions by
Means of Solutions with Asymptotic Expansions,
Nukleonik 9, 1967, S. 129-38
- /109/ L. Caldarola, W. Niedermeyr, J. Voit,
Reactor Temperature Transients with Spatial
Variables,
KfK-Bericht 618, Juli 1967
EUR 2403e
- /110/ A.H. de Haas van Dorsser, A.R. Braun, H. Mausbeck,
Fortschritte in Forschung und Entwicklung der Natrium-
technologie,
Statusbericht 1975, Projekt Schneller Brüter
ITB-75.34 - 2375034.2
- /111/ W. Marth, H. Mausbeck, H. Andrae, G. Brudermüller,
Errichtung der KNK II-Anlage,
atomwirtschaft, März 1978, S. 118-122
- /112/ W. Marth,
Erfahrungen bei der Inbetriebnahme der KNK I und
Umbauvorbereitung zur KNK II,
Statusbericht 1974, Projekt Schneller Brüter,
KfK-Bericht 2003, März 1974
- /113/ Projektordnung für das Projekt Schneller Brüter,
vom 16.12.1969; Neufassung vom 1.10.1973
- /114/ PSB-Notiz vom 23.9.1970

- /115/ G.H. Scheuten,
Begrüßung und Einleitung,
Statusbericht 1973, Projekt Schneller Brüter,
ITB-73.01, S. 3-7
- /116/ Vierteljahresberichte
Kernkraftwerk Kalkar (SNR 300),
1973-1991,
Hrsg.: SBK
- /117/ K. Traube,
Fortschritte und Probleme der nationalen und
internationalen Schnellbrüterentwicklung,
Statusbericht 1975, Projekt Schneller Brüter,
ITB-75.34 - 2375034.2
- /118/ H. Matthöfer,
Interviews und Gespräche zur Kernenergie,
C.F. Müller, Karlsruhe 1976
- /119/ H. Matthöfer,
Argumente in der Energiediskussion Schneller Brüter,
Pro und Contra,
Neckar-Verlag, Oktober 1977
- /120/ Die Schlacht um Kalkar fiel aus;
entwaffnende Taktik der Sicherheitskräfte,
Handelsblatt, 26.09.1977
- /121/ A.H. de Haas van Dorsser, A.R. Braun, H. Mausbeck,
Fortschritt in Forschung und Entwicklung der Natriumtechnologie,
Statusbericht 1976, Projekt Schneller Brüter,
Atoomenergie en haar toepassingen 18 (1976)
- /122/ G.A. de Boer, W. Jansing,
Entwicklung von Großkomponenten für den SNR 300,
Statusbericht 1976, Projekt Schneller Brüter,
Atoomenergie en haar toepassingen 18 (1976)
- /123/ J.-J. Huet, V. Schneider, P. Vanden Bemden, A.J. Flipot
Status of mixed oxide fuel fabrication,
Statusbericht 1976, Projekt Schneller Brüter,
Atoomenergie en haar toepassingen 18 (1976)
- /124/ H. Roepenack,
MOX-Brennstäbe für Schnelle Brüter und
Leichtwasserreaktoren,
atomwirtschaft, März 1983, S. 143-146
- /125/ H. Wagner und E. Ziegler,
Sind Schnellbrüter-Genehmigungen verfassungswidrig?
atomwirtschaft, Jg- XXII, Nr. 12 (Dez. 1977),
S. 622-626
- /126/ Mit dem Grundgesetz vereinbar,
atomwirtschaft XXIV/1, Anhang

- /127/ C. Patermann,
Die neue amerikanische Nuklearpolitik,
atomwirtschaft, Juli/Aug. 1977, S. 382-385
- /128/ Nuclear Power. Issues and Choices,
Ford Foundation; MITRE-Corporation,
Ballinger Publishing Company, Cambridge, Mass. 1977
(deutsche Ausgabe: Das Veto; Verlag Umschau, 1977)
- /129/ International Nuclear Fuel Cycle Evaluation,
INFCE, Summary Volume, Wien: International Atomic
Energy Agency 1980
- /130/ S. Jacke,
Perspektiven des Schnellen Brutreaktors;
Untersuchungen und Ergebnisse der INFCE Arbeitsgruppe 5,
atomwirtschaft, Juli 1980, S. 367-370
- /131/ J. Radkau,
Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft 1945-1975,
ro-ro-ro-Taschenbuch Nr. 7756, Rowohlt-Verlag, 1983
- /132/ KfK-Stellungnahme zur Modifikation des SNR 300,
atomwirtschaft, Nov. 1978, S. 510-511
- /133/ K. Traube,
Müssen wir umschalten? Von den Grenzen der Technik,
Rowohlt, April 1978
- /134/ K. Traube,
Plutoniumwirtschaft? Das Finanzdebakel von Brutreaktor
und Wiederaufarbeitung,
ro-ro-ro-Taschenbuch Nr. 5444, Rowohlt-Verlag, 1984
- /135/ O. Keck,
Der Schnelle Brüter - Eine Fallstudie über
Entscheidungsprozesse in der Großtechnik,
Campus-Verlag Frankfurt/New York, 1984
- /136/ G. Vendryes und H.H. Hennies,
Französische Brüterentwicklung und
deutsch-französische Zusammenarbeit,
atomwirtschaft, Okt. 1978, S. 448-451
- /137/ A. Brandstetter,
Stand des Projekts SNR 300,
Statusbericht 1979, Projekt Schneller Brüter,
KfK-Bericht 2828, Juni 1979
- /138/ A. Brandstetter,
Genehmigungs- und Termsituation
des SNR-300,
atomwirtschaft, April 1979, S. 181/182
- /139/ Darlegung wesentlicher Problemstellungen
bei der Abwicklung des atomrechtlichen
Genehmigungsverfahrens KKW Kalkar,
INB-Bericht vom 19.10.1979

- /140/ Ad hoc-Ausschuß SNR 300,
SNR 300 Bestandsaufnahme 1980,
Bericht an das Projektkomitee Schneller Brüter,
12.02.1980
- /141/ W. Ringeis,
Stand der Entwicklung des Schnellen
Brutreaktors (SNR 300)
VGB Kraftwerktechnik 60,
Heft 6, Juni 1980
- /142/ Schreiben v. Bülow, BMFT, an
H.B. Schäfer, Vorsitz. Enquête-Kommission,
vom 23.02.1982
- /143/ Nach Rücktrittsdrohungen grünes Licht für Kalkar;
dramatische Zerreißprobe in der FDP.
Badische Neueste Nachrichten, 15.12.1978
- /144/ Zur Sache 1/80, Zukünftige Kernenergiepolitik,
Berichte Enquête-Kommission, Teil 1,
Presse- und Informationszentrum des Deutschen Bundestages,
27.06.1980
- /145/ Zur Sache 2/80, Zukünftige Kernenergiepolitik,
Berichte Enquête-Kommission, Teil 2,
Presse- und Informationszentrum des Deutschen Bundestages,
27.06.1980
- /146/ W. Marth,
Die Schnellbrüter-Studien für die
Enquête-Kommission des Deutschen
Bundestages,
Energiewirtschaftliche Tagesfragen,
Heft 10, 1982
- /147/ E.A. Fischer, R. Fröhlich, G. Heusener,
H. Jacobs, W. Maschek, P. Royl,
Kritische Bewertung der Literatur zu hohen
Energiefreisetzungen bei hypothetischen
Störfällen in natriumgekühlten schnellen
Brutreaktoren,
KfK-Bericht 3366, März 1983
- /148/ K. Köberlein,
Risikoorientierte Analyse
zum SNR-300,
atomwirtschaft, August/September 1982
- /149/ A. Bayer, J. Ehrhardt,
Risk-Oriented Analysis of the
German Prototype Fast Breeder
Reactor SNR-300: Off-Site Accident
Consequence Model and Results of the
Study,
Nuclear Technology, Mai 1984

- /150/ Risikoorientierte Analyse zum SNR 300,
GRS-51 (Oktober 1982)
- /151/ Zur Sache 2/82, Zukünftige (Kern-)Energiepolitik;
Bericht des Ausschusses für Forschung und Technologie;
Presse- und Informationszentrum des Deutschen Bundestages,
1982
- /152/ Zur Sache 2/83, Der "schnelle Brüter" in Kalkar,
Beschluß des Bundestages zur Inbetriebnahme;
Presse- und Informationszentrum des Deutschen Bundestages,
20.01.1983
- /153/ H.A. Bethe,
Schreiben an K. Schmölling, Enquête-
Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik",
05.03.1982
- /154/ K.M. Meyer-Abich, R. Ueberhorst (Hrsg.),
AUS gebrütet - Argumente zur Brutreaktorpolitik,
1985, Birkhäuser Verlag Basel
- /155/ H. Maier-Leibnitz,
Vorschlag einer Glaubwürdigkeitsprüfung,
Frankfurter Allgemeine Zeitung, 12.10.1982
- /156/ W. Marth,
Kritische Wissenschaftler,
KfK-Hausmitteilungen, 1/83
- /157/ H. Michaelis, M. Recker, W. Stoll,
Die Empfehlungen der Enquête-Kommission
zur Inbetriebnahme des SNR 300 in Kalkar,
Energiewirtschaftliche Tagesfragen,
Heft 1/2, Januar/Februar 1983
- /158/ A.T. Kearney, Motor Columbus,
Studie über die Ursachen für die Kosten-
steigerungen und Bauzeitverzögerungen
beim SNR 300,
30.09.1982
- /159/ Internationaler Brüterreport 1981 in Kalkar,
Energiewirtschaftliche Tagesfragen,
Heft 11/12, 1981, S. 831-867
- /160/ H. Michaelis,
Der SNR-300 in der Kritik,
Energiewirtschaftliche Tagesfragen,
Heft 5, 1983
- /161/ Finanzierung der fortgeschrittenen Reaktorlinien;
Hochtemperaturreaktor THTR 300 in Schmehausen
Schneller Brutreaktor SNR 300 in Kalkar",
Schreiben des BMFT an KfK,
28.04.1983

- /162/ H.-J. Schaub, H.G. Schultz, M. Tennie,
Die Stahlblechhülle des SNR-300 aus
bautechnischer Sicht,
atomwirtschaft, Februar 1986, S. 85-87
- /163/ Nuclear Power Plant, Kalkar (SNR-300),
Nuclear Technology (Sonderheft KKW Kalkar), September 1987
- /164/ W. Bürkle,
Brüter vor dem Start,
Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 3, 1986
- /165/ W. Bürkle, A.-W. Eitz,
Construction Experience of SNR 300,
Int. Conf. on Fast Breeder Systems, 1987,
Richland, Wa., USA
- /166/ W. Bürkle,
Die Inbetriebnahme des SNR-300,
atomwirtschaft, Juni 1986, S. 300-304
- /167/ J. Vogel, R. Riethmüller,
Der SNR-300 vor der Inbetriebsetzung,
atomwirtschaft, August/September 1985, S. 453-461
- /168/ F.H. Morgenstern,
Commissioning and Related Licensing of the SNR 300,
Proc. ENC '86, Geneva, June 1-6, 1986
- /169/ F.H. Morgenstern, W. Bürkle, G. Hendl,
Most recent Experience in non-nuclear
Commissioning and Effects to obtain an
operating License for the SNR 300 Reactor,
Int. Conference on Nuclear Power Performance
and Safety,
IAEA Vienna, 1987
- /170/ Schreiben des Rheinisch-Westfälischen TÜV
an das Ministerium für Arbeit, Gesundheit und
Soziales des Landes NRW,
Bericht über interkristalline Korrosionsschäden
am Reaktortank und an Reaktortankeinbauten des SNR
28.06.1982
- /171/ H.-J. Schade,
Brand auf dem Dach des Reaktoraußengebäudes
des KKW Kalkar,
Interatom-Notiz, 06.02.1985
- /172/ H. Stöhr u.a.,
Stellungnahme zur Ursache der Schäden
an den Primär- und Sekundär-Ablauf- und
Leckauffangbehältern und deren Reparatur,
INB-Notiz vom 13.09.1985

- /173/ F. Vogt,
Schadenbehebung der abgerissenen
Schwingungsmeßblanze an der Zentralposition
des KKW Kalkar,
Interatom-Bericht vom März 1986
- /174/ D. Althaus, H. Moryson,
Basaltfeuchteintrag in das Reaktor-
schutzgasplenum - Endbericht,
Interatom-Notiz, 25.04.1989
- /175/ Kernkraftwerk Kalkar, Atomrechtlicher
Erörterungstermin anlässlich der beantragten
Änderung des Reaktorkerns;
4.-6. Dezember 1984 in Wesel
- /176/ R.E. Webb,
Atomic Bomb Size Nuclear Explosion
Potentials in SNR-300, Plausibility Question,
Schreiben an Minister Riesenhuber u.a.,
28.10.1985
- /177/ W. Maschek, R. Heger,
Analyse und Bewertung der an der Universität
Bremen durchgeführten SIMMER-Rechnungen zum
SNR-300,
KfK-Bericht 4645, Januar 1990
- /178/ H.-H. Hennies, G. Keßler (Hrsg.)
Gutachten zur neutronenphysikalischen Auslegung
des SNR 300 Mark Ia-Kerns,
KfK, Oktober 1985
- /179/ "Der Spiegel" vom 01.07.1985
- /180/ "Die Welt" vom 04.07.1985
- /181/ A. v. Bülow,
Sozialdemokratischer Pressedienst Wirtschaft,
25.02.1982
- /182/ R. Jochimsen, MWMT,
Bericht für den Wirtschaftsausschuß des
Landtags Nordrhein-Westfalen über den Stand
des Atomrechtlichen Genehmigungs- und
Aufsichtsverfahrens für das Kernkraftwerk
Kalkar (SNR 300),
MWMT, Oktober 1985
- /183/ R. Steinberg,
Hearing Wirtschaftsausschuß, Landtag NRW,
Vortrag vom 17.10.1985
- /184/ Pressekonferenz R. Jochimsen 22.06.1986
- /185/ "Die Welt" vom 07.05.1986

- /186/ Motor Columbus,
Gutachten zum forschungspolitischen Nutzen des
Schnellbrüter-Prototyp-Kernkraftwerkes SNR 300
in der Bundesrepublik Deutschland,
September 1987
- /187/ U. Wolff, M. Köhler,
Forschungspolitischer Nutzen des SNR 300,
Vortrag auf der Jahrestagung Kerntechnik 1989
- /188/ R. Hüper,
The Benefit of SNR 300 to Research and
Development,
Kerntechnik 52 (1988), S. 159-163
- /189/ Schreiben Guck/Benz (Vorstand Badenwerk)
an L. Späth (Ministerpräsident Baden-Württemberg)
vom 11.08.1988
- /190/ Urteil des Verwaltungsgerichts Düsseldorf
in dem Verfahren des Herrn Josef Maas,
3 K 3201/75, 10.04.1984
- /191/ J. Vogel, F.H. Morgenstern,
Atomrechtliches Genehmigungsverfahren SNR 300,
Vortrag auf der Jahrestagung Kerntechnik 1989
- /192/ SNR 300-Pressekonferenz am 21.07.1986,
R. Jochimsen, MWMT, (Sprechzettel)
- /193/ SNR 300-Pressekonferenz am 01.04.1987
R. Jochimsen, MWMT, (Sprechzettel)
- /194/ MWMT-Behördenbrief vom 18.07.1986,
Betr.: Kernkraftwerk Kalkar
- /195/ MWMT-Behördenbrief vom 25.03.1987,
Betr.: Genehmigungsverfahren für das
Kernkraftwerk Kalkar (SNR 300)
- /196/ A. Kuhlmann, TÜV Rheinland,
Schreiben an die CDU-Fraktion des Landtages
Nordrhein-Westfalen,
28.08.1986
- /197/ H. Vossebrecker,
Bewertung besonderer sicherheitstechnischer
Merkmale des SNR-300 vor dem Hintergrund des
Tschernobyl-Unfalles,
Interatom, März 1987
- /198/ Bewertung des Unfalls im Kernkraftwerk Tschernobyl
im Hinblick auf das Kernkraftwerk Kalkar (SNR-300),
Anlage 3 zum Ergebnisprotokoll der 220. RSK-Sitzung
am 15.04.1987

- /199/ Anlage 2 zum Ergebnisprotokoll der 227. RSK-Sitzung am 25.11.1987 (Entwurf)
- /200/ S. Wiesner,
Das Sicherheitskonzept des SNR 300,
Anlage 1 zum Ergebnisprotokoll der 225. RSK-Sitzung am 30.09./01.10.1987
- /201/ A. Birkhofer,
Schreiben an K. Töpfer, Bundesminister für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit,
30.09.1987
- /202/ A.-W. Eitz, J. Vogel, R. Riethmüller,
Aktueller Stand des Projekts SNR 300;
nukleare Inbetriebnahme nicht in Sicht,
Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 10, 1987
- /203/ G.H. Rasche, G. Hendl, F.H. Morgenstern,
Das Kernkraftwerk Kalkar - Seit 3 Jahren in
aufgezwungener Warteposition,
Vortrag auf der Jahrestagung Kerntechnik 1989
- /204/ Bundesminister für Forschung und Technologie,
Kernkraftwerk Kalkar - Weitere Finanzierung
gesichert,
Pressemitteilung Nr. 129/88, 08.12.1988
- /205/ Bundesminister für Forschung und Technologie,
Bericht zur Brüterentwicklung und zum SNR 300
an den Haushaltsausschuß des Deutschen Bundestages,
02.11.1988
- /206/ Die Weisung,
atomwirtschaft, Juli 1988, S. 334
- /207/ Gegen Verzögerungen aus parteitaktischen Gründen,
atomwirtschaft, Juli 1988, S. 334-335
- /208/ Th. Roser,
Kalkar erneut vor den Verfassungsrichtern,
atomwirtschaft, April 1990, S. 178
- /209/ U.F. Nobbe,
SNR 300: Das Urteil des Bundesverfassungsgerichts,
atomwirtschaft, Juli 1990, S. 339-342
- /210/ Th. Roser,
Töpfers scharfes Schwert,
atomwirtschaft, Juni 1990, S. 312
- /211/ Persönliche Mitteilungen
- /212/ INB und SBK,
Die "Bethe-Tait-Remonstrations" als Beispiel für
die Handhabung des Genehmigungsverfahrens für das
KKW Kalkar durch den MWMT nach "Recht und Gesetz",
Gemeinsame Stellungnahme vom September 1989

- /213/ "Die Zeit" vom 30.06.1989
- /214/ H. Vossebrecker,
Brüter: Sabotage nach "Recht und Gesetz"?
Handelsblatt (Signatur der Zeit)
18./19.01.1991, Nr. 13
- /215/ H. Wagner,
Die Fortentwicklung des Atom- und Strahlenschutzrechts
im Zeitraum vom 1.1.1989 bis zum 30.6.1991,
NVwZ 1991, Heft 9, S. 842
- /216/ H. Sendler,
Anwendungsfeindliche Gesetzesanwendung;
ausstiegsorientierter Gesetzesvollzug im Atomrecht,
Vortrag beim Wirtschaftsverband Kernbrennstoff-Kreislauf e.V.
am 19.11.1991, Bonn
- /217/ F. Ossenbühl,
Verfassungsrechtliche Aspekte des atomrechtlichen
Planfeststellungsverfahrens,
Festschrift Sendler, 1991, S. 197 ff.
- /218/ Bundesminister für Forschung und Technologie,
Brüterprojekt SNR 300 wird nicht weitergeführt,
Pressemitteilung Nr. 14/91,
21.03.1991
- /219/ Lateinische Inschrift beim japanischen Versuchs-
brüter JOYO,
Übersetzt: Die Zeit wird kommen,
da unsere Nachkommen verwundert sein werden,
daß wir so eine Selbstverständlichkeit
erst jetzt erkannt haben.

C H R O N O L O G I E

1955

- Aug. Erste Konferenz der Vereinten Nationen über die friedliche Nutzung der Atomenergie in Genf.
- Okt. Einrichtung des Bundesministerium für Atomfragen (BMAf); F.J. Strauß (CSU) wird Minister.

1956

- Juli Das Reaktorzentrum in Karlsruhe wird eingerichtet; Gründung der Kernreaktor-Bau- und Betriebs GmbH.
- Okt. S. Balke (CDU) wird Nachfolger von F.J. Strauß als Minister für Atomfragen.
- Dez. Der Landtag von Nordrhein-Westfalen beschließt die Einrichtung eines Forschungszentrums, als dessen Standort später Jülich gewählt wird.

1957

- März Unterzeichnung der Verträge zur Europäischen Atomgemeinschaft.
- Aug. Baubeginn FR 2.
- Okt. Das Bundesministerium für Atomfragen wird umbenannt in Bundesministerium für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft.
- Dez. Beginn der Bearbeitung von Brüterthemen in der Bundesrepublik im Rahmen eines Seminars im Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR) des Kernforschungszentrums Karlsruhe.
- Dez., 13. Gründung der Interatom GmbH, Sitz Duisburg.

1958

- Jan. Die Europäische Arbeitsgemeinschaft (Euratom) wird gegründet; Mitglieder: Belgien, Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Italien, Luxemburg und Niederlande.
- Dez., 15. Interatom siedelt über nach Bensberg (Altes Schloß).

1959

- Juni Die Gesellschaft für Kernforschung (GfK) wird gegründet vom Bund und dem Land Baden-Württemberg.
- Juli Der sowjetische Versuchsreaktor BR-5 erreicht Vollast.

1960

- April, 1. Gründung des Projektes Schneller Brüter (PSB) im Kernforschungszentrum Karlsruhe.
- April Die Deutsche Atomkommission verabschiedet das Programm für fortgeschrittene Reaktoren.
- Mai, 15. Der Aufsichtsrat des Kernforschungszentrums billigt das Projekt Schneller Brüter PSB.
- Dez. Der Arbeitskreis III/1 "Kernreaktoren" der deutschen Atomkommission gibt seine Zustimmung zu einem vorläufigen Schnellbrüterprojekt in Karlsruhe über drei Jahre.

1961

- Mai Der Aufsichtsrat des Kernforschungszentrums beschließt, die Aktivitäten im Schnellbrüterprojekt zu verstärken.
- Okt. Der EBR II (25 MWe) wird kritisch.
- Nov. Das Ministerium für Atomkernenergie u. Wasserwirtschaft wird umbenannt in Ministerium für Atomkernenergie.

1962

- Nov. In einem Bericht an den amerikanischen Präsidenten schlägt die Atomenergiekommission der Vereinigten Staaten ein langfristiges Entwicklungsprogramm für Schnelle Brutreaktoren vor.
- Dez. Das Ministerium für Atomkernenergie wird umbenannt in Ministerium für wissenschaftliche Forschung (BMwF);
H. Lenz (FDP) wird Minister als Nachfolger von S. Balke.
- Dez. Der FR2 Reaktor (12 MWth) im Kernforschungszentrum beginnt den Vollastbetrieb.

1963

- März Baubeginn 5 MWth-Anlage bei Interatom (Natriumfüllen Ende 1964).
- Mai Der Assoziationsvertrag des Kernforschungszentrums mit Euratom wird unterzeichnet. Er sieht Ausgaben für das Karlsruher Schnellbrüterprojekt in Höhe von 185 Mio. DM über 5 Jahre vor.
- Aug. Der Enrico Fermi Fast Breeder Reactor (200 MWth, 60 MWe) wird kritisch.
- Dez. General Electric (USA) erhält den Auftrag für das Oyster Creek Kernkraftwerk;
erster kommerzieller Auftrag für ein Leichtwasserkernkraftwerk.

1964

- Jan. Die Gesellschaft für Kernforschung und die Kernreaktor-Bau- und Betriebs-GmbH werden fusioniert.
- Mai Die Verträge für den Bau des SEFOR-Reaktors werden unterzeichnet; gemeinsames Projekt der amerikanischen Atomenergiekommission, der General Electric (GE-USA) und des Kernforschungszentrums Karlsruhe.
- Sept. Die US-Firma General Electric erklärt öffentlich, sie sei zuversichtlich, bis 1974 einen kommerziellen Schnellen Brüter anbieten zu können.

1965

- Juni Baubeginn des 23 MWe Heißdampfreaktors HDR, eines Siedewasserreaktors mit nuklearer Dampfüberhitzung.
- Okt. G. Stoltenberg (CDU) folgt auf H. Lenz als Minister für wissenschaftliche Forschung (BMwF).

1966

- März Baubeginn des 20 MWe natriumgekühlten zirkonhydridmoderierten Versuchskraftwerks KNK im Kernforschungszentrum.
- Okt. Störfall am Enrico Fermi Fast Breeder Reactor (Brennelementschmelzen).
- Nov. Der BMwF bewilligt Gelder für die Projektierung eines 300 MWe natriumgekühlten Brüters durch Siemens/Interatom u. eines 300 MWe dampfgekühlten Brüters durch ein Konsortium von AEG, GHH und MAN.
- Dez. Die SNEAK-Anlage wird kritisch.

1967

- Jan. Gründung des Projektkomitees in Bonn.
- Juli Deutsch-belgisch-niederländisch-luxemburgisches FuE-Abkommen (Regierungsvereinbarung).
- Okt. Britische Wissenschaftler berichten über neue Messungen für den alpha-Wert des Plutoniums.
- Okt. Na 2-Studie von KfK (mit Beiträgen der Industrie) vorgelegt.

1968

- Jan. Der Konsortialvertrag Siemens/Interatom-Belgonucléaire-Neratom wird unterzeichnet.
- April AEG schlägt dem Projektkomitee Schneller Brüter vor, die Entwurfsarbeiten zum Dampfbrüter zu beenden.
- April Zusammenarbeitsvertrag GfK-Siemens/Interatom für Projektierung und F+E des 300 MWe natriumgekühlten Brüterprototyps.
- Juni Beginn von Beratungen in Karlsruhe über mögliche Einstellung des Dampfbrüter-Projekts.
- Juli General Electric und die East Central Nuclear Group (USA) geben die Einstellung des 50 MWe dampfgekühlten Schnellbrüter-Prototypkraftwerks bekannt.
- Dez. Vertrag mit Belgien über gemeinsame deutsch-belgische Nutzung des Versuchsreaktors BR 2.
- Dez. Arbeitskreis Kernreaktoren III/1 schlägt Einstellung der Dampfbrüterarbeiten vor.

1969

- Jan. Karlsruher Untersuchungen über die technische und ökonomische Situation des Dampfbrüters veröffentlicht.
- Febr., 5. Die Industriearbeiten am dampfgekühlten Schnellen Brüter werden auf Verfügung des Forschungsministers Stoltenberg eingestellt; die Karlsruher Arbeiten an diesem Reaktortyp werden reduziert.
- April AEA und Siemens legen ihre Kraftwerksaktivitäten in der gemeinsamen Tochtergesellschaft Kraftwerk Union (KWU) zusammen; wegen der bestehenden Lizenzabkommen werden die Kernkraftwerksaktivitäten zunächst von dieser Fusion ausgenommen.
- Okt. 6. Dt. Bundestag, SPD/FDP-Koalition (Kanzler: W. Brandt).

- Okt. Das Ministerium für wissenschaftliche Forschung (BMwF) wird umbenannt in Ministerium für Bildung u. Wissenschaft (BMBW).
H. Leussink (parteilos) folgt auf G. Stoltenberg als Minister.
- Okt. Der HDR-Reaktor in Kahl (Main) wird kritisch.
- Nov. Künftige Betreiber des SNR 300 gründen Projektgesellschaft Schneller Brüter (PSB).
- Dez. Der sowjetische Versuchsbrüter BOR 60 wird kritisch.
- Dez., 31. Vorlage des SNR 300-Sicherheitsberichts durch das SNR-Konsortium.

1970

- März/Okt. Atomrechtlicher Antrag auf Errichtung und Betrieb des SNR 300/
Kernkraftwerk Weisweiler bzw. Kalkar.
- April Gründung des Fast Reactor Coordinating Committee (FRCC) durch Euratom.
- Mai Erfolgreiche Bestrahlung von 39 SNR-typischen Brennstäben im DFR abgeschlossen; weitere gemeinsame deutsch-britische Brüterforschungsvorhaben beschlossen.
- Sept. Gründung des Arbeitsausschuß F+E-Programme (AA-F+E).
- Okt. Memorandum über Gasbrüter-Aussichten erstellt durch GfK, KFA und Industrie;
vorausgegangen war 1969 ein Abkommen über Gasbrüter-Kennntnis-austausch zwischen Siemens und Gulf General Atomic.
- Okt. Projektgesellschaft Schneller Brüter gibt neuen Standort Kalkar bekannt.
- Nov. Beginn von Bündelbestrahlungsversuchen für SNR 300 im französischen Versuchsbrüter RAPSODIE.
- Dez. Vorläufiger Abschlußbericht über Karlsruher Dampfbrüter-F+E.

1971

- Febr.,15. Statusbericht in Karlsruhe;
öffentliche Diskussion über Entscheidungsgründe zur Aufgabe des Dampfbrüters.
- April Der HDR-Reaktor wird wegen Brennelementversagens stillgelegt.
- Mai/Dez. Vorlage überarbeiteter Sicherheitsbericht für Kernkraftwerk Kalkar durch SNR-Konsortium.
- Mai Erster Brüter-Zusammenarbeitsvertrag mit Japan abgeschlossen.

- Juli Unterzeichnung Memorandum of Understanding zwischen Herstellerfirmen für SNR 300.
- August Erfolgreiche SEFOR-Transientenversuche.
- August Der KNK-Reaktor wird kritisch.
- Okt. Projektkomitee empfiehlt Baubeschluß für SNR 300 nach Prüfung der technischen Baureife.

1972

- Jan. K. v. Dohnanyi (SPD) folgt auf H. Leussink als Minister für Bildung u. Wissenschaft.
- Jan. Deutsch-belgisch-niederländisches Betreiberkonsortium Schnell-Brüter-Kernkraftwerksgesellschaft mbH (SBK) gegründet.
- Febr. Zustimmung zur Förderung des SNR 300 durch das Bundeskabinett.
- März 20. Atomrechtlicher Erörterungstermin für den SNR 300 in Kleve.
- März Die Regierungen von Bundesrepublik Deutschland, Niederlande und Belgien beschließen den Bau des SNR 300.
- März/Nov. Erste Zuwendungsbescheide an die SBK.
- Mai Positives TÜV-Gesamtgutachten für SNR 300.
- Juni Positives Abschlußvotum RSK für SNR 300.
- Juli Angebot an Betreiber für Kernkraftwerk Kalkar.
- August Der KNK-Reaktor erzeugt den ersten Strom.
- Okt., 12. Gründung der Internationalen Natrium-Brutreaktor-Bau Gesellschaft (INB) als deutsch-belgisch-niederländisches Herstellerkonsortium.
- Nov., 10. Kraftwerksauftrag der SBK an INB.
- Nov., 23. Zuwendungsbescheid des BMBW für Kernkraftwerk Kalkar.
- Nov. 7. Dt. Bundestag, SPD/FDP-Koalition (Kanzler: Schmidt)
- Dez. Das Ministerium für Bildung u. Wissenschaft (BMBW) wird aufgeteilt in ein Ministerium für Forschung und Technologie (BMFT) und ein Ministerium für Bildung und Wissenschaft (BMBW). Zuständig für die Kernenergie ist das Ministerium für Forschung und Technologie unter H. Ehmke (SPD).
- Dez., 18. Teilgenehmigung TG 7/1 erteilt für:
Grundkonzept, Reaktorgebäude bis $\pm 0,00$ m.

1973

- März, 19. Atomrechtlicher Antrag, zusätzlich zum Mk I-Kern auch den Reaktorkern Mk Ia zu genehmigen.
- April Baubeginn des SNR 300 in Kalkar.
- April Die Kernreaktorabteilungen von AEG u. Siemens werden mit der Kraftwerk Union fusioniert.
- Okt., 30. Verwaltungsgerichtsklage gegen 1. TG in Düsseldorf.
- Dez., 11. Teilgenehmigung TG 7/1(1) erteilt für:
Bodenblech Stahlblechhülle.
- Dez. EVU-Konvention zwischen Frankreich, Deutschland und Italien zum Bau von Superphénix und SNR 2 unterzeichnet.

1974

- Mai H. Matthöfer (SPD) wird Nachfolger von H. Ehmke.
- Mai, 22 Teilgenehmigung TG 7/2 erteilt für:
Reaktorgebäude, Rest Stahlblechhülle, Dampferzeugergebäude D 2, Nebenanlagengebäude.
- Juli, 14. Der französische 280 MWe Brüterprototyp PHENIX nimmt kommerziellen Betrieb auf.
- Sept. Der KNK-Reaktor wird zum Umbau in einen schnellen Reaktor KNK II stillgelegt.
- Dez., 12 Teilgenehmigung TG 7/2(1) erteilt für:
Kabelkanäle zwischen Dampferzeugerhäuser.

1975

- Mai, 5. Teilgenehmigung TG 7/2(2) erteilt für:
Nebenanlagengebäude (Änderung).
- Aug., 1. Teilgenehmigung TG 7/2(3) erteilt für:
Dampferzeugergebäude D 0 und D 4, Schaltanlagengebäude, Kühlwasserentnahme- und -rückgabebauwerk, Nebenkühlwasserleitung, Cavities, Bodenwannen, Bühnen, Krananlagen.

1976

- Febr. Deutsch-französisches Regierungsabkommen zur Brüterzusammenarbeit unterzeichnet.
- April, 15 Teilgenehmigung TG 7/2(4) erteilt für:
Reaktornotkühlkamin, Kühlwasserpumpenbauwerk.
- Okt., 3 8. Dt. Bundestag, SPD/FDP-Koalition (Kanzler: H. Schmidt);
BMFT H. Matthöfer wiederernannt.
- Okt. Erster Höhepunkt der Bautätigkeit: ca. 1200 Personen auf der
Baustelle (700 Personen Engineering).

1977

- Jan. Siemens übernimmt AEG-Anteile an Kraftwerk-Union.
- Febr. Der britische 250 MWe Brüterprototyp PFR auf Volleistung.
- April US-Präsident Carter verkündet neues Atomprogramm (keine Wiederauf-
arbeitung, Reduktion Brüter).
- Juli Deutsch-französische Brüterverträge unterzeichnet.
- Aug., 18. Oberverwaltungsgericht Münster beschließt, das Bundesverfas-
sungsgericht einzuschalten, um Gültigkeit des Atomgesetzes für
Brüter festzustellen.
- Sept. Bericht des BMFT zur Neubewertung des SNR 300;
bestätigt September 1985.
- Sept, 24. Erste große Demonstration in Kalkar.
- Okt. Bundestagsausschüsse empfehlen politischen Inbetriebnahme-Vorbe-
halt für Kernkraftwerk Kalkar.
- Okt. Der KNK II wird kritisch.
- Dez., 15. Teilgenehmigung TG 7/2(5) erteilt für:
Biologischer Schild, Krananlage Hilfsanlagentrakt, redundante
Dieselluftansaugung.

1978

- Febr. V. Hauff (SPD) folgt auf H. Matthöfer als BMFT.
- März Neue Kostenschätzung für Kernkraftwerk Kalkar ergibt 3,200 Mrd. DM.
- Sept. H.-L. Riemer, MWMV-NRW, empfiehlt: SNR 300 als Plutoniumvernichtungsanlage betreiben.
- Dez., 8. Das Bundesverfassungsgericht stellt fest, daß die Genehmigungsvorschriften des Atomgesetzes der Verfassung entsprechen und weist den Vorlagebeschluß aus Münster zurück;
Aktenzeichen: BVerfG 2 BvL 8/77 ("Kalkar-Urteil").
- Dez., 14. Bundestag beschließt Inbetriebnahmevorbehalt für SNR 300;
zur Vorbereitung der Entscheidung wird eine Enquête-Kommission eingesetzt.
- Dez., 20 Teilgenehmigung TG 7/3 erteilt für:
Inertisierungssysteme, BE-Lagerung und -Handhabung (teilw.)
einschl. zugehörige Leittechnik, Starkstromtechnik, Warte, Reaktorzellenabdeckung.

1979

- März Der 8. Deutsche Bundestag setzt die Enquête-Kommission 1 "Zukünftige Kernenergie-Politik" ein, die u.a. Empfehlungen zur Inbetriebnahme des SNR 300 erarbeiten soll (Vorsitz: R. Ueberhorst).
- März Vollastbetrieb KNK II.
- Juli, 18. Teilgenehmigung TG 7/2(6) wird erteilt für:
Fassaden.
- Juli Tiefpunkt der Baustellentätigkeit, < 400 Personen.
- Dez. RSK empfiehlt Aufhängung des Reaktortanks in Betonstruktur.

1980

- Febr. Amerikanischer 400 MWth Versuchsbrüter FFTF wird kritisch.
- März BMI-Grundsätze zur Entsorgungsvorsorge erlassen.
- April Bericht des Ad hoc-Ausschusses an das Projektkomitee (Ursachen der Projektverzögerungen).
- April Sowjetischer 600 MWe Brüter BN 600 liefert Strom.
- Juni Erster Bericht der Enquête-Kommission "Zukünftige Kernenergie-Politik".

- Juni, 10. Teilgenehmigung TG 7/3(1) wird erteilt für:
Natriumnebenanlagen, Gassysteme, BE-Lagerung und Handhabung (teilw.), Kühlwassersysteme, Versorgungssysteme, Aufbereitungs- und Entsorgungssysteme, E- und Leittechnik, Reaktorzelleneinbauten.
- Okt., 5. 9. Dt. Bundestag, SPD/FDP-Koalition (Kanzler: H. Schmidt).
- Okt. Neue Kostenschätzung für Kernkraftwerk Kalkar ergibt 5,000 Mrd. DM.
- Nov. A. v. Bülow (SPD) folgt V. Hauff als Minister für Forschung und Technologie (BMFT).
- Dez. A. v. Bülow fordert höhere Eigenbeteiligung der Industrie am Kernkraftwerk Kalkar.

1981

- Jan. Interkristalline Korrosion am Reaktortank festgestellt.
- April Parlament setzt Enquête-Kommission 2 "Zukünftige Energie-Politik" ein (Vorsitz: H.B. Schäfer).
- Okt., 9. Teilgenehmigung TG 7/4 wird erteilt für:
Lüftungsanlagen (ohne Reaktorgebäude), Bodenkühleinrichtung, strangspez. Nachwärmeabfuhrsysteme und Nebenkühlwassersystem, Reaktornotkühlsystem, Handhabungseinrichtung.
- Okt. Bundesforschungsminister v. Bülow bewilligt 166 Mio. DM zusätzliche Mittel und vermeidet dadurch drohenden Baustopp für das Kernkraftwerk Kalkar.
- Okt. Internationaler Brüterreport in Kalkar.

1982

- Jan. Übergabe der Obergrenzenstudie durch KfK an Enquête-Kommission.
- April Übergabe der risikoorientierten Studie durch GRS an Enquête-Kommission.
- April, 30. Teilgenehmigung TG 7/2(7) wird erteilt für:
Stahlblechhülle.
- Juli, 28. Teilgenehmigung wird erteilt für:
Kühlturm.
- Juli, 30. Teilgenehmigung TG 7/4(1) wird erteilt für:
Brunnengebäude, lufttechn. Anlagen Reaktorgebäude, Strahlenschutzinstrumentierung.

- Sept. Neue Kostenschätzung für Kernkraftwerk Kalkar ergibt 6,500 Mrd. DM.
- Sept. Positives Votum der Enquête-Kommission; Vorlage 2. Bericht zu Fertigstellung und Inbetriebnahme-Empfehlung.
- Sept., 22. Teilgenehmigung TG 7/5 wird erteilt für: Reventingsystem, Notstromaggregate, Reaktortank mit Einbauten, Reaktordrehdeckel, Primär- u. Sekundärsystem, Reaktorschutz.
- Okt. Regierungswechsel in Bonn ("Wende"); H. Riesenhuber (CDU) folgt auf v. Bülow; Kanzler: H. Kohl.
- Dez., 3. Aufhebung des Inbetriebnahmevorbehaltes des Bundestags mit den Stimmen von CDU/CSU u. FDP.
- Dez. Überbrückungsfinanzierung durch die neue Bundesregierung.
- Dez. Kräftiger Anstieg der Baustellentätigkeit.

1983

- Jan. Projektbegleitung durch Fa. Lurgi.
- Jan., 28. Mk I-Kern wird aus dem atomrechtlichen Verfahren für das Kernkraftwerk Kalkar zurückgezogen.
- Apr., 4. Beschluß des neuen Bundeskabinetts zur Erhöhung der Finanzierung für Errichtung und Inbetriebnahme des SNR 300 (und THTR).
- Juni Antragsunterlagen für Kernelement-Einlagerung eingereicht.
- Juni Gründung der Studiengruppe ARGO in Paris.
- Okt. Belgier und Niederländer begrenzen Finanzbeitrag für Kernkraftwerk Kalkar.
- Dez. Höhepunkt der Baustellentätigkeit: 3300 Mann.
- Dez., 31. Störfalleitlinien durch BMU erlassen.

1984

- Febr. Antragsunterlagen zur Betriebsgenehmigung SNR 300 eingereicht.
- März Positives Gutachten zur Einlagerung der Brennelemente vorgelegt.
- März, 14. SPD-Antrag auf Änderung des Atomgesetzes.
- April, 10. Verwaltungsgericht Düsseldorf: Zurückweisung der Klage von Maas gegen TG 7/1-7/5.

- Mai, 17. SPD-Bundesparteitag in Essen:
Kernenergienutzung nur noch für eine befristete Übergangszeit.
- Juni, 6. Regierungsvereinbarung über Zusammenarbeit auf dem Gebiet natriumgekühlter Brutreaktoren zwischen Deutschland, Frankreich und Großbritannien.
- Juni, 20. Teilgenehmigung TG 7/4(2) wird erteilt für:
diverse anlagentechnische Änderungen.
- Okt. SPD-Landesparteitag in Oberhausen:
Ablehnung der Inbetriebnahme SNR 300.
- Okt. Druckprobe Containment SNR 300 positiv verlaufen.
- Dez., 4.-6. Öffentlicher Erörterungstermin in Wesel zur Kernänderung Mk Ia.

1985

- Mai Errichtung des Kernkraftwerks Kalkar abgeschlossen, Natrium im Hauptsystem.
- Mai Beginn der nichtnuklearen Inbetriebsetzung.
- Mai NRW-Ministerpräsident J. Rau schreibt an Bundeskanzler H. Kohl:
grundlegende Bedenken gegen Brütertechnik und SNR 300.
- Mai, 12. Landtagswahlen in NRW; absolute Mehrheit der SPD;
der bisher für SNR-Genehmigungen zuständige Minister F. Farthmann wird SPD-Fraktionsvorsitzender;
Wirtschaftsminister R. Jochimsen (MWM) erhält die Genehmigungszuständigkeit für das Projekt.
- Mai Kurzfristiger Fabrikationsstopp bei Alkem/RBU für Brennelemente SNR 300.
- Juni SBK u. CEA unterzeichnen Wiederaufarbeitungsvertrag für SNR 300-Brennelemente.
- Juli Farthmann fordert, das "Höllengefeuer von Kalkar" nicht zu entfachen (Spiegel-Interview).
- Aug. Behältersanierung in Kalkar.
- Aug. Alle Brennelemente für SNR 300 gefertigt.
- Sept., 7. 1. Kritikalität des Superphénix.
- Sept. Stellungnahme der Bundesregierung an die Landesregierung NRW:
Betrieb Kalkar unter dem Gesichtspunkt der Sicherheit verantwortbar, Entsorgung gesichert.
- Sept., 28. SPD-Landesparteitag in NRW spricht sich dafür aus, die Entwicklung der Schnellbrütertechnologie zu beenden.

- Okt., 3. Teilerrichtungsgenehmigung TG 7/4(3) wird von NRW-Minister Jochimsen "nach Recht u. Gesetz" erteilt; auffällige Begründung zum Sofortvollzug und zum vorläufigen positiven Gesamturteil.
- Okt., 8. SPD-Parteirat gegen Weiterführung der Brutreaktortechnik; zugleich Ablehnung des Baus der Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf
- Okt., 16. Experten-Hearing beim Wirtschaftsausschuß des Landes Nordrhein-Westfalen.
- Okt. SNEAK-Anlage in Karlsruhe wird stillgelegt; Umwidmung in Tritiumlabor.
- Dez., 12. OVG Münster weist Nichtigkeitsklage ab.
- Dez. Neuverlegung Kabel bei SNR 300.

1986

- Jan. Gutachten (12/1 u. 12/2) zum Betrieb SNR 300 werden vorgelegt.
- Jan., 13. Alle Bescheide (7/1 bis 7/4(3)) sind durch Rücknahme der Berufung seitens des Klägers rechtskräftig.
- Febr. Positive RSK-Empfehlung zum 1. Betriebsschritt (Beladen).
- Apr., 26. Tschernobyl-Unfall.
- Mai Deutscher Gewerkschaftsbund DGB spricht sich gegen Kalkar aus.
- Mai Kernkraftwerk Kalkar zur Aufnahme der Kernelemente und zur Beladung bereit.
- Mai, 26. SPD-Parteivorstand in Hannover: SNR soll nicht in Betrieb gehen; die FuE-Arbeiten sollen gestoppt werden.
- Juni Ernennung W. Wallmann (CDU) als Bundesumweltminister (BMU).
- Juni Nicht-nukleare Inbetriebsetzungstätigkeiten zu 90 % abgeschlossen.
- Juli, 17. NRW-Landtagsbeschluß gegen Kalkar.
- Juli, 18. Unter Vorsitz von Minister Jochimsen empfiehlt der Energiebeirat des SPD-Vorstandes den Kernenergieausstieg.
- Juli, 21. Pressekonferenz Jochimsen: vorläufiges positives Gesamturteil zum SNR 300 nicht mehr möglich.
- Aug. Entfeuchtungsaktion in Kalkar begonnen.
- Aug., 10. SPD-Parteitag in Nürnberg fordert Ausstieg aus Kernenergie innerhalb von 10 Jahren (Vorschlag Hauff-Kommission).
- Sept., 24. Energiebericht der Bundesregierung: Hauptargumente für die Entwicklung der Brütertechnologie haben nach wie vor Gültigkeit.

1987

- März K. Töpfer (CDU) löst W. Wallmann als Bundesumweltminister (BMU) ab.
- März, 6. FDP-Forderung nach unabhängigem Gutachten im Rahmen der Koalitionsverhandlungen.
- April, 1. Pressekonferenz Jochimsen: keine Einlagerungsgenehmigung möglich.
- April, 15. Positives Votum der RSK zu Dokument über Nichtvergleichbarkeit Tschernobyl/Kalkar.
- Juni THTR 300 an Betreiber übergeben.
- Sept., 30. Internationales Experten-Hearing zum Bethe-Tait-Störfall.
- Okt. Motor-Columbus-Gutachten im BMFT-Auftrag zum forschungspolitischen Nutzen des SNR 300 vorgelegt: Kalkar ist zügig in Betrieb zu nehmen und sollte langfristig betrieben werden.
- Nov., 11. Positive RSK-Stellungnahme zum Bethe-Tait-Störfall.
- Dez., 12. Herausnahme der Kernelementeinlagerung aus dem 7/6-Antrag.
- Dez. Bericht des MWMT zum Genehmigungs- u. Aufsichtsverfahren nach Aufforderung durch BMU v. 5.2.87.

1988

- Febr. Kalkar ist bis auf Restpunkte fertiggestellt; die vornuklearen Inbetriebnahmearbeiten sind zu etwa 95 % abgeschlossen.
- Febr. Finanzierung Wartephase beschlossen.
- Apr., 21. SPD-Antrag an Bundesverfassungsgericht gegen Plutonium-Nutzung.
- Apr., 27. Verfahrenslenkende Weisung des BMU an MWMT.
- Mai, 19. Bundesaufsichtliche Stellungnahme zum Bethe-Tait-Störfall.
- Aug, 24. SPD-Antrag an Haushaltsausschuß zur Einstellung der Brutreaktor-entwicklung.
- Okt., 31. Klage Land NRW gegen Bund wegen Weisung vor Bundesverfassungsgericht.
- Nov., 25. Remonstration des MWMT auf die Bethe-Tait-Stellungnahmen.
- Dez., 7. Haushaltsausschuß des Bundestages hebt Sperre über 35 Mio. DM für den SNR 300 auf.

1989

- Febr. Vertrag zur Finanzierung der Wartephase (105 Mio DM pro Jahr) bis 1991 gesichert.
- Febr., 16. Verträge zwischen Großbritannien, Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland zur Brüterzusammenarbeit für European Fast Reactor EFR in Bonn unterzeichnet.
- Apr., 30. SBK-Schriftsatz gegen Verfassungsklage Land NRW/Bund.
- Sept., 8. Bericht des BMU an den Haushaltsausschuß über den Stand des Genehmigungsverfahrens beim SNR 300.
- Okt. Stilllegung THTR 300.
- Okt., 31. Beendigung des Projekts Schneller Brüter (PSB) in Karlsruhe; Überführung der Sicherheitsprogramme für LWR und SBR in das Projekt Nukleare Sicherheitsforschung (PSF).
- Nov., 1. Gründung der Management Group for Research and Development (MGRD) für den European Fast Reactor (EFR).

1990

- Febr. BMFT legt 3. Programm Energieforschung und -technologien vor; Bedeutung der Brutreaktorentwicklung und des SNR 300 erneut dargestellt.
- Febr., 20. Mündliche Verhandlung vor dem Bundesverfassungsgericht Karlsruhe.
- Mai, 22. Bundesverfassungsgericht weist alle Punkte der Klage des Landes als unbegründet zurück; Aktenzeichen 2 BvG 1/88 ("SNR 300-Urteil").
- Okt., 3. Wiedervereinigung Deutschlands.

1991

- Jan. Neuaufgabe Regierungskoalition CDU/CSU-FDP (Kanzler: H. Kohl); H. Riesenhuber als BMFT bestätigt.
- Jan., 9. Die Partner des Wartephasen-Finanzierungsvertrages besprechen die Situation des Projekts beim BMFT.
- März, 20. Die Vertragspartner und der BMFT beschließen die Beendigung des Projekts SNR 300/Kernkraftwerk Kalkar.
- März, 21. Presseerklärung des Bundesministers für Forschung und Technologie; Schuldzuweisung an Land Nordrhein-Westfalen.
- April., 10. Kündigung der Lieferverträge durch SBK für SNR 300/Kernkraftwerk Kalkar.