

Antwort

der Bundesregierung

auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Wolf-Michael Catenhusen, Josef Vosen, Holger Bartsch, Edelgard Bulmahn, Ursula Burchardt, Lothar Fischer (Homburg), Ilse Janz, Horst Kubatschka, Siegmund Mosdorf, Dr. Helga Otto, Ursula Schmidt (Aachen), Bodo Seidenthal, Ulrike Mascher, Otto Schily, Hans Böhler (Hof), Hans Büttner (Ingolstadt), Dr. Peter Glotz, Susanne Kastner, Walter Kolbow, Uwe Lambinus, Robert Leidinger, Heide Mattischeck, Rudolf Müller (Schweinfurt), Dr. Martin Pfaff, Horst Schmidbauer (Nürnberg), Renate Schmidt (Nürnberg), Dr. Rudolf Schöfberger, Erika Simm, Dr. Sigrid Skarpelis-Sperk, Ludwig Stiegler, Uta Titze, Günter Verheugen, Dr. Axel Wernitz, Hermann Wimmer (Neuötting), Dr. Hans de With, Verena Wohlleben, Hanna Wolf, Renate Jäger, Dr. Peter Struck, Hans-Ulrich Klose und der Fraktion der SPD
— Drucksache 12/2569 —

Wissenschaftliche Forschung an Neutronenquellen in der Bundesrepublik Deutschland und geplanter Forschungsreaktor München II

In Garching ist der Bau eines neuen Forschungsreaktors der Technischen Universität München geplant, der als Neutronenquelle für die physikalische Forschung an der Technischen Universität München dienen soll. Sowohl innerhalb der Fachwissenschaft als auch in der Region sind die Notwendigkeit und Auslegung des geplanten Reaktors sowie die Risiken des Reaktorbetriebs umstritten; am Physik-Department der Universität hat sich ein Arbeitskreis gebildet, der Alternativmodelle für eine risikoärmere Neutronenquelle vorgelegt hat.

Vorbemerkung

Der geplante neue Forschungsreaktor München (FRM-II) ist ein Projekt der Technischen Universität München (TUM) in der Verantwortung der Bayerischen Staatsregierung. Mit der Hochfluß-

Die Antwort wurde namens der Bundesregierung mit Schreiben des Bundesministers für Forschung und Technologie vom 30. Juni 1992 im Einvernehmen mit dem Auswärtigen Amt, dem Bundesminister für Wirtschaft, dem Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und dem Bundesminister für Bildung und Wissenschaft übermittelt.

Die Drucksache enthält zusätzlich – in kleinerer Schrifttype – den Fragetext.

neutronenquelle FRM-II sollen eine derzeit bestehende Unterversorgung mit Neutronen in vielen Bereichen der Naturwissenschaften und der Medizin („Neutronenlücke“) korrigiert und der Forschung mit Neutronen neue Impulse gegeben werden. Die Finanzierung des FRM-II soll grundsätzlich über das Hochschulbauförderungsgesetz (HBFUG) zu 50 % vom Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft und zu 50 % vom Freistaat Bayern erfolgen. Hinzu kommt ein fester Zuschuß des Bundesministeriums für Forschung und Technologie aufgrund der technologischen und überregionalen Bedeutung des Projektes.

1. Welche Neutronenquellen mit welcher Leistung stehen der wissenschaftlichen Forschung in der Bundesrepublik Deutschland und in Europa derzeit zur Verfügung?
2. Für welche Bereiche und welche Projekte der Grundlagenforschung, angewandten Forschung und Industrieforschung besteht ein Bedarf an neuen Neutronenquellen in Deutschland?

Intensive Neutronenquellen werden von Wissenschaftlern verschiedener Gebiete – vor allem der Festkörperforschung, der Materialforschung, der Kernphysik, aber auch der Chemie, der Biophysik, der Molekularbiologie und der Medizin – genutzt. Mit Hilfe leistungsfähiger Neutronenquellen und deren Experimentiereinrichtungen lassen sich Forschungsarbeiten durchführen, die Aufschluß über die Struktur, die Morphologie bzw. das Gefüge von Metallen, Legierungen, Halbleitern, Gläsern, Kunststoffen, Polymeren, Flüssigkeiten etc. sowie über die Bewegung von Atomen oder Molekülen in diesen Stoffklassen geben. Es können Informationen über die Struktur und Dynamik von Atomen und Molekülen in biologischen Systemen gewonnen werden.

Des weiteren sind Untersuchungen möglich zu Problemen der Kernspaltung, der Kernstruktur mit Hilfe der Neutroneneinfanggamma-spektroskopie, Anwendungen der Neutronenaktivierung zur Isotopenproduktion spezieller Radionuklide für medizinische Untersuchungen sowie Spurenelementanalyse in der Umweltforschung. Auch Bestimmung der Topologie, die Eigenspannungsmessung in den Ingenieurwissenschaften sowie das Studium von Strahlenschäden in Werkstoffen verschiedener Art, die technisch wichtige Dotierung von Halbleitern durch Kernumwandlungen, die Radiographie mittels Neutronen sowie der Einsatz in der Tumorthherapie sind mögliche Anwendungsfelder.

Die hier exemplarisch skizzierten Anwendungen und insbesondere die neueren Entwicklungen auf dem Gebiet der Forschung mit Neutronen haben dazu geführt, daß eine ständig steigende Zahl von Wissenschaftlern für ihre einschlägigen Forschungsaktivitäten darauf angewiesen ist, Zugang zu Forschungsreaktoren oder anderen intensiven Neutronenquellen zu erhalten. Um ihre jeweiligen Projekte durchführen zu können, bedürfen sie außerdem einer Vielzahl spezieller Experimentiereinrichtungen, die dem neuesten Stand der technischen Entwicklung entsprechen müssen.

Etwa 600 Wissenschaftler in Deutschland nutzen derzeit Neutronen vor allem im Bereich der Festkörperforschung in Physik,

Chemie, Biologie sowie der Materialforschung und auch der Medizin. Für diese Forschungsgruppen stehen derzeit folgende Neutronenquellen zur Verfügung:

	Standort	Fluß (n/cm ² · s)	thermische Leistung (MW)	Anreicherungsgrad %	Bemerkung
FRM-I	München	2,0 · 10 ¹³	4	45	seit 1957 in Betrieb
FRJ-2	Jülich	2 · 10 ¹⁴	23	80 – 93	seit 1962 in Betrieb
FRG-1	Geesthacht	8 · 10 ¹³	5	< 20	seit 1958 in Betrieb, aber 1988/89 modernisiert
BER II	Berlin	1,5 · 10 ¹⁴	10	90 – 93	seit 1973 in Betrieb, nach Modernisierung 1991 erneuter Betriebsbeginn
FMRB	Braunschweig	1,4 · 10 ¹³	1	93	seit 1967 in Betrieb, für Eichzwecke genutzt
HFR deutsch-französisch-britisch	ILL-Grenoble	1,5 · 10 ¹⁵	57	93	seit 1971 in Betrieb, steht wegen eines Schadens still; erneuter Betriebsbeginn nach umfassender Modernisierung voraussichtlich 1994

Daneben gibt es Materialtestreaktoren (Bestrahlungsreaktoren, z. B. der FRG-2 in Geesthacht sowie der Hochflußreaktor Petten in den Niederlanden) für Spezialzwecke.

Ein Blick auf die Tabelle zeigt, daß mit Ausnahme der gerade modernisierten Reaktoren BER II und FRG-1 alle zur Verfügung stehenden Anlagen schon recht alt sind. Geht man von einer durchschnittlichen Lebensdauer von etwa 30 Jahren aus, werden sie – mit Ausnahme der zwei genannten – bald alle außer Betrieb sein. Darüber hinaus sind in den letzten Jahren einige Forschungsreaktoren abgeschaltet worden, wie der FR 2 in Karlsruhe (1982).

In begrenztem Umfang nutzen deutsche Forschungsgruppen Neutronenstrahlen auch in nationalen Einrichtungen der Nachbarländer, vor allem an den Reaktoren DR-3 (Dänemark, Neutronenfluß $1,5 \times 10^{14}$, Inbetriebnahme 1960), Orphée (Frankreich, 3×10^{14} , 1980) und der Spallationsneutronenquelle ISIS in Großbritannien. Allerdings sind auch die meisten europäischen Neutronenquellen (mit Ausnahme des Orphée, des Höchstflußreaktors nach seiner Reparatur und der Spallationsquelle ISIS) praktisch am Ende ihrer natürlichen Lebensdauer angelangt.

Nachdem der BMFT mit dem Vereinigten Institut für Kernforschung (VIK) Dubna eine bilaterale Zusammenarbeit vereinbart hat, bestehen für deutsche Forscher Möglichkeiten zur Nutzung der dortigen Neutronenquelle. Dies ist ein gepulster Reaktor mit Spitzenflüssen von 10^{16} n/cm² · s im Puls.

Neutronenquellen in nicht-europäischen Ländern (vor allem in den USA) sind nur in Einzelfällen von deutschen Forschern nutz-

bar. Die große Entfernung zu diesen Ländern ist ein natürliches Hindernis für die Nutzung – dies gilt insbesondere auch für den wissenschaftlichen Nachwuchs.

Es ist festzuhalten, daß in Europa die meisten vorhandenen Neutronenquellen in diesem Jahrzehnt ihren Betrieb aus Altersgründen werden einstellen müssen. Ein neuer leistungsfähiger Reaktor wie der geplante Forschungsreaktor München II könnte dazu beitragen, eine Neutronenlücke – insbesondere im Spitzenflußbereich – zu vermeiden.

Sollte das FRM-II-Projekt oder ein vergleichbares Projekt nicht realisiert werden, stehen der deutschen Neutronenforschung im Inland bald praktisch wegen altersbedingter Stilllegungen nur noch der BER II (und auch der FRG-1, der aber nicht sehr viele Meßplätze hat) zur Verfügung. Die Neutronenstreuung, neben der Synchrotronstrahlung die zentrale diagnostische Methode zur Untersuchung von festkörperphysikalischen Fragestellungen in Biologie, Chemie, Physik und anderen Disziplinen, könnte dann nicht mehr in der wissenschaftlich wünschenswerten Weise eingesetzt werden.

3. Welchen spezifischen Bedarf soll der in Garching geplante Bau eines Forschungsreaktors München II an der Technischen Universität München befriedigen?
Welche wissenschaftliche Notwendigkeit begründet die vorgesehene Auslegung und Größe des Reaktors?

Die Notwendigkeit einer neuen Neutronenquelle mit hohem Neutronenfluß wurde bereits in der Antwort zu Fragen 1 und 2 dargelegt. Im Zeitraum ab 1977 bis heute haben sich mehrere Sachverständigenkreise mit dieser Frage und der speziellen Notwendigkeit des FRM-II befaßt, darunter:

- Ad-hoc-Ausschuß „Mittelflußreaktor“ (Vorsitz: Prof. zu Putlitz), 1979,
- Gutachterausschuß „Großgeräte in der Grundlagenforschung“ (Vorsitz: Prof. Pinkau), 1981 und 1983,
- Sachverständigenkreis „Naturwissenschaftliche Grundlagenforschung“ (Vorsitz: Prof. Martiensen), 1984 und 1986.

Der Wissenschaftsrat hat sich 1989 und 1992 zur forschungspolitischen Notwendigkeit einer überregionalen Neutronenquelle und insbesondere zu dem geplanten Neubau des FRM-II geäußert. In seiner Empfehlung von 1989 heißt es:

„Der Wissenschaftsrat unterstützt... die Initiative des Freistaates Bayern, mit dem geplanten Neubau eines Forschungsreaktors für die Technische Universität München einen modernen Hochflußreaktor zu schaffen, der interessierten Wissenschaftlern aus der Bundesrepublik Deutschland sowie ausländischen Gästen offenstehen soll. Das Vorhaben ist geeignet, sehr gute Bedingungen für die Forschung mit Neutronen sowie für die nationale und internationale Zusammenarbeit auf diesem Gebiet zu schaffen.“

Zuletzt hat sich die vom Bundesminister für Forschung und Technologie eingesetzte Kommission „Grundlagenforschung“ (unter

Vorsitz von Prof. Großmann) mit der Problematik befaßt. Die Kommission betont die Wichtigkeit der Forschung mit Neutronen. In den Empfehlungen vom Dezember 1991 heißt es:

„Forschung unter Verwendung von Neutronen (Neutronenspektroskopie, Diffraktometrie und Kleinwinkelstreuung) gehört heute zu den wichtigsten Standardmethoden. Neutronenstreuung hat eine unübersehbare Fülle von grundlegenden Erkenntnissen gebracht über Statik und Dynamik kondensierter Materie. Sie ist in zahlreichen Gebieten, die vom BMFT für wichtig erachtet und gefördert werden, unverzichtbar. Die Kommission betont daher ausdrücklich, daß die Forschungsmöglichkeit mit Hilfe von Neutronen in der Festkörperphysik, der Materialforschung, der Chemie, der Makromolekülphysik und (in immer stärkerem Umfang) in den Biowissenschaften zu sichern ist, und zwar, da dies nur mit Hilfe von Großgeräten möglich ist, durch Maßnahmen des BMFT.“

Für die oben und in der Antwort zu den Fragen 1 und 2 angesprochenen Forschungsbereiche sind die in München am FRM-I zur Verfügung stehenden Neutronenintensitäten bei weitem nicht mehr ausreichend.

Der geplante FRM-II könnte als überregionale Neutronenquelle, die für alle interessierten Nutzer zugänglich ist, die Voraussetzungen für die Durchführung eines großen Teils der genannten Forschungsvorhaben schaffen. Diese wissenschaftlichen Ziele und die erforderliche Vielseitigkeit bilden die Grundlage für die Auslegung des Forschungsreaktors.

Die Konzeption des Reaktors basiert auf Erfahrungen aus dem Betrieb des Hochflußreaktors HFR am Institut Laue Langevin (ILL) in Grenoble.

Die Größe des FRM-II stellt aus wissenschaftlicher Sicht einen guten Kompromiß dar. Der FRM-II soll etwa über den halben Fluß des Grenobler Reaktors verfügen und mit entsprechender Optimierung einiger Quellen und Instrumente ähnliche und vergleichbar gute Möglichkeiten wie das ILL bieten. Dieses Ziel soll mit einer Reaktorleistung von nur einem Drittel derjenigen des HFR-ILL erreicht werden.

Um die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten einer Neutronenquelle voll ausnützen zu können, muß ein breiter Fächer verschiedener Forschungsaktivitäten im Umfeld des Forschungsreaktors angesiedelt sein. Dies ist im Fall Münchens wegen der Anwesenheit von zwei großen Universitäten und von mehreren Max-Planck-Instituten in hervorragender Weise gewährleistet. Es gibt im Raum München eine große, diversifizierte Festkörperphysik, eine rasch wachsende Biophysik und Biochemie, ein Institut für Radiochemie und zwei große Medizinische Fakultäten.

4. Welche Mengen an hochangereichertem Uran würden für den Betrieb des Forschungsreaktors München II benötigt?
Hält die Bundesregierung es unter Proliferationsgesichtspunkten für verantwortbar, einen Reaktor mit hochangereichertem Uran zu betreiben (und dabei waffenfähiges Plutonium 239 zu erbrüten)?

8. Welche Forschungsreaktoren sind in Deutschland auf den Betrieb mit niedrig angereichertem Uran umgestellt worden bzw. sollen umgestellt werden?
Warum erfolgt diese Umstellung?
9. Wurde auch für den Garching Reaktor der Betrieb mit niedrig angereichertem Uran geprüft, und zu welchem Ergebnis hat diese Prüfung geführt?
Welche Konsequenzen hätte diese Betriebsart?

Das Brennelement des FRM-II soll ca. 8 kg Uran mit 93 % Anreicherung (HEU) enthalten. Bei 5 geplanten Reaktorzyklen bedeutet das zunächst einen Verbrauch von ca. 40 kg HEU pro Jahr. Bei einer Wiederaufarbeitung der Brennelemente würde sich der Bedarf an frischem Brennstoff auf ca. 10 kg HEU pro Jahr reduzieren.

Die Bundesregierung hält den Betrieb des Forschungsreaktors München II mit hochangereichertem Uran unter Proliferationsgesichtspunkten für verantwortbar.

Der Kernbrennstoff des Forschungsreaktors wird durch organisatorische und technische Maßnahmen (physischer Schutz) vor einem mißbräuchlichen Zugriff gesichert.

Der gesamte Kernbrennstoff des Forschungsreaktors unterliegt lückenlos den Sicherungsmaßnahmen der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) und der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO). Bei den Sicherungsmaßnahmen werden die Besonderheiten der jeweils zu kontrollierenden Anlage berücksichtigt (u. a. Art, Menge und Anreicherungsgrad des spaltbaren Materials).

Die Umstellung von Forschungsreaktoren auf niedrig angereichertes Uran (LEU), d. h. Uran mit einer Anreicherung von 20 % U-235 und darunter, erfolgt aufgrund der Bewertung der INFCE Konferenz (International Fuel Cycle Evaluation), die Ende der 70er Jahre durchgeführt wurde. Diese Konferenz kam zu dem Ergebnis, daß der überwiegende Teil der Forschungsreaktoren, die mit hochangereichertem Uran betrieben werden, ihre Forschungsprogramme auch mit Einsatz niedrigangereicherten Urans erfüllen können. Zur Verringerung des Proliferationsrisikos wurde empfohlen, solche Reaktoren auf niedrigangereichertes Uran umzustellen.

Zugleich wurde jedoch weltweit und einvernehmlich anerkannt, daß es trotz der wünschenswerten Reduzierung des Anreicherungsgrads von Forschungsreaktorbrennstoff bestimmte Verwendungen gibt, die hohe Flüsse erfordern, die nur mit HEU erreicht werden können.

In Deutschland wurde bislang der Forschungsreaktor FRG-1 im Forschungszentrum Geesthacht (GKSS) auf niedrigangereichertes Uran erfolgreich umgestellt. Auch der alte Münchener Reaktor FRM-I befindet sich z. Z. in der Umstellung. Die Umstellung des BER-II in Berlin ist vorgesehen, sobald der vorhandene Vorrat hochangereicherten Brennstoffs verbraucht ist. Ein entsprechender Umstellungsantrag ist an die Genehmigungsbehörde gestellt worden. Auch am FRJ-2 in Jülich laufen Vorbereitungen zur Umstellung auf LEU.

Für den FRM-II mit seinem relativ hohen Neutronenfluß wurde eingehend geprüft, ob ein Betrieb mit LEU möglich und sinnvoll ist. Aufgrund des technischen Konzepts mit einem Kompaktkern ist es bei dem FRM-II – im Gegensatz zu anderen Forschungsreaktoren – nicht möglich, einen geringeren Anreicherungsgrad durch eine größere Urandichte auszugleichen. Um vergleichbare Neutronenflußwerte und Zyklusdauern bei der Verwendung von LEU zu erreichen, wären ein erheblich größeres Brennelement und deutlich höhere Reaktorleistung notwendig. Dies bedeutet erheblich höhere Bau- und Betriebskosten sowie eine z. T. drastisch größere Menge an radioaktiven Spaltprodukten und erbrütetem Plutonium 239, das aus dem nicht spaltbaren Uran 238 entsteht. Insgesamt – so ergibt eine Abschätzung der Technischen Universität München (TUM) – würde das sicherheitstechnisch bedeutsame Inventar radioaktiver Spaltstoffe um 50 % und das an erbrütetem Plutonium sogar um 1 500 % höher sein.

5. Welches Entsorgungskonzept besteht für den Forschungsreaktor München II?

Was sieht dieses Entsorgungskonzept

- für den Transport der abgebrannten Kernbrennstoffe,
- für die Wiederaufarbeitung und
- für die Endlagerung des Materials vor?

Der Entsorgung des geplanten FRM-II liegt grundsätzlich dasselbe Konzept zugrunde wie der Entsorgung der bestehenden deutschen bzw. europäischen Forschungsreaktoren. Die TUM wird in ihrem Antrag zur Baugenehmigung für den FRM-II ihr Entsorgungskonzept den zuständigen Genehmigungsbehörden darstellen. Die Bundesregierung kann dem Bescheid der Genehmigungsbehörden nicht vorgreifen.

Traditionell war die Entsorgung der Forschungsreaktoren gesichert durch Rücknahme der abgebrannten Brennelemente durch die USA, dem Herkunftsland des Brennstoffs. Dieser Entsorgungspfad ist durch inneramerikanische Probleme auf unbestimmte Zeit unterbrochen. Ersatzweise wird eine längerfristige Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen in Dounreay (UK) durchgeführt mit der Option der Wiederaufarbeitung. Der Bundesminister für Forschung und Technologie arbeitet z. Z. an einem Gesamtkonzept zur Entsorgung der deutschen Forschungsreaktoren. Dies Konzept enthält folgende Elemente:

1. Trockene Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente in geeigneten Transport- und Lagerbehältern (z. B. Castor THTR).
2. Prüfung von Aufarbeitungsalternativen einschließlich einer Zwischenlagerung in Wiederaufarbeitungsanlagen in Großbritannien oder Frankreich.
3. Prüfung von Rücknahmeverpflichtungen durch die Hersteller bzw. Lieferanten der frischen Brennelemente.

6. Warum wurde die Vorlage eines Sicherheitsberichtes für den Forschungsreaktor München II bereits zweimal verschoben?
Wie bewertet die Bundesregierung in diesem Zusammenhang die räumliche Nähe des geplanten Reaktors zum Flughafen München II?

Für den in Planung befindlichen Forschungsreaktor München II wurde noch kein Genehmigungsantrag gestellt. Damit besteht noch keine Verpflichtung, einen Sicherheitsbericht vorzulegen. Nach Kenntnis der Bundesregierung gibt es einen fertigen Entwurf des Sicherheitsberichts, der dem Antrag auf Baugenehmigung beigelegt werden soll. Er wird im Rahmen des Auslegungs- und Anhörungsverfahrens veröffentlicht werden.

Die Bewertung möglicher Gefährdungen des Forschungsreaktors durch einen Flugzeugabsturz wird für den vorgesehenen Standort in einem zukünftigen Genehmigungsverfahren durchzuführen sein. Dem Ergebnis dieser Prüfung kann nicht vorgegriffen werden.

7. Hält die Bundesregierung die administrativen Strukturen an der Technischen Universität München für geeignet, den Betrieb und die Sicherheit eines Reaktors der geplanten Größenordnung sicherzustellen?

Die Frage der Eignung der administrativen Strukturen für die Gewährleistung eines sicheren Betriebes muß in einem zukünftigen Genehmigungsverfahren geprüft werden. Ohne der Bewertung in dem Genehmigungsverfahren vorzugreifen, sei darauf hingewiesen, daß an der Technischen Universität München der Forschungsreaktor FRM-I seit 35 Jahren mit einer genehmigten administrativen Struktur erfolgreich betrieben wurde. Auf das breite wissenschaftliche Umfeld in München ist bereits verwiesen worden.

10. Welche Mengen Tritium werden jährlich im Betrieb des Forschungsreaktors München II entstehen?
Welche Mengen werden davon freigesetzt, wieviel wird zurückgehalten?
Was soll mit dem nicht emittierten Tritium geschehen?

Tritium entsteht in mit Schwerem Wasser (D_2O) moderierten Reaktoren. Weltweit werden sowohl Leistungs- als auch Forschungsreaktoren mit Schwerem Wasser moderiert. In Deutschland betrifft dies den FRJ-2 (Jülich) und den geplanten FRM-II. Auch der HFR in Grenoble (ILL) ist schwerwassermoderiert.

Bei dem Betrieb des FRM-II werden ca. 3 g Tritium pro Jahr gebildet, entsprechend einer Aktivität von 1×10^{15} Bq.

Eine maximale Abgabe von Tritium von 2×10^{11} Bq/Jahr (Wasserpfad) und 3×10^{12} Bq/Jahr (Luftpfad) soll im Genehmigungsverfahren beantragt werden.

Diese Werte liegen im unteren Bereich der für andere Schwerwasser-Forschungsreaktoren genehmigten Abgaberaten.

Das tritiumhaltige D₂O (sowie D₂ der kalten Quelle) wird im Abstand von drei bis fünf Jahren durch reines D₂O (bzw. D₂) ausgetauscht. Für die anschließende Detritierung des D₂O stehen u. a. Anlagen am Hochflußforschungsreaktor in Grenoble sowie bei der kanadischen Firma ONTARIO HYDRO zur Verfügung.

Der zukünftige Betreiber der FRM-II ist verpflichtet, die außenwirtschaftsrechtlichen Bestimmungen zu beachten.

11. Welche Erfahrungswerte hierzu liegen für den Betrieb des deutsch-französischen Forschungsreaktors in Grenoble vor?
Welche Verwendung ist für das zurückgehaltene Tritium vorgesehen?
Hat die Bundesregierung Kontrollmöglichkeiten, die eine ausschließlich nicht-militärische Anwendung in Grenoble sicherstellen?

Im Schwerwasser des HFR in Grenoble entstehen je Betriebszyklus bei Nominalleistung etwa 1,7 g Tritium = $6 \cdot 10^{14}$ Bq = 16,5 kCurie. Bei 5 Zyklen werden jährlich 8,5 g Tritium erzeugt. Die Tritiumproduktion in dem den Reaktordruckbehälter umgebenden Leichtwasser ist vernachlässigbar gering. Dadurch, daß sich das gesamte Schwerwasser in einem geschlossenen und überwachten Kreislauf befindet, wird das gesamte Tritium von den Betriebszonen und von der Umwelt ferngehalten. Das Schwerwasser wird regelmäßig in einer eigenen, dafür vorgesehenen Anlage behandelt, um den Tritiumgehalt des Wassers auf niedrigen Werten zu halten.

Das entzogene Tritium wird im Rahmen eines Vertrages zwischen dem ILL und dem CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique) an das CEA abgegeben. In diesem Vertrag verpflichtet sich das CEA, Tritium, das aus dem Schwerwasser des ILL abgetrennt worden ist, nicht zur Entwicklung oder Herstellung von Nuklearwaffen zu verwenden.

12. Welche alternativen Reaktormodelle sind für das Projekt in Garching diskutiert worden, und welche Gründe haben zu der Entscheidung für das aktuelle Konzept geführt?

Entsprechend den hohen Anforderungen der Nutzer muß ein zeitgemäßer Forschungsreaktor heutzutage als „Strahlrohrreaktor“ optimiert werden, d. h. er muß einen hohen und spektral reinen thermischen Neutronenfluß in einem großen nutzbaren Volumen außerhalb des Reaktorkerns zur Verfügung stellen. Aus neutronenphysikalischen Gründen muß der Reaktorkern von einem großen Volumen aus Schwerem Wasser umgeben sein; die früher verwendeten Alternativen von leichtem Wasser oder Beryllium haben demgegenüber Nachteile. Weiterhin ist es nicht nur aus Kostengründen, sondern auch im Interesse einer möglichst geringen Erzeugung von radioaktiven Spaltprodukten bzw. Aktiniden vorteilhaft, wenn diese hohen Neutronenflüsse schon bei einer kleinen Reaktorleistung gewonnen werden. Daraus resultiert das für den FRM-II gewählte Konzept des sehr kompakten Reaktorkerns. Insgesamt ist das gewählte Reaktormodell in der

Lage, die gestellten Anforderungen eindeutig am besten zu erfüllen.

13. Wie bewertet die Bundesregierung den Vorschlag, anstelle eines Forschungsreaktors eine Spallationsneutronenquelle zu bauen? Welche Unterschiede bestehen nach Einschätzung der Bundesregierung zwischen dem Betrieb eines Reaktors und einer Spallationsquelle insbesondere hinsichtlich
- nationaler und internationaler wissenschaftlicher Forschungsmöglichkeiten,
 - Sicherheit (bei laufendem Betrieb und im Störfall),
 - Entsorgung,
 - Kosten und
 - Verfügbarkeit der Anlage?

Die Einbeziehung alternativer Neutronenquellen, insbesondere sogenannter Spallationsquellen, in die Planungen für neue Neutronenquellen wird seit längerem von Physikern und Ingenieuren auf internationaler Ebene diskutiert. In Spallationsquellen kommt eine alternative Methode der Erzeugung von Neutronen zum Tragen:

Durch hochbeschleunigte Teilchen werden schwere Atomkerne zertrümmert und dabei Neutronen freigesetzt.

Gegenwärtig sind weltweit vier Spallationsneutronenquellen an den stärksten verfügbaren Beschleunigern installiert. Es handelt sich dabei um pulsierende Quellen. Reaktorneutronenquellen sind dagegen kontinuierliche Quellen, die ständig Neutronenstrahlen liefern.

Die Technik der Spallationsquellen befindet sich noch stark in der Entwicklung und kann daher vor allem für hohe Neutronenflüsse derzeit und in absehbarer Zukunft nicht als völlig ausgereift angesehen werden. Ihr Betrieb wird nicht so problemlos wie der von Reaktoren erfolgen, ihre zeitliche Verfügbarkeit wird deutlich geringer sein. Nukleare Unfälle, wie sie bei Reaktoren denkbar sind, gibt es bei Spallationsquellen allerdings nicht und die Entsorgung ist ungleich einfacher, da eine Spallationsquelle nicht notwendigerweise spaltbares Material enthält und weniger Spaltprodukte als bei einem Reaktor entstehen; gerade für höhere Neutronenflüsse sehen heutige Entwürfe allerdings häufig ein Uran-Target vor.

Auch bei dem Betrieb einer Spallationsquelle wird Tritium erzeugt, wenn eine Moderation der Neutronen mit Schwerem Wasser erfolgt. Bei der Schwerwassermoderation gilt grob, daß die erzeugte Tritiummenge proportional zu dem Neutronenfluß ist, unabhängig ob diese Neutronen aus einem Reaktor oder einer Spallationsquelle herrühren.

Mit ISIS (RAL) in Großbritannien verfügt Europa über eine gepulste Spallationsquelle, die in ihrer mittleren Leistung nicht einmal einem Mittelflußreaktor entspricht. Für einige ausgewählte Experimente (Diffraktometrie, höhere Einfallsenergien) ist ISIS einem Mittelflußreaktor adäquat oder überlegen. Insbesondere ist der Aufbau von Flugzeitexperimenten einfach und kostengünstig.

Am Paul Scherrer Institut (PSI) in der Schweiz wird derzeit eine kontinuierliche Spallationsquelle (SINQ) gebaut. Der Betriebsbeginn ist für 1994/95 vorgesehen. Es soll ein Neutronenfluß von $1 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2 \text{ s}$ erreicht werden; dieser Wert ist bedeutend geringer als bei dem geplanten FRM-II.

Es ist offen, ob die längerfristige Zukunft der Neutronenforschung eher bei Spallationsquellen als bei Reaktoren liegen wird. Der Versuch, eine Spallationsneutronenquelle mit besonders hohem Fluß in Deutschland zu errichten, wurde in der ersten Hälfte der 80er Jahre unternommen (SNQ-Projekt Forschungszentrum Jülich). Er wurde bereits im Planungsstadium aufgegeben, vor allem wegen der hohen Kosten. Infolge technischer Fortschritte und verringerter Ansprüche (im Vergleich mit der SNQ) an die Leistungsfähigkeit einer Spallationsquelle würde man heute möglicherweise zu einer vergleichsweise günstigeren Kostenschätzung gelangen. Allerdings ist davon auszugehen, daß die Bau- und Betriebskosten trotzdem z. Z. noch erheblich über denen eines vergleichbaren Reaktors liegen.

Zudem würde die Errichtung einer Spallationsquelle sicher deutlich länger dauern als die eines Reaktors.

14. Wie bewertet die Bundesregierung den Gedanken einer multinational betriebenen Spallationsquelle?
Wie bewertet die Bundesregierung in diesem Zusammenhang das sog. AUSTRON-Projekt?

Der Bundesregierung ist bekannt, daß derzeit Wissenschaftler aus verschiedenen europäischen Ländern über eine leistungsfähige Neutronenquelle nachdenken, die deutlich nach dem Jahr 2000 an die Stelle des HFR in Grenoble treten und den hohen Leistungsstand der Forschung mit Neutronen im Spitzenfluß in Europa sichern soll. Es ist offen, ob aus Sicht der Wissenschaft hierzu eher eine Spallationsquelle oder ein Forschungsreaktor geeignet ist. Es bietet sich an, ein solches Projekt international zu verfolgen. Die Regierungen der beteiligten Länder werden aus heutiger Sicht frühestens in der zweiten Hälfte der neunziger Jahre zu entscheiden haben, ob sie dieses Projekt langfristig aufgreifen.

Die Bundesregierung bemüht sich, die Entwicklung in Nachbarländern zu verfolgen und bei ihren Planungen zu berücksichtigen. Allerdings liegen ihr keine näheren Angaben über das von Wissenschaftlern in Österreich verfolgte Projekt einer Spallationsquelle AUSTRON vor.

15. Hat die Bundesregierung nach der Vereinigung der beiden deutschen Staaten Überlegungen angestellt, für einen Forschungsreaktor einen Standort in Ostdeutschland zu suchen?
Hat die Bundesregierung die Realisierung eines Forschungsreaktors am Standort Rossendorf geprüft?

Der FRM-II ist ein Projekt des Freistaats Bayern, der mit einem hohen Landesanteil finanziert werden soll. Daher hat die Bundesregierung keine Möglichkeit gesehen, einen Standort für diesen Reaktor außerhalb des Freistaates Bayern zu suchen. Andere Pläne für einen neuen Forschungsreaktor hat die Bundesregierung seit der Vereinbarung nicht verfolgt.

Am Standort Rossendorf wurde vom ehemaligen Zentralinstitut für Kernforschung (ZfK) der AdW ein älterer Forschungsreaktor russischer Bauart betrieben. Dieser Reaktor hatte nach einer teilweisen Modernisierung eine vorläufige Betriebsgenehmigung, die am 30. Juni 1991 auslief. Der BMFT hat, einer Empfehlung des Wissenschaftsrates folgend, die Genehmigungsfähigkeit des Reaktors und den Kostenaufwand für eine Wiederinbetriebnahme geprüft sowie den potentiellen Nutzen für die Forschung mit Neutronen. Der BMFT hat bei dieser Prüfung Sachverständige aus Wissenschaft und Industrie hinzugezogen. Das Ergebnis dieser Prüfung ist, daß dem Rossendorfer Forschungsreaktor im Vergleich zu anderen Neutronenquellen und unter Berücksichtigung der Genehmigungs- und Kostenrisiken keine hohe Priorität zuerkannt wird. Der BMFT hat daher eine Beteiligung an dem Rossendorfer Reaktor abgelehnt.

Im übrigen ist bei der regionalen Verteilung von Neutronenquellen zu beachten, daß der Osten und Norden Deutschlands durch den Berliner und den Geesthachter Reaktor versorgt werden können.

16. Welche finanziellen vertraglichen Verpflichtungen ist das Bundesministerium für Forschung und Technologie bislang gegenüber dem Land Bayern eingegangen?
Welche Kostenschätzungen lagen diesen Verträgen zugrunde?
Wie ist der aktuelle Stand der Kostenschätzungen für den Forschungsreaktor München II?
Welche Kosten erwartet die Bundesregierung für Bau, Betrieb und Abriß des Reaktors?
Welche Summen sind in der mittelfristigen Finanzplanung des Bundes dafür vorgesehen?

Der FRM-II ist ein Hochschulprojekt. Die Finanzierung des Projektes soll daher grundsätzlich entsprechend dem Hochschulbauförderungsgesetz (HBFG) erfolgen. Dies sieht eine jeweils 50 % Beteiligung durch den Freistaat Bayern und das Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft vor. Aufgrund der technologischen Neuentwicklung („Kompaktkern“) bei dem FRM-II-Projekt und der überregionalen Bedeutung hat das BMFT Finanzierungsbeiträge in Höhe von

- 100 Mio. DM für Hochtechnologieentwicklungen,
- 60 Mio. DM für Experimentierausrüstung und
- 80 Mio. DM an den Betriebskosten für zehn Jahre zugesagt.

Diese Zusagen erfolgten 1990 bei einer Gesamtkostenschätzung von 365 Mio. DM (Preisstand 1987). Es wurde von Seiten des BMFT mehrfach klargestellt, daß es sich bei dem Zuschuß des BMFT um einen festen Betrag handelt. Mehrkosten gehen damit zu Lasten Bayerns bzw. des HBFG.

Laut Angaben des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst betragen die aktuellen Projektkosten 525 Mio. DM (Preisstand Mai 1992):

- 392,1 Mio. DM Errichtung des Reaktors,
- 50,2 Mio. DM Planungs- und Genehmigungskosten,
- 12,7 Mio. DM Brennelement, Schwerwasser,
- 10,4 Mio. DM Infrastrukturmaßnahmen,
- 60,0 Mio. DM Experimentelle Sondereinrichtungen,
- 525,4 Mio. DM Summe

Die Betriebskosten werden derzeit auf ca. 20 Mio. DM pro Jahr geschätzt; dies schließt Personalkosten ein. Die Höhe der Abrißkosten ist derzeit nicht bekannt.

Der Wissenschaftsrat hat in seiner Empfehlung zum Neubau eines Forschungsreaktors an der Technischen Universität München vom 12. Mai 1989 erklärt, daß – vorbehaltlich der Finanzierungsmöglichkeiten – über eine Aufnahme des Forschungsreaktors in den Rahmenplan nach dem Hochschulbauförderungsgesetz erst nach Erteilung der ersten Teilgenehmigung im atomrechtlichen Genehmigungsverfahren sowie nach Klärung der Frage, ob hochangereichertes Uran als Betriebsmittel für den Reaktor zur Verfügung steht, entschieden werden sollte. Er hat aber 40 Mio. DM Planungskosten zur Freigabe empfohlen. Nach Zustimmung durch den Planungsausschuß für den Hochschulbau werden diese zu jeweils 50 % im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe Hochschulbau vom Bundesminister für Bildung und Wissenschaft sowie dem Freistaat Bayern finanziert. Der Bundesminister für Forschung und Technologie hat 1988 für die Erstellung des Anlagenentwurfes (und für Vorarbeiten des Sicherheitsberichts) 2,8 Mio. DM bewilligt.

Eine endgültige Beschlußfassung des Bayerischen Ministerrats zu dem FRM-II-Projekt steht noch aus. Er wird sich in Kürze mit dem Projekt erneut befassen. Die vom BMFT zugesagte Finanzierungs-beteiligung wird erst nach Vorliegen der 1. Teilerrichtungsgenehmigung notwendig. Diese ist nach Auskunft des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst in der ersten Hälfte 1994 zu erwarten.

17. Wie sieht der weitere Entscheidungsablauf innerhalb des Bundesministeriums für Forschung und Technologie aus?

Die Verantwortung für das Projekt liegt bei der Technischen Universität München und damit bei dem Freistaat Bayern.

Der Wissenschaftsrat hat sich in seiner letzten Sitzung (13. bis 15. Mai 1992) erneut mit dem FRM-II beschäftigt und den Freistaat Bayern aufgefordert, in der nächsten Sitzung (1. bis 3. Juli 1992) erneut zu berichten, insbesondere auch über den Stand der Entscheidung in Bayern und das Finanzierungskonzept.

