



PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : G21C 15/18, 13/093, 1/02</p>	A1	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 91/07758</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 30. Mai 1991 (30.05.91)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE90/00880</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 15. November 1990 (15.11.90)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: P 39 38 345.8 17. November 1989 (17.11.89) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): INTER-ATOM GMBH [DE/DE]; Friedrich-Ebert-Straße, D-5060 Bergisch Gladbach 1 (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : HAMMERS, Heinz-Wilhelm [DE/DE]; Richard-Zörner-Straße 3A, D-5060 Bergisch Gladbach 1 (DE).</p> <p>(74) Anwalt: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-8000 München 22 (DE).</p>		<p>(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), SU, US.</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>

(54) Title: LIQUID METAL-COOLED NUCLEAR REACTOR

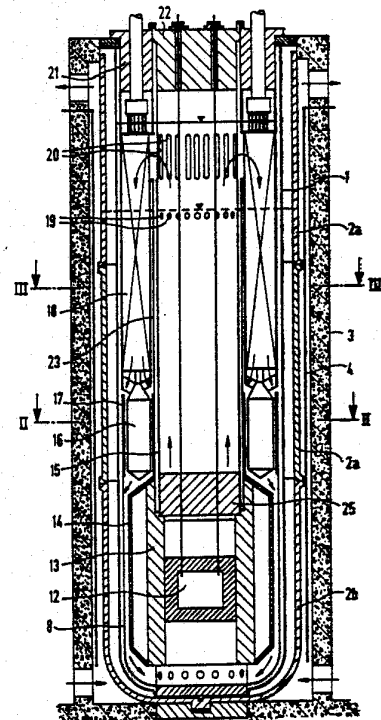
(54) Bezeichnung: FLÜSSIGMETALLGEKÜHLTER KERNREAKTOR

(57) Abstract

A modular liquid metal-cooled nuclear reactor for a nuclear power plant is lodged in a reactor cavern (3) fitted with cooling surfaces (4). The reactor comprises a reactor tank (1) which contains a reactor core (12), one or more heat-exchangers (18) and primary pumps. It is surrounded by a cast iron double tank (2) which acts as a heat accumulator and which consists of a plurality of detachably interconnected, superimposed rings (2a) and a base (2b). This arrangement simplifies the structure and facilitates operation, inspection and repair or interchange. The manufacture of the double tank (2) from cast iron has appreciable advantages for the design of the entire plant as regards external influences. The heat accumulator function has appreciable advantages for the design of the heat dissipation systems of the cooling surfaces (4).

(57) Zusammenfassung

Flüssigmetallgekühlter Kernreaktor für ein Kernkraftwerk nach dem Modulprinzip in einer mit Kühlflächen (4) ausgestatteten Reaktorkaverne (3) mit einem Reaktortank (1), der einen Reaktorkern (12), einen oder mehrere Wärmetauscher (18) und Primärpumpen (16) enthält und der von einem als Wärmespeicher dienenden Doppeltank (2) aus Gußeisen aus mehreren lösbar miteinander verbundenen und übereinander gestapelten Ringen (2a) und einem Boden (2b) umgeben ist. Mit dieser Anordnung wird nicht nur der Bauaufwand vermindert, sondern es werden auch Vorteile bei Betrieb, Inspektion und Reparatur bzw. Auswechslung erreicht. Die Herstellung des Doppeltanks (2) aus Gußeisen hat erhebliche Vorteile bei der Auslegung der Gesamtanlage in Bezug auf Einwirkungen von außen. Die Funktion als Wärmespeicher hat erhebliche Vorteile bei der Auslegung der Wärmeabfuhrsysteme der Kühlflächen (4).



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	MG	Madagaskar
AU	Australien	FI	Finnland	ML	Mali
BB	Barbados	FR	Frankreich	MN	Mongolei
BE	Belgien	GA	Gabon	MR	Mauritanien
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BJ	Benin	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	PL	Polen
CA	Kanada	IT	Italien	RO	Rumänien
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SN	Senegal
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SU	Soviet Union
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
DE	Deutschland	LU	Luxemburg	TG	Togo
DK	Dänemark	MC	Monaco	US	Vereinigte Staaten von Amerika

1 Flüssigmetallgekühlter Kernreaktor

Die vorliegende Erfindung betrifft einen flüssigmetallgekühlten Kernreaktor für ein Kernkraftwerk nach dem Modulprinzip in einer mit Kühlflächen ausgestatteten Reaktorkaverne mit einem Reaktortank, der einen Reaktorkern, einen oder mehrere Wärmetauscher und Primärpumpen enthält und der von einem Doppeltank umgeben ist.

10 Nach dem auch bei anderen Reaktortypen bereits vorgeschlagenen Modulprinzip soll die Gesamtleistung eines Kernkraftwerks nicht mehr mit einem einzigen großen Reaktor, sondern mit mehreren kleinen Reaktoren erreicht werden. Auf diese Weise kann bei Ausfall, Inspektion oder Wartung eines Reaktors das Kernkraftwerk mit verringerter Leistung weiter betrieben werden. Gegenüber den bisher gebauten bzw. geplanten flüssigmetallgekühlten Kernkraftwerken mit nur einem Reaktor mit einer Einzelleistung von 1000 MW oder mehr können Kernkraftwerke, die aus mehreren Modulreaktoren mit einer Einzelleistung von jeweils ca. 200 MW bestehen, zwar einige Nachteile in bezug auf Brennstoffeinsatz und Brutrate aber erhebliche Vorteile beim Bau und Betrieb haben. Ein Modulreaktor kann bei Ausfall aller aktiven Systeme seine Nachwärme vollständig über seine Oberfläche nach außen abgeben.

25 In der DE-PS 31 15 844.7 hat die Anmelderin erstmalig einen natriumgekühlten Kernreaktor nach dem Modulprinzip angegeben und die Vorteile dieses Prinzips dargestellt. Die dort vorgesehene Anordnung der elektromagnetischen Pumpen außerhalb des Reaktortanks hat erhebliche Vorteile in bezug auf Montage, Inspektion und Auswechslung dieser Pumpen. Sie stört jedoch die ungehinderte Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorkern durch die Tankwand nach außen, wenn die normale Wärmeabfuhr über die Sekundärkreise an einen oder mehrere Dampfkreise ausfällt.

35 Diese passive Nachwärmeabfuhr ist aber ein besonderer Vorteil von Modulreaktoren und trägt erheblich zu deren einfacher und

1 kostengünstiger Bauweise bei. Der mit Natrium gefüllte
Reaktortank ist in üblicher Weise in einem zweiten, Inertgas
enthaltenden sogenannten Doppeltank angeordnet, an seinem
unteren Ende auf einem Fußring abgestützt und an seinem oberen
5 Ende mit einem Ring in einem abnehmbaren Tragringsystem geführt, der
auf dem oberen Rand einer Reaktorkaverne aus Beton ruht. Der
Doppeltank soll bei einem Schadensfall am Reaktortank das
flüssige Natrium aufnehmen.

10 In der EP-A-0 118 016 werden noch einmal die Vorteile des
Modulprinzips bei Transport und Montage ausführlich beschrieben
und zahlreiche konstruktive Einzelheiten näher erläutert.
Nachteile dieser Konstruktion sind die dort vorgesehenen
Durchdringungen der Tankaußenwand und die Anordnung einer
15 zentralen elektromagnetischen Pumpe unterhalb des Reaktortanks,
die zu einer erheblichen Vergrößerung der Bauhöhe führt und
erheblichen zusätzlichen Aufwand verursacht bei der Inspektion
und Auswechslung dieser Pumpen, weil das Kühlmittel vorher
abgelassen werden muß. Nachteilig ist auch, daß die Nachwärme
20 bei Ausfall der Sekundärkühlkreise im biologischen Schild, also
erst im Beton außerhalb eines Doppeltanks aus Stahl,
gespeichert wird.

In der US-A-4 650 642 ist ein Kernreaktor beschrieben, der vor
25 allem die Nachwärme nach einer an sich extrem unwahrscheinlichen
Kernschmelze ableiten und einen Schaden für die Umwelt
vermeiden soll. Zu dem Zweck ist unterhalb des Reaktortanks
eine dicke und im Boden verankerte Schale aus Stahlguß
vorgesehen, die den durch den Reaktortank hindurchgeschmolzenen
30 Reaktorkern aufnehmen soll. Die als Doppeltank vorgesehene
zylindrische Seitenwand dieser Schale berührt entweder eine
thermische Isolierung oder einen Kühlmantel, der von einem
biologischen Schild aus Beton umgeben ist. Stahlgußbehälter
dieser Art und Größe sind sehr schwer und teuer und nicht in
35 einem Stück zu gießen. Sie müssen daher aus mehreren Stücken
zusammengeschweißt werden. Wesentliches Merkmal dieses

1 Kernreaktors ist ein Wasser/Dampf-Kühlungssystem unterhalb des
Reaktors. Doppeltank und Kaverne sind nur noch ein Bauteil.
Doppeltank und Kühlflächen lassen sich von außen nicht
reparieren und sind kaum zu demontieren.

5

In der EP-A-0 308 691 hat die Anmelderin einen weiteren
flüssigmetallgekühlten Kernreaktor nach dem Modulprinzip
angegeben, der gegenüber den bisher gebauten bzw. geplanten
Kernreaktoren nicht nur den Bauaufwand vermindert, sondern auch
10 Vorteile bei Betrieb, Inspektion und Reparatur bzw.
Auswechslung bietet. Dieser Reaktor soll die immer wieder
diskutierte Möglichkeit, daß Risse im Tank oder in der Struktur
fortschreiten, daß der Kern sich absenkt und dadurch die am
Deckel aufgehängten Kontrollstäbe aus dem Kern herausgezogen
15 werden, prinzipiell vermeiden, indem die wesentlichen Teile
übereinander gestapelt auf dem Boden der Reaktorkaverne ruhen.
Damit werden auch Relativbewegungen zwischen Reaktorkern und
Kontrollstäben bei Erdbeben reduziert oder ganz vermieden,
womit erheblicher Aufwand für sicherheitstechnische Maßnahmen
20 vermieden werden kann. Dieser Reaktor kann seine Nachwärme bei
einem Ausfall seiner Sekundärkühlkreise über die Oberfläche
seines Reaktortanks und durch seinen Doppeltank hindurch
vollständig an Kühlflächen in der Reaktorkaverne abgeben, die
aber wegen ihrer hohen sicherheitstechnischen Bedeutung
25 entsprechend zuverlässig sein müssen. Diese Zuverlässigkeit
wird durch mehrfache Redundanz des gesamten Kühlsystems, durch
Notstromversorgung und/oder durch Betrieb im Naturumlauf
erreicht. Diese Maßnahmen sind mit besonderen Kosten verbunden.

30 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Angabe eines
demontierbaren flüssigmetallgekühlten Kernreaktors für ein
Kernkraftwerk nach dem Modulprinzip in einer mit Kühlflächen
ausgestatteten Reaktorkaverne mit einem Reaktortank, der einen
Reaktorkern, einen oder mehrere Wärmetauscher und Primärpumpen
35 enthält und der von einem Doppeltank umgeben ist, bei dem die
Nachwärme zunächst gespeichert und dann an die Umgebung

1 abgegeben wird.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein flüssigmetallgekühlter Kernreaktor vorgeschlagen für ein Kernkraftwerk nach dem
5 Modulprinzip in einer mit Kühlflächen ausgestatteten Reaktorkaverne mit einem Reaktortank, der einen Reaktorkern, einen Wärmetauscher und Primärpumpen enthält und der von einem als Wärmespeicher dienenden Doppeltank aus Gußeisen und aus mehreren miteinander verbundenen und übereinander gestapelten
10 Ringen und einem Boden umgeben ist. Dieser Doppeltank kann auch im Bodenbereich etwa diesselbe Form haben, wie ein bisher aus ferritischen oder austenitischen Stahlblechen zusammengesetzter Doppeltank. Er hat jedoch eine acht- bis zehnfache größere Wandstärke, so daß seine Wärmekapazität ausreicht, die
15 Nachwärme des Reaktors über Stunden zu speichern und durch Strahlung und Konvektion an die Kühlflächen in der Reaktorkaverne abzugeben. Aufgrund der großen Speicherwirkung können die anschließenden Kühlsysteme langsam anlaufen, sie können sogar für begrenzte Zeit abgeschaltet oder repariert
20 werden. Damit kann der bisher betriebene Aufwand für die sofortige Verfügbarkeit des Kühlsystems erheblich reduziert werden, was zu einer Kosteneinsparung führt. Dieser Doppeltank kann zur Prüfung oder Reparatur oder zur Entsorgung mit geringem Aufwand ausgebaut werden.

25

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß der Doppeltank aus einem Kugelgraphitguß, auch spärolithisches Gußeisen genannt, besteht. Dieses Material nach DIN 1693 ist in der Kerntechnik zugelassen für die Herstellung von Transportbehältern für Brennelemente. Bei solchen Transportbehältern wurde
30 bereits nachgewiesen, daß diese einem Fall aus größerer Höhe und höheren Temperaturen auch längere Zeit widerstehen können. Als Gußkonstruktion kann dieser Wärmespeicher ohne großen Aufwand mit Rippen zur Verbesserung des Wärmeübergangs versehen
35 werden. Die Mehrkosten, die sich aus dem wesentlich größeren Gewicht des gegossenen Doppeltanks ergeben, werden durch den

- 1 wesentlich geringeren Preis des Gußeisens gegenüber dem Preis
geschweißter Stahlblechbehälter kompensiert. Der gegossene
Doppeltank hat bei Einwirkungen von außen aufgrund seiner
großen Wandstärke erhebliche Vorteile. Kritischer Beuldruck
5 gegenüber äußeren Druckstößen und Penetrationsschutz sind um
ein Vielfaches höher als bei einem dünnwandigen Stahltank, so
daß zusätzliche Schutzmaßnahmen außerhalb des Doppeltanks
entfallen oder verringert werden können.
- 10 In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind die lösbar
miteinander zu verbindenden und übereinander zu stapelnden
Ringe und der Boden an ihren Berührungsstellen verstärkt und
fernbedient miteinander verschraubbar. Auf diese Weise besteht
der schwere Doppeltank aus mehreren Teilen, die jedes für sich
15 hergestellt, geprüft, transportiert und montiert werden können.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung haben die Ringe und der
Boden in ihren Berührungsstellen jeweils zwei ringförmige
Dichtungen, zwischen denen eine Prüfbohrung angeordnet ist, die
20 nach außen führt. Damit können die Dichtungen von außerhalb
überwacht werden.

Die Figuren 1 bis 5 zeigen Ausführungsbeispiele der Erfindung.
Die Figur 1 zeigt einen senkrechten Längsschnitt durch einen
25 erfindungsgemäßen Kernreaktor einschließlich seiner Anordnung
in einer Kaverne.

Die Figuren 2 und 3 zeigen jeweils einen Querschnitt durch
Figur 1.

Figur 4 zeigt in vergrößerter Darstellung den unteren linken
30 Teil aus Figur 1.

Figur 5 zeigt in nochmals vergrößerter Darstellung eine
Einzelheit aus Figur 4.

In den Figuren 1 bis 4 ist der Reaktortank 1 von einem
35 Doppeltank 2 umgeben und steht in einer Reaktorkaverne 3, die
an ihrer Innenseite Kühlflächen 4 trägt. Der Boden 5 dieser

1 Kaverne ist als Tragpodest 6 ausgebildet und trägt übereinander
zentriert den aus mehreren Ringen 2a und einem Boden 2b
bestehenden Doppeltank 2, den Reaktortank 1, darauf eine
Tragplatte 7, die seitlich an eine äußere Strömungsführung 8
5 angeschlossen ist, darauf eine Gitterplatte 9 aus zwei durch
Rohrstutzen 10 verbundenen Lochplatten 9a und 9b, wobei diese
Rohrstutzen 10 das Gewicht der Kernelemente 11 auf die Trag-
platte 7 überleiten. Nicht dargestellt sind Gleitmaterialien
aus einem anderen Metall zwischen den ebenen Auflageflächen der
10 übereinander gestapelten Teile, um unterschiedliche Bewegungen
benachbarter Teile von unterschiedlicher Temperatur zu
ermöglichen. Der in Figur 1 nur schematisch, aber später in
Figur 4 näher dargestellte Reaktorkern 12 ist ringsum von einer
mehnteiligen metallischen Abschirmung 13 umgeben, die wiederum
15 von einer inneren Strömungsführung 14 umgeben ist und oberhalb
des Kerns verriegelbar mit einem Schacht 15 verbunden ist. Die
Strömungsführung 14 ist nach oben durch einen Kamin 23
verlängert, der zunächst von mehreren elektromagnetischen
Pumpen 16, 17 und darüber von einem Wärmetauscher 18 als Teil
20 eines nicht dargestellten Sekundärkreises umgeben ist. Dieser
Sekundärkühlkreis transportiert die Reaktorwärme zu einem
Dampfkreis zur Versorgung von Dampfturbo-Generatoren. Der
Wärmetauscher 18 kann aus einem einzigen ringförmigen
Rohrbündel oder aus mehreren parallel geschalteten Teilrohr-
25 bündeln zusammengesetzt sein. Nicht dargestellt, aber ebenfalls
möglich, ist auch die Verwendung mechanischer Pumpen, wobei die
Pumpenwellen zwischen den Teilrohrbündeln des Wärmetauschers 18
nach oben zum Antriebsmotor über den Ringdeckel 21 geführt
werden. Im oberen Bereich hat der Schacht 15, der Kamin 23 und
30 der innere Mantel des Wärmetauschers 18 zunächst gleichmäßig
über den Umfang verteilte kleine Löcher 19. Darüber hat der
Schacht 15 größere Schlitz 20, durch die wie auch durch die
Löcher 19 das vom Reaktorkern 12 emporsteigende heiße Natrium
zu dem Wärmetauscher 18 fließen kann. Dieser ist zusammen mit
35 dem aktiven Teil 16 der elektromagnetischen Pumpen an einem
Ringdeckel 21 befestigt, der unabhängig vom Instrumentierungs-

- 1 deckel 22 montiert werden kann, weil dieser vom Schacht 15
getragen wird. Der Schacht 15 verbindet die Abschirmung 25 mit
dem Instrumentierungsdeckel 22 und enthält sowohl das Gestänge
24 für die Regelung und Abschaltung als auch die Leitungen für
5 die Instrumentierung des Reaktorkerns 12. Der
Instrumentierungsdeckel 22 ist gegenüber dem Ringdeckel 21
durch hier nicht abgebildete, aber bei flüssigmetallgekühlten
Kernreaktoren übliche aufblasbare Dichtungen so abgedichtet,
daß eine axiale Bewegung der Bauteile gegeneinander möglich
10 ist. Oberhalb der aufblasbaren Dichtungen ist eine ebenfalls
bei Kernreaktoren bekannte und deshalb hier nicht abgebildete
Hub- und Drehvorrichtung für den Deckel 22 angeordnet, die beim
Kernelementwechsel benötigt wird.
- 15 Figur 4 zeigt mit den selben Bezeichnungen wie in den Figuren 1
bis 3, wie auf dem Tragpodest 6 am Boden 5 der Reaktorkaverne 3
der Boden 2b, der Reaktortank 1, die Tragplatte 7 und die
Gitterplatte 9 übereinander zentriert gestapelt sind. Auch hier
sind die bereits oben erwähnten Gleitmaterialien nicht im
20 einzelnen dargestellt. Der aus den Kernelementen 11 bestehende
Reaktorkern 12 wird zunächst von einer mehrteiligen
metallischen Abschirmung 13 umgeben, die wiederum von einer
ebenfalls abschirmend wirkenden Strömungsführung 14 umgeben
ist. Auf der Abschirmung 13 ruht der Schacht 15 und eine
25 zusätzliche axiale Abschirmung 25 über den Kernelementen 11.
Diese Abschirmung 25 weist senkrechte Durchbrüche 26 für den
Durchtritt des Kühlmittels, zur Aufnahme der Gestänge 24 und
diverser Kerninstrumentierungen und für den Wechsel der
Kernelemente 11 auf.
- 30 Figur 5 zeigt eine verstärkte Berührungsstelle zwischen einem
Ring 2a und dem Boden 2b, die mit fernbedienbaren Schrauben 30
zusammengehalten sind. Auf der Innenseite ist eine Zentrierung
31 vorhanden. In der Berührungsfläche zwischen dem Ring 2a und
35 dem Boden 2b sind in entsprechenden Nuten zwei Dichtringe 32,
z. B. metallische O-Ringe, angeordnet, zwischen denen zunächst

- 1 eine senkrechte Prüfbohrung 33 zu einer waagerechten Bohrung 34 und über ein Winkelstück 35 zu einer Prüfleitung 36 führt, mit der die Dichtung von außen überwacht werden kann.
- 5 Bei Normalbetrieb fließt das heiße Natrium aus dem Reaktorkern 12 durch den Schacht 15 nach oben und durch die Löcher 19 bzw. Schlitze 20 zu dem Wärmetauscher 18, wobei es seine Wärme mit einem nicht dargestellten Sekundärkühlkreis nach außen abgibt. Daraufhin wird das abgekühlte Natrium im Förderspalt der
- 10 elektromagnetischen Pumpen, der von einem aktiven Teil 16 und einem passiven Teil 17 gebildet wird abwärts und zwar zwischen der Innenwand der Strömungsführung 8 und der Außenwand der Strömungsführung 14 zur Gitterplatte 9 gedrückt, von wo es in üblicher Weise durch Schlitze in den Rohrstutzen 10 in das
- 15 untere Ende der Kernelemente 11 geleitet wird, um deren Wärme aufzunehmen. Bei Ausfall der Pumpen fließt das Natrium in gleicher Weise im Naturumlauf, wobei es ebenfalls seine Wärme mit Sekundärkühlkreis nach außen abgibt. Wenn dieser ausfallen sollte, wird die Wärme über den Tank 1 und den Doppeltank 2 an
- 20 die Kühlflächen 4 oder an ein zirkulierendes Gas in der Reaktorkaverne 3 abgegeben. Der Doppeltank 2, bestehend aus mehreren Ringen 2a und einem Boden 2b, hat z. B. bei einem Durchmesser von 5 m eine Wandstärke von 150 mm und besteht aus einem sphärolitischem Gußeisen GGG nach DIN 1693. In dieser
- 25 Wand können erhebliche Wärmemengen gespeichert und mit einer zeitlichen Verzögerung an die Kühlflächen 4 abgegeben werden. Gegenüber der üblichen Wärmespeicherung in Beton können wesentlich höhere Temperaturen zugelassen werden.
- 30 Für den Wechsel der Kernelemente wird eine an sich bekannte Wechselmaschine über den Deckel 22 gefahren, die die abgebrannten Kernelemente 11 direkt aus dem Reaktorkern 12 herausnimmt und neue Kernelemente einsetzt. Hierbei hebt die bereits vorher erwähnte Hub- und Drehvorrichtung, die zwecks
- 35 Inspektion oder Auswechslung abmontiert werden kann, den Instrumentierungsdeckel 22 mit Schacht 15 und Abschirmung 25

1 senkrecht an und dreht ihn solange, bis eine in den Figuren
nicht abgebildete Öffnung über das zu wechselnde Kernelement
gelangt. Danach wird das gewünschte Kernelement in eine nach
außen abgedichtete Flasche hinein gezogen. Falls eine Reparatur
5 an Wärmetauschern oder Pumpen notwendig wird, wird eine
besondere Komponentenwechselflasche über den Ringdeckel 21
gefahren, mit der ebenfalls in inertisierter und abgedichteter
Atmosphäre der ringförmige Wärmetauscher 18 mit den daran
befestigten aktiven Teilen 16 der elektromagnetischen Pumpen
10 ausgewechselt werden kann. Wechselflaschen dieser Art sind
bekannt und üblich, um bei den eingangs erwähnten
flüssigmetallgekühlten Kernkraftwerken Wärmetauscher und Pumpen
zu inspizieren oder auszuwechseln. Die Abmessungen des
erfindungsgemäßen Modulreaktors, besonders der relativ kleine
15 Durchmesser von ca. 5 m, gestatten es, auf diese Weise auch den
Schacht 15 oder die den Reaktorkern umgebenden Teile 7, 8, 9,
10, 13, 14, 17 und 23 oder sogar einen ganzen Reaktortank 1
und die einzelnen Ringe 2a sowie den Boden 2b des Doppeltanks
auszuwechseln. Nach dem oben erwähnten Modulprinzip werden die
20 übrigen Modulreaktoren des gleichen Kernkraftwerks während
solcher Reparaturen wie auch während des Kernelementwechsels
in Betrieb gehalten, so daß eine hohe Verfügbarkeit des
Kernkraftwerks gewährleistet ist.

25 Nach dem oben beschriebenen Reparaturkonzept ist auch am Ende
der Lebenszeit eines Reaktors eine schnelle und kostengünstige
Entsorgung mit geringstmöglicher Strahlenbelastung für Umgebung
und Personal gewährleistet.

30

35

1 Patentansprüche

1. Flüssigmetallgekühlter Kernreaktor für ein Kernkraftwerk nach dem Modulprinzip in einer mit Kühlflächen (4) 5
ausgestatteten Reaktorkaverne (3) mit einem Reaktortank (1), der einen Reaktorkern (12), einen oder mehrere Wärmetauscher (18) und Primärpumpen (16) enthält und der von einem als Wärmespeicher dienenden Doppeltank (2) aus Gußeisen aus mehreren lösbar miteinander verbundenen und übereinander 10
gestapelten Ringen (2a) und einem Boden (2b) umgeben ist.
2. Kernreaktor nach Anspruch 1, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, daß der Doppeltank (2) aus einem Kugelgraphitgußeisen besteht. 15
3. Kernreaktor nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, daß die miteinander zu verbindenden und übereinander zu stapelnden Ringe (2a) und der Boden (2b) an ihren Berührungsstellen verstärkt und fernbedient 20
miteinander verschraubbar sind.
4. Kernreaktor nach Anspruch 1 oder 3, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, daß die Ringe (2a) und der Boden (2b) an ihren Berührungsstellen jeweils zwei ringförmige 25
Dichtungen (32) haben, zwischen denen eine Prüfbohrung (33) angeordnet ist, die nach außen führt.

30

35

1/3

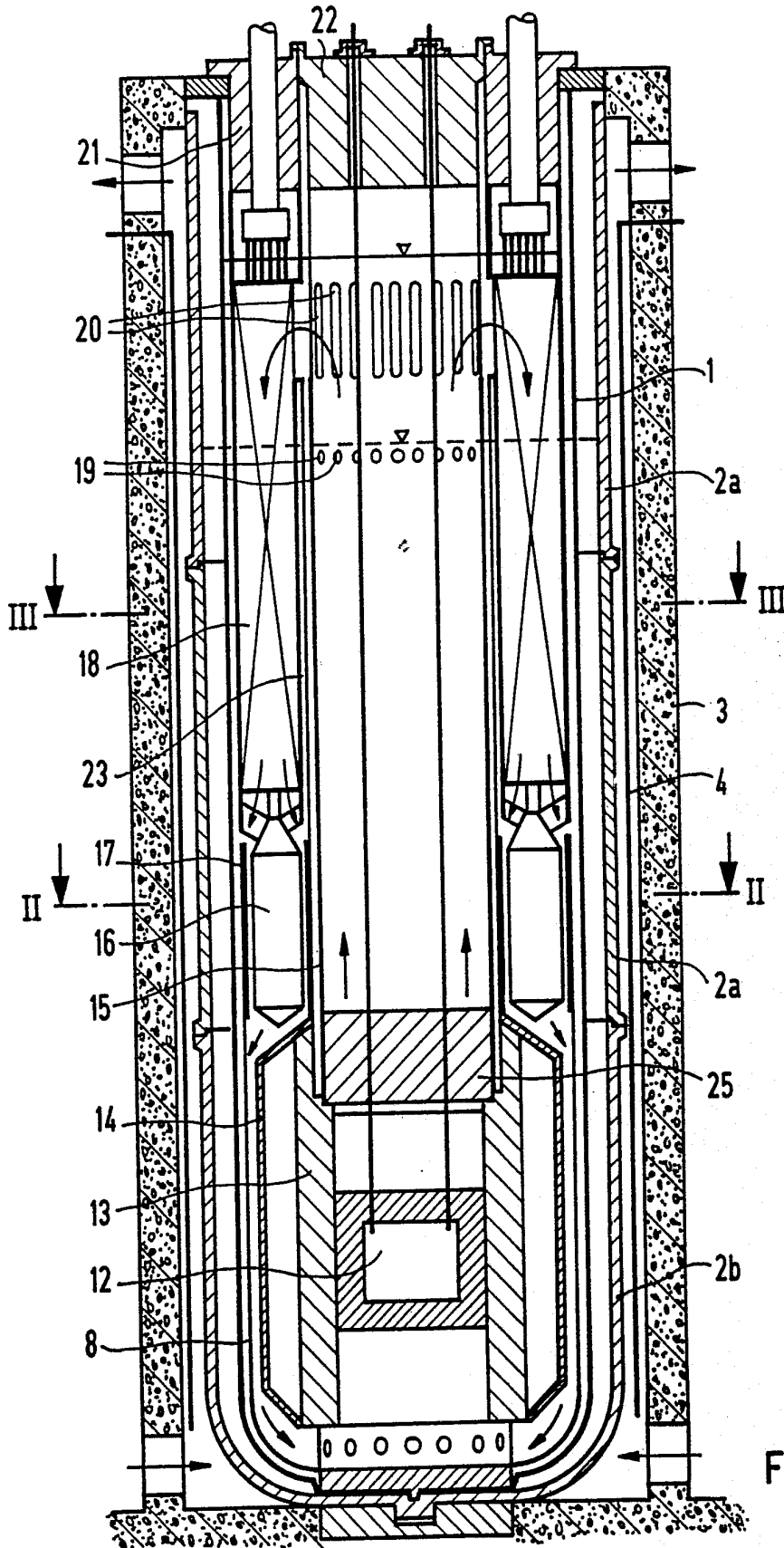


FIG 1

2/3

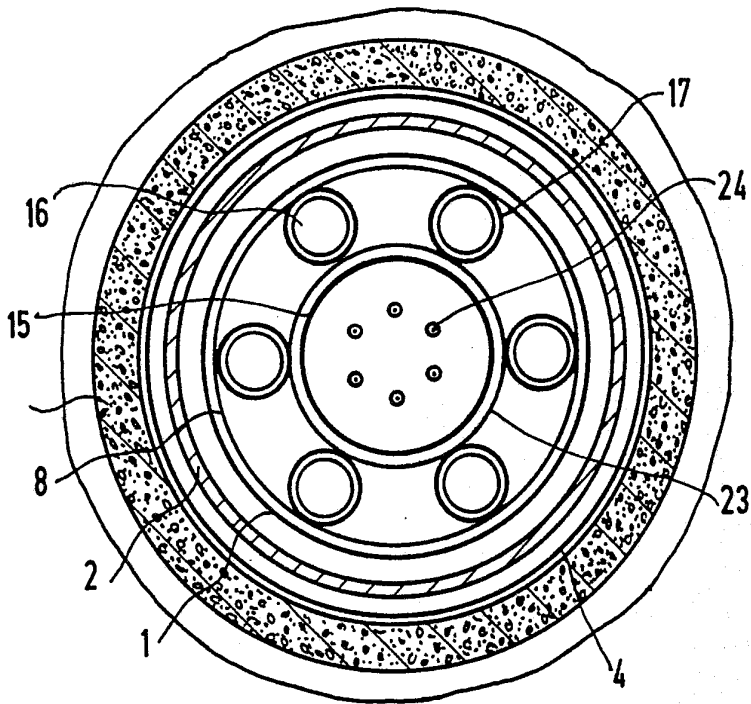


FIG 2

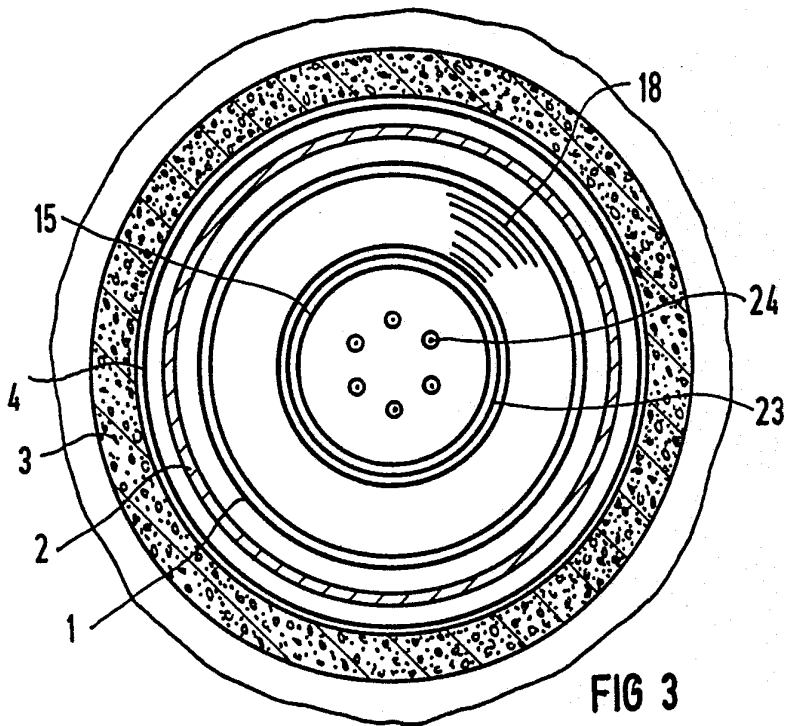


FIG 3

3/3

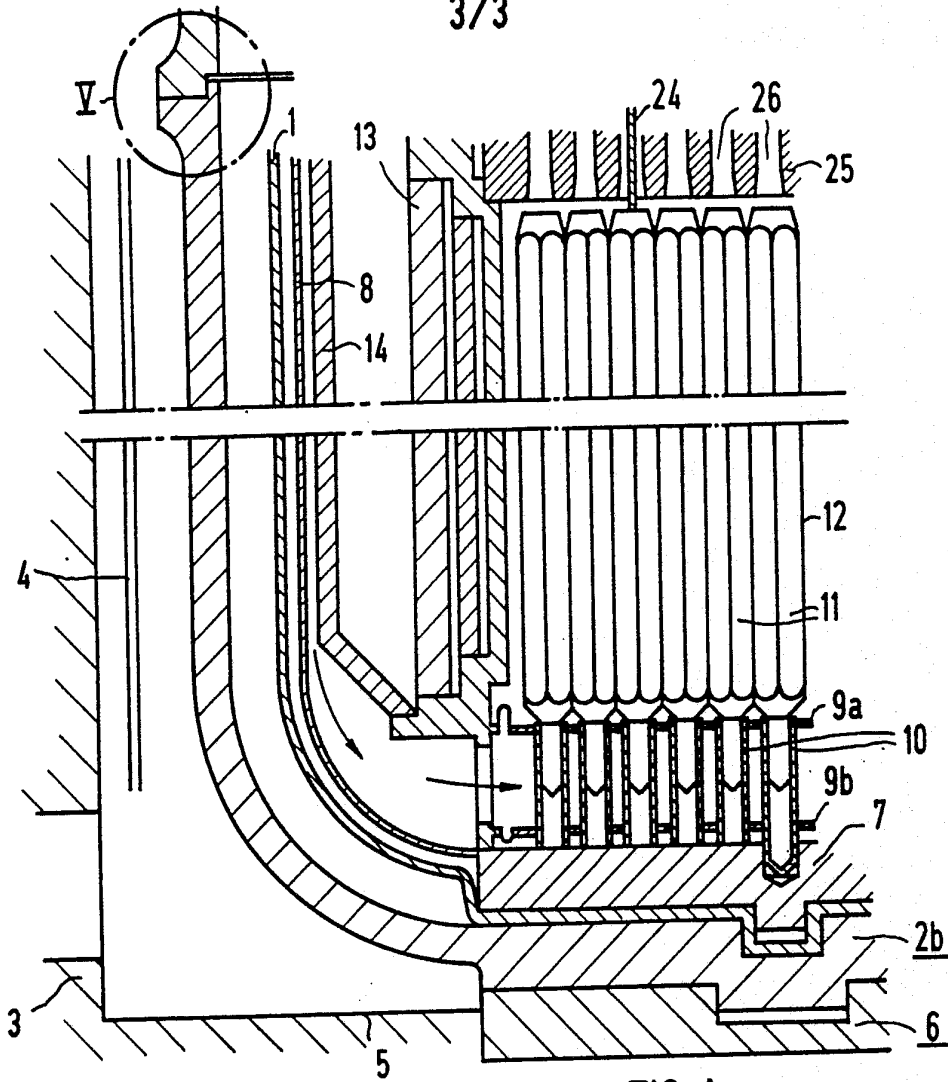


FIG 4

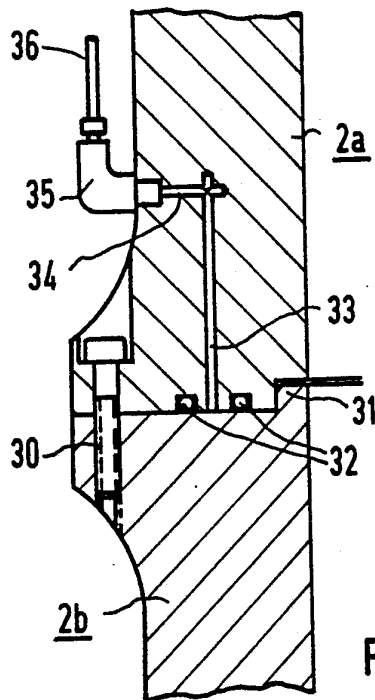


FIG 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 90/00880

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁴		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl. ⁵ G 21 C 15/18, G 21 C 13/093; G 21 C 1/02		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int. Cl. ⁵	G 21 C	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category ¹⁰	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	EP, A, 0308691 (INTERATOM) 29 March 1989 see column 4, lines 6-30; figures 1,4 (cited in the application)	1
A	US, A, 4650642 (E.L. GLUEKLER) 17 March 1987 see column 2, lines 17-28,48-68; figure 1	1
A	FR, A, 1544693 (BAUDIN-CHATEAUNEUF) 8 November 1968 see page 2, lines 20-48; figures 1,2	1
A	US, A, 3935063 (T.L. DUNCKEL) 27 January 1976 see abstract; column 6, line 53 - column 7, line 4; column 1, lines 18-37; figures 1,2	1
<p>¹⁰ Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search		Date of Mailing of this International Search Report
18 February 1991 (18.02.91)		18 March 1991 (18.03.91)
International Searching Authority		Signature of Authorized Officer
EUROPEAN PATENT OFFICE		

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

DE 9000880

SA 41845

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 26/02/91
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A- 0308691	29-03-89	DE-A- 3730656	23-03-89
US-A- 4650642	17-03-87	None	
FR-A- 1544693		None	
US-A- 3935063	27-01-76	None	

EPO FORM P0479

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

INTERNATIONALER RECHERCHENBEI HT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE 90/00880

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶ Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC Int.Cl. ⁵ G 21 C 15/18, G 21 C 13/093, G 21 C 1/02		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Cl. ⁵	G 21 C	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
A	EP, A, 0308691 (INTERATOM) 29. März 1989 siehe Spalte 4, Zeilen 6-30; Abbildungen 1,4 (in der Anmeldung erwähnt) --	1
A	US, A, 4650642 (E.L. GLUEKLER) 17. März 1987 siehe Spalte 2, Zeilen 17-28, 48-68; Abbildung 1 --	1
A	FR, A, 1544693 (BAUDIN-CHATEAUNEUF) 8. November 1968 siehe Seite 2, Zeilen 20-48; Abbildungen 1,2 --	1
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen ¹⁰ : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 18. Februar 1991		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 18. 03. 91
Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt		Unterschrift des Bevollmächtigten/Beauftragten MISS D. S. KOWALEZYK

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US, A, 3935063 (T.L. DUNCKEL) 27. Januar 1976 siehe Zusammenfassung; Spalte 6, Zeile 53 - Spalte 7, Zeile 4; Spalte 1, Zeilen 18-37; Abbildungen 1,2 -----	1

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

DE 9000880
 SA 41845

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 26/02/91
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A- 0308691	29-03-89	DE-A- 3730656	23-03-89
US-A- 4650642	17-03-87	Keine	
FR-A- 1544693		Keine	
US-A- 3935063	27-01-76	Keine	

EPO FORM P0473

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82