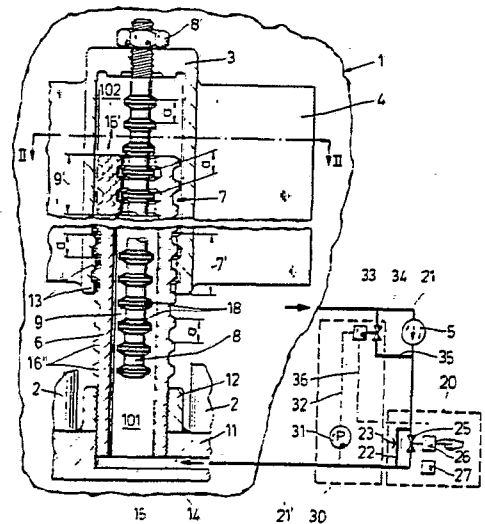


INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<b>(51) Internationale Patentklassifikation<sup>4</sup> :</b>  G21C 7/16	A1	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> WO 88/ 05595  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 28. Juli 1988 (28.07.88)
<p><b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/CH88/00009</p> <p><b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 14. Januar 1988 (14.01.88)</p> <p><b>(31) Prioritätsaktenzeichen:</b> 00123/87-4</p> <p><b>(32) Prioritätsdatum:</b> 15. Januar 1987 (15.01.87)</p> <p><b>(33) Prioritätsland:</b> CH</p> <p><b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> GEBRÜDER SULZER AKTIENGESELLSCHAFT [CH/CH]; Zürcherstrasse 9, CH-8401 Winterthur (CH).</p> <p><b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US) :</b> STRAUB, Hermann [CH/CH]; Seuzacherstrasse 62, CH-8400 Winterthur (CH).</p> <p><b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> FI, JP, US.</p>	<p><b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>	

**(54) Title:** PLANT WITH NUCLEAR REACTOR, IN PARTICULAR A THERMAL REACTOR**(54) Bezeichnung:** ANLAGE MIT EINEM NUKLEAREN REAKTOR, INSBESONDERE HEIZREAKTOR**(57) Abstract**

The reactor core of the plant has tubular and vertically movable control rods (3) moved by a flow of coolant under pressure. Each control rod (3) surrounds a similarly tubular guide rod (6), stationary relative to the reactor core, leaving an annular slot-like space (7) therebetween. The inside of each guide rod (6) forms a first pressure chamber (101) supplied with the coolant under pressure. The upper end of each control rod (3) is closed and has a vertical shaft (8) that extends into the inside of the guide rod (6) and forms therewith a second annular slot-like space (9). At least one first restriction (7') is provided in the first annular slot-like space (7) and at least one second restriction (9') is provided in the second annular slot-like space (9). A second pressure chamber (102) is formed between both restrictions (7', 9'). The coolant supplied to the guide rod (6) thus returns to the pressure vessel (1) surrounding the reactor core through the second annular slot-like space (9), the second pressure chamber (102) and the first annular slot-like space (7). Controlling means (25) are provided, with which pressure thrusts can be generated if necessary in the coolant within the first pressure chamber (101).



**(57) Zusammenfassung** Der Reaktorkern der Anlage weist rohrförmige, vertikal bewegbare Steuerstäbe (3) auf, die von unter Druck gesetztem, strömendem Kühlmittel bewegt werden. Jeder Steuerstab (3) umgibt unter Freilassung eines ersten spaltförmigen Ringraumes (7) eine ebenfalls rohrförmige, relativ zum Reaktorkern unbewegliche Führungsstange (6). Das Innere jeder Führungsstange (6) bildet einen ersten Druckraum (101), dem das unter Druck gesetzte Kühlmittel zugeführt wird. Das obere Ende jedes Steuerstabes (3) ist geschlossen und weist eine in das Innere der Führungsstange (6) ragende, mit dieser zusammen einen zweiten spaltförmigen Ringraum (9) bildende, vertikale Spindel (8) auf. Im ersten spaltförmigen Ringraum (7) ist mindestens eine erste Drosselstelle (7') und im zweiten spaltförmigen Ringraum (9) mindestens eine zweite Drosselstelle (9') vorgesehen. Zwischen den beiden Drosselstellen (7', 9') wird ein zweiter Druckraum (102) gebildet. Das der Führungsstange (6) zuströmende Kühlmittel gelangt also über den zweiten spaltförmigen Ringraum (9), den zweiten Druckraum (102) und den ersten Ringraum (7) in das den Reaktorkern umgebende Druckgefäß (1) zurück. Es sind Steuermittel (25) vorhanden, mit denen bei Bedarf Druckstösse im Kühlmedium des ersten Druckraumes (101) erzeugt werden können.

#### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

AT Österreich	FR Frankreich	MR Mauritien
AU Australien	GA Gabun	MW Malawi
BB Barbados	GB Vereinigtes Königreich	NL Niederlande
BE Belgien	HU Ungarn	NO Norwegen
BG Bulgarien	IT Italien	RO Rumänien
BJ Benin	JP Japan	SD Sudan
BR Brasilien	KP Demokratische Volksrepublik Korea	SE Schweden
CF Zentrale Afrikanische Republik	KR Republik Korea	SN Senegal
CG Kongo	LI Liechtenstein	SU Soviet Union
CH Schweiz	LK Sri Lanka	TD Tschad
CM Kamerun	LU Luxemburg	TG Togo
DE Deutschland, Bundesrepublik	MC Monaco	US Vereinigte Staaten von Amerika
DK Dänemark	MG Madagaskar	
FI Finnland	ML Mali	

- 1 -

Anlage mit einem nuklearen Reaktor, insbesondere Heizreaktor

Die Erfindung betrifft eine Anlage mit einem nuklearen Reaktor, insbesondere Heizreaktor, der ein Druckgefäß aufweist, in dem ein Kühlmedium sowie ein Reaktorkern enthalten sind, der im wesentlichen aus geraden, vertikalen, kanalartigen, Spaltmaterial enthaltenden Brennelementen und dazwischen angeordneten, rohrförmigen vertikal bewegbaren Steuerstäben besteht, an denen Absorberstäbe befestigt sind, wobei Fördermittel vorhanden sind, die zum Bewegen der Steuerstäbe Kühlmedium aus dem Druckgefäß unter Druck setzen, wobei ferner jeder Steuerstab unter Freilassung eines ersten spaltförmigen Ringraumes eine ebenfalls rohrförmige, relativ zu den Brennelementen unbewegliche Führungsstange umgibt, deren Inneres, einen ersten Druckraum bildend, mit der Druckseite der Fördermittel verbunden ist, und wobei das obere Ende des Steuerstabes geschlossen ist, so dass das von den Fördermitteln geförderte Kühlmedium vom ersten Druckraum durch den ersten spaltförmigen Ringraum in das Druckgefäß zurückströmt.

Eine solche Anlage ist aus der DE-PS 34 30 929 bekannt. Mit Hilfe des den ersten Druckraum durchströmenden Kühlmittels wird in diesem Raum ein Druck aufrechterhalten, der den zugehörigen

- 2 -

Steuerstab in einer bestimmten Lage hält, die bei konstanter Kühlmittelförderung im wesentlichen konstant ist. Durch Ändern der Kühlmitteldurchflussmenge lässt sich der Druck im ersten Druckraum verändern, wodurch sich der Steuerstab verschiebt und bei konstant bleibendem Druck eine neue Lage einnimmt. Auf diese Weise lässt sich durch Verschieben der Steuerstäbe die Leistungsabgabe des Reaktors beeinflussen. Vorteilhaft bei der bekannten Anlage ist, dass beim Verschieben der Steuerstäbe auf den Führungsstangen keine nennenswerte Reibung auftritt und dass bei einem Wegfall der Kühlmittelströmung und damit des die Steuerstäbe tragenden Druckes die Steuerstäbe selbsttätig in ihre unterste Sicherheitsstellung zurückgehen, in der die Absorberstäbe die Brennelemente voneinander abschirmen, so dass die nukleare Reaktion unterbrochen ist. Bei der bekannten Anlage gelingt es jedoch nicht, mit hinreichender Genauigkeit die jeweilige Lage der Steuerstäbe der dazu gehörenden Leistungsabgabe des Reaktors zuzuordnen. Um dem abzuhelpen, sind in der bekannten Anlage in den Reaktorkanälen oberhalb der Steuerstäbe Ultraschallsender angeordnet, die die jeweilige Lage des Steuerstabes feststellen und nach aussen melden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, in einer Anlage der eingangs genannten Art eine Anordnung zu finden, mit der - unter Beibehaltung der Vorteile der sehr geringen Reibung und des selbsttätigen Zurückgehens in die Sicherheitsstellung - eine bessere Zuordnung der jeweiligen Lage der Steuerstäbe zur Reaktorleistung möglich ist, so dass ein Anbringen von Stellungsgebern für die Steuerstäbe entfallen kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass am oberen Ende eines jeden Steuerstabes eine ins Innere der Führungsstange hineinragende, mit dieser zusammen einen zweiten spaltförmigen Ringraum bildende, vertikale Spindel befestigt ist, dass im ersten spaltförmigen Ringraum mindestens eine erste Drosselstelle und im zweiten spaltförmigen Ringraum mindestens eine zweite Drosselstelle vorgesehen ist, zwischen denen mindestens ein zweiter Druckraum gebildet ist, und dass Steuermittel vorhanden sind, mit denen bei

Bedarf Druckstösse im Kühlmedium im ersten Druckraum erzeugbar sind.

Durch diese Gestaltung erhalten die Steuerstäbe eine gewisse Lagestabilität gegen schwache Druckänderungen des Kühlmittelstromes, da die Drosselstellen das Ein- und das Ausströmen von Kühlmedium in bzw. aus dem jeweiligen zweiten Druckraum erschweren, wodurch eine beachtliche Bremswirkung auf die Steuerstäbe ausgeübt wird, die einer Verschiebung dieser Stäbe entgegenwirkt. Die Lagestabilität der Steuerstäbe ist besonders gross, wenn als Kühlmedium ein inkompressibles Medium, z.B. Wasser, verwendet wird, was meistens der Fall ist. Mit Hilfe der Steuermittel ist es aber möglich, die beschriebene stabilisierende Wirkung zu überwinden und die Steuerstäbe stufenweise nach oben durch positive Druckstösse (= sprunghafte Druckzunahme) oder nach unten durch negative Druckstösse (= sprunghafte Druckabnahme) zu bewegen. Versuche mit einem Steuerstab von 42 mm Durchmesser und 1 m Länge sowie einem Gewicht von etwa 20 kg inklusive den Absorberstäben, wobei Wasser als Kühlmedium verwendet wurde, haben gezeigt, dass selbst Druckschwankungen von 0,6 bar ober- und unterhalb des Solldruckes im ersten Druckraum zu keiner nennenswerten Bewegung der Steuerstäbe führen und dass positive oder negative Druckstösse in der Grössenordnung von 1 bis 2 bar notwendig sind, um die Steuerstäbe stufenweise nach oben bzw. nach unten zu verschieben. In der erfindungsgemässen Anlage sind ohne Schwierigkeiten Verschiebungsstufen von 10 mm verwirklicht worden.

Die Gestaltung der Drosselstellen gemäss Anspruch 2 ist sowohl herstellungs- wie funktionsmässig vorteilhaft. Durch entsprechende Formgebung und Bemessung der Rippen bzw. der Druckstösse ist es möglich, das Verhalten der Steuerstäbe bei Einhaltung von sehr kleinen Verschiebungsstufen praktisch nach Wunsch zu bestimmen.

Anspruch 3 charakterisiert einen bevorzugten Abstand der Rippen, der sich als besonders günstig erwiesen hat.

Durch die Auslegung gemäss Anspruch 4 wird die Lagestabilität der Steuerstäbe zusätzlich verbessert.

Durch die Drucküberwachungsvorrichtung gemäss Anspruch 5 wird sichergestellt, dass z.B. bei einer Druckstörung die Steuerstäbe in die Sicherheitsstellung gelangen.

Durch die Koppelung der Drucküberwachungsvorrichtung mit den Steuermitteln gemäss Anspruch 6 wird verhindert, dass die Funktion dieser Steuermittel von jener Vorrichtung gestört wird.

Die Weiterbildung der Anlage nach Anspruch 7 ermöglicht eine zuverlässige und ausgesprochen einfache Feststellung der Höhenlage der Steuerstäbe, ohne dass dafür zusätzliche Geräte im Innern des Druckbehälters untergebracht werden müssten.

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung und weitere Vorteile werden in der folgenden Beschreibung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine Führungsstange und einen Steuerstab zusammen mit schematisch dargestellten Förder- und Steuermitteln sowie einer Drucküberwachungsvorrichtung,

Fig. 2 einen Schnitt gemäss II-II in Fig.1,

Fig. 3a bis 3e je einen Ausschnitt aus Fig. 1 bei verschiedenen Phasen einer Verschiebung des Steuerstabes um eine Stufe nach oben,

Fig. 4 einen der Fig. 1 entsprechenden Längsschnitt einer abgewandelten Ausführungsform und

Fig. 5a und 5b ein Detail aus Fig. 4 in verschiedenen Betriebsstellungen.

Gemäss Fig. 1 und 2 weist eine Anlage mit einem Heizreaktor ein Druckgefäss 1 auf, von dem nur ein Ausschnitt gezeigt ist. Im Druckgefäss 1 sind Wasser als Kühlmedium sowie ein Reaktorkern enthalten, der im wesentlichen aus geraden, vertikalen, kanalartigen, Spaltmaterial enthaltenden Brennelementen 2 und dazwischen angeordneten, vertikal bewegbaren Steuerstäben 3 besteht, an denen Absorberstäbe 4 befestigt sind. Jeder rohrförmige Steuerstab 3 umgibt unter Freilassung eines ersten spaltförmigen Ringraumes 7 eine ebenfalls rohrförmige, relativ zu den Brennelementen unbewegliche Führungsstange 6. Die Führungsstangen 6 sind in je eine vertikale Bohrung einer Kernttragplatte 11 eingeschraubt und münden jeweils in eine darin enthaltene Druckkammer 15. Zur besseren Abstützung der Führungsstangen 6 sind die vertikalen Bohrungen der Tragplatte 11 mit Hilfe von Hülsen 12 nach oben verlängert. Eine an das Innere des Druckgefässes 1 angeschlossene Hauptsteuerleitung 21 weist eine als Kühlmittelfördermittel dienende Pumpe 5 auf und ist druckseitig über einen Verteiler 41, von dem sovieler Steuerleitungen 21' abgehen wie Steuerstäbe vorhanden sind, mit in der Kernttragplatte 11 angebrachten Kanälen 14 verbunden, die in die Druckkammern 15 münden. Das obere Ende jedes Steuerstabes 3 ist geschlossen und trägt je eine mit ihm verschraubte und mittels einer Mutter 8' gesicherte Spindel 8, die in die Führungsstange 6 hineinragt und mit dieser zusammen einen zweiten spaltförmigen Ringraum 9 bildet.

Am unteren Ende der Innenfläche des Steuerstabes 3 sind drei in den ersten spaltförmigen Ringraum 7 hineinragende, senkrecht zur Längsachse der Führungsstange 6 angeordnete, kreisförmige Rippen 13 vorgesehen. In gleicher Weise sind am oberen Ende der Innenfläche der Führungsstange 6 drei in den zweiten spaltförmigen Ringraum 9 hineinragende, senkrecht zur Längsachse der Führungsstange angeordnete, kreisförmige Rippen 16' eingearbeitet. Entlang der ganzen Aussenfläche der Führungsstange 6 sind Rippen 16" und

entlang der ganzen Länge der Spindel 8 Rippen 18 vorhanden. Die Rippen 13, 16', 16", 18 sind gleichmässig verteilt, so dass der vertikale Abstand a zwischen benachbarten, gegeneinander fest angeordneten Rippen 13, 16', 16", 18 überall gleich ist. Die Rippen 13 des Steuerstabes 3 und die Rippen 16" auf der Aussenfläche der Führungsstange 6 bilden zusammen eine erste Drosselstelle 7', während die Rippen 16' auf der Innenfläche der Führungsstange 6 und die Rippen 18 an der Spindel 8 zusammen eine zweite Drosselstelle 9' bilden. Unterhalb der zweiten Drosselstelle 9' ist im Innern der Führungsstange 6 ein erster Druckraum 101 vorhanden, und zwischen der ersten und der zweiten Drosselstelle 7' bzw. 9' ist ein zweiter Druckraum 102 vorgesehen. In einer stabilen Gleichgewichtslage des Steuerstabes 3 fluchtet in der ersten Drosselstelle 7' die untere Flanke jeder Rippe 13 des Steuerstabes 3 praktisch mit der oberen Flanke einer Rippen 16" auf der Aussenfläche der Führungsstange 6, und die Rippen 16' auf der Innenfläche der Führungsstange 6 befinden sich jeweils etwa auf der Höhe der Mitte zwischen zwei benachbarten Rippen 18 der Spindel 8. Daher wirkt in der stabilen Gleichgewichtslage (Fig. 1 und 3a) die erste Drosselstelle 7' stark drosselnd, während die zweite Drosselstelle 9' ihre geringste Drosselwirkung aufweist, so dass der im zweiten Druckraum 102 herrschende, den Steuerstab 3 tragende Druck aufrechterhalten wird.

In der Hauptsteuerleitung 21 sind Steuermittel 20 angebracht, bestehend aus einem stromunterhalb der Pumpe 5 angeordneten Steuerventil 25, einem handbetätigten, auf das Steuerventil 25 schnellwirkenden Ventiltrieb 26 und einer Zählvorrichtung 27, die bei jeder Betätigung des Steuerventils 25 vom Ventiltrieb 26 betätigt wird. Um das Steuerventil 25 führt eine Bypassleitung 22 herum, die eine Drosselstelle 23 aufweist.

Die Anlage weist ferner eine an der Hauptsteuerleitung 21 angeschlossene Drucküberwachungsvorrichtung 30 auf, die einen Druckmesser 31, eine Signalleitung 32 und eine Ventilsteuerung 33 umfasst und auf ein rasch wirkendes Notventil 34 vom Auf/Zu-Typ in



- 7 -

einer an der Pumpe 5 angeordneten Rückfuhrleitung 35 wirkt. Die Ventilsteuerung 33 ist dabei so eingestellt, dass bei einem vom Druckmesser 31 gemessenen Druck, der ausserhalb eines vorgegebenen Druckbereiches liegt, unverzüglich das Notventil 34 geöffnet wird. Die dann von der Pumpe 5 geförderte Wassermenge wird grösstenteils über die Rückfuhrleitung 35 rezirkuliert, wobei der Druck im Innern der Führungsstangen 6 so tief fällt, dass die Steuerstäbe 3 unverzüglich in ihre unterste Sicherheitsstellung fahren.

Die Ventilsteuerung 33 ist über eine Steuerleitung 36 mit dem Ventiltrieb 26 so verbunden, dass bei jeder Betätigung des Ventiltriebes 26 die Ventilsteuerung 33 während einer für den Ablauf des Druckstosses optimalen Zeit ausgeschaltet ist.

Vorzugsweise wird der Ventiltrieb 26 durch Knopfdruck betätigt, wobei mittels eines in Fig. 1 nicht gezeigten Zeitgliedes eine konstante, vom Knopfdruck unabhängige Betätigungsdauer des Steuerventils 25 bewirkt wird.

Die beschriebene Anlage funktioniert wie folgt:

Im Normalbetrieb fördert die Pumpe 5 Wasser vom Innern des Druckbehälters 1 über die Hauptsteuerleitung 21, die Steuerleitungen 21', die Kanäle 14 und die Druckkammern 15 in den jeweiligen ersten Druckraum 101. Dabei ist das Steuerventil 25 für die erforderliche Wassermenge entsprechend eingestellt, und das Notventil 34 ist geschlossen. Aus dem ersten Druckraum 101 strömt das Wasser über den zweiten spaltförmigen Ringraum 9 und durch die zweite Drosselstelle 9' in den zweiten Druckraum 102, von wo aus es über den ersten spaltförmigen Ringraum 7 und die erste Drosselstelle 7' ins Innere des Druckbehälters 1 zurückgelangt. In diesem Betriebszustand befindet sich der Steuerstab 3 in einer stabilen Gleichgewichtslage, in der - infolge der Anordnung der Rippen 13, 16', 16" und 18 - die zweite Drosselstelle 9' ihre maximale Wasserdurchlässigkeit, d.h. geringste Drosselwirkung, und die erste Drosselstelle 7' eine starke Drosselwirkung aufweisen, wobei der von der

Pumpe 5 erzeugte Druck mit nur unwesentlichen Verlusten auf den zweiten Druckraum 102 übertragen wird. Der Steuerstab 3 ruht daher auf dem unter Druck stehenden Wasser in einer stabilen Lage. Bei einer allmählichen Druckzunahme des Wassers oder bei einer entsprechenden äusseren Krafteinwirkung auf den Steuerstab 3 wird dieser ein wenig nach oben verschoben. Dabei wächst der Strömungswiderstand in der zweiten Drosselstelle 9' und zugleich sinkt der Widerstand in der ersten Drosselstelle 7', so dass Wasser aus dem zweiten Druckraum 102 in das Innere des Druckgefässes 1 strömt und der den Steuerstab 3 tragende Druck sinkt; der Steuerstab geht wieder in seine stabile Gleichgewichtslage zurück. Wirkt dagegen eine allmähliche Druckabnahme oder eine entsprechende äussere Kraft auf den Steuerstab 3, so wird dieser ein wenig nach unten bewegt. Es steigt dadurch die Drosselwirkung der zweiten Drosselstelle 9' und die Drosselwirkung der ersten Drosselstelle 7' bleibt bestehen. Das Wasser im zweiten Druckraum 102 wird etwas gestaut und der Druck darin steigt, was ein Zurückverschieben des Steuerstabes 3 nach oben in seine stabile Gleichgewichtslage bewirkt. Infolge der Inkompressibilität des Wassers treten die eben beschriebenen Wirkungen sehr rasch ein und die Verschiebungen des Steuerstabes 3 sind unbedeutend.

Soll nun der Steuerstab 3 über eine Stufe gehoben werden, so wird das Steuerventil 25 kurzzeitig durch Betätigen des Ventiltriebes 26 voll geöffnet. Die dadurch kurzzeitig vergrösserte Wassermenge verursacht über die Steuerleitungen 21', die Kanäle 14 und die Druckkammern 15 jeweils in dem ersten Druckraum 101 einen positiven Druckstoss. Dieser ist so gross, dass die oben beschriebene stabilisierende Wirkung der ersten und der zweiten Drosselstelle 7' bzw. 9' überwunden wird und der Steuerstab 3 gemäss Fig. 3a bis 3e um eine Verschiebungsstufe nach oben verschoben wird. Dabei bewegt sich der Steuerstab 3 aus seiner Gleichgewichtslage (Fig. 3a) zunächst soweit heraus, dass in der ersten Drosselstelle 7' jede Rippe 13 (x) des Steuerstabes 3 etwa die Mitte zwischen jeweils zwei Rippen 16" (y) auf der Aussenfläche der Führungsstange 6 erreicht (Fig. 3b), wobei in dieser Drosselstelle die Drosselwir-

kung zurückgeht. Zugleich wandern in der zweiten Drosselstelle 9' die Rippen 18 (w) aus der Mittenlage gegen die Rippen 16' (z), wodurch sich hier eine verstärkte Drosselung einstellt (Fig. 3b). Dadurch sinkt der Druck innerhalb des zweiten Druckraumes 102, was auf den Steuerstab 3 im bremsenden Sinne wirkt. Trotz der Bremswirkung bewegt sich der Steuerstab 3 infolge Trägheit weiter nach oben in die Stellung nach Fig. 3c, in der sowohl die Rippen 13 (x), 16" (y) der ersten Drosselstelle 7' als auch die Rippen 16' (z), 18 (w) der zweiten Drosselstelle 9' grösstmögliche Drosselwirkung erreichen. Der relativ tiefe Druck innerhalb des zweiten Druckraumes 102 bleibt jedoch weiterhin niedrig und wirkt daher immer noch bremsend auf den Steuerstab 3. Durch die Bemessung und die Anordnung der Rippen 13, 16', 16" und 18 verliert bei einer weiteren Verschiebung des Steuerstabes 3 nach oben zuerst die zweite Drosselstelle 9' ihre stärkste Drosselwirkung und später auch die erste Drosselstelle 7' (Fig. 3d). Bevor die erste Drosselstelle 7' ihre stärkste Drosselwirkung verliert, gelangt Druckmittel höheren Druckes vom ersten Druckraum 101 in den zweiten Druckraum 102, so dass ein Rückfallen des Steuerstabes 3 in seine frühere Position verhindert wird. Dies geschieht aber nur während einer extrem kurzen Zeitspanne. Danach kommt die erste Drosselstelle 7' wieder in eine Stellung, in der sie ihre kleinste Drosselwirkung aufweist (Fig. 3e). Der in eine etwas zu hohe Lage geratene Steuerstab 3 wird nun definitiv gebremst und fällt etwas zurück in die neue, um eine Verschiebungsstufe höhere Gleichgewichtslage. Diese entspricht der nach Fig. 3a, jedoch liegen die Rippen 13 und 18 relativ zu den Rippen 16" bzw. 16' um eine Stufe höher als vor dem Druckstoss, wie dies aus den Fig. 3a bis 3e an den mit x, y, z und w bezeichneten Rippen zu erkennen ist. Das Verhalten der Steuerstäbe wird in erster Linie durch ihre Form, ihr Eigengewicht, die Grösse und Dauer des Druckstosses, die Form der Rippen 13, 16', 16", 18 und die in der Anlage vorhandenen Drücke beeinflusst.

Entsprechend verhält sich der Steuerstab 3 bei einer Verschiebung nach unten, wobei in diesem Fall ein negativer Druckstoss durch

ein kurzzeitiges Schliessen des Steuerventils 25 erzeugt wird. Dabei bewirkt die Umleitung 22 mit der Drosselstelle 23 eine Aufrechterhaltung eines reduzierten Wasserstromes, um ein unkontrolliertes Hinunterfahren des Steuerstabes 3 in seine tiefste Stellung zu verhindern.

Bei jeder Betätigung des Ventilantriebes 26 wird auch die Zählvorrichtung 27 betätigt, die den entsprechenden Druckstoss zählt. Da jedem Druckstoss eine Verschiebung des Steuerstabes 3 um eine Verschiebungsstufe folgt, wird durch einfaches Zählen der positiven und der negativen Druckstösse die jeweilige Lage der Steuerstäbe festgestellt. Der Zähler 27 kann mit einem Register verbunden werden, das direkt die Position der Steuerstäbe angibt. Es kann auch zweckmässig sein, über ein UND-Glied die Signale aus dem Ventilantrieb 26 zusammen mit den Signalen aus dem Druckmesser 31 auf die Zählvorrichtung 27 wirken zu lassen, um nur die tatsächlich erfolgten Druckstösse zu zählen. Es ist ferner notwendig, die Steuermittel 20 so zu gestalten, dass bei jeder Betätigung des Notventils 34 die Zählvorrichtung automatisch auf Null gestellt wird.

Gemäss Fig. 4 ist an der zum ersten Druckraum 101 führenden Steuerleitung 21' ein Druckentlastungsorgan 50 angeschlossen, das zwecks Berücksichtigung erhöhter Sicherheitsbedingungen vorgesehen ist. Ein solches Druckentlastungsorgan ist für jeden Steuerstab 3 vorgesehen. Gemäss Fig. 5a weist das Druckentlastungsorgan 50 einen am oberen Ende geschlossenen Zylinder 51 auf, der an seinem unteren Ende über einen Rohrstutzen 52 mit der Steuerleitung 21' in Verbindung steht. Im Zylinder 51 befindet sich ein Kolben 53, der im Zylinder auf- und abwärts gleiten kann und ausserhalb seines Zentrums axiale Durchgangsbohrungen 54 aufweist. Am unteren Ende des Kolbens 53 ist dieser mit einem koaxialen Drosselstift 55 versehen, dessen zylindrische Länge dem Abstand "a" zwischen zwei Gleichgewichtslagen des Steuerstabes 3 entspricht. Der Drosselstift ist von einer im Boden 56 des Zylinders 51 koaxial angebrachten Einschnürung 57 umgeben, die die Verbindung zwischen dem

- 11 -

Rohrstutzen 52 und dem Innenraum des Zylinders 51 herstellt. Das obere Ende der Einschnürung 57 ist von radialen Rippen 58 umgeben, auf denen der Kolben 53 ruht, wenn der Steuerstab 3 eine Gleichgewichtslage innehat. Seitlich neben der Einschnürung 57 ist im Zylinderboden 56 ein Kanal 59 vorgesehen, der den Innenraum des Zylinders 51 mit dem Innern des Druckgefäßes verbindet.

Das Gewicht des Kolbens 53 ist so bemessen, dass es den in der Einschnürung 57 bei Gleichgewichtslage des Steuerstabes 3 herrschenden hydraulischen Druck etwas überwiegt. Andererseits ist das Gewicht kleiner als der hydraulische Druck, der zum Anheben des Steuerstabes 3 aus seiner Gleichgewichtslage in die nächsthöhere Stufe notwendig ist.

Im Fall eines durch Öffnen des Steuerventils 25 normal erzeugten positiven Druckstosses steigt also der Druck in der Steuerleitung 21' und bewirkt, dass der Steuerstab 3 und der Kolben 53 sich im wesentlichen gleichzeitig nach oben bewegen. Sobald der Drosselstift 55 die Einschnürung 57 verlässt (Fig. 5b), fällt der Druck in der Steuerleitung 21' auf das Niveau, bei dem der Kolben 53 von den Rippen 58 abgehoben hat. Dadurch erfolgt selbsttätig eine Druckentlastung in der Steuerleitung 21', und zwar unabhängig davon, ob das Steuerventil 25 gleichzeitig oder mit einer gewissen Verspätung schliesst oder überhaupt nicht schliesst. Die Druckentlastung dauert solange, bis der Druck in der Steuerleitung 21' unterhalb des Anhebedruckniveaus des Kolbens 53 gefallen ist. Auch wenn das Steuerventil 25 normal schliesst, fällt der Druck in der Steuerleitung 21' auf den normalerweise bei Gleichgewichtslage herrschenden Druck, so dass der Kolben 53 ebenfalls in seine stabile unterste Lage zurückfällt, die in Fig. 5a gezeigt ist.

Mit dem Druckentlastungsorgan 50 wird also erreicht, dass auch dann, wenn das Steuerventil 25 nicht normal arbeitet, z.B. zu spät schliesst oder hängen bleibt und somit überhaupt nicht schliesst, der Steuerstab immer eine Gleichgewichtslage einnimmt.

Es ist ferner möglich, je ein weiteres Druckenlastungsorgan unterhalb des ersten Druckraumes 101 und/oder am oberen Ende des Steuerstabes anzubringen.

Patentansprüche

1. Anlage mit einem nuklearen Reaktor, insbesondere Heizreaktor, der ein Druckgefäß aufweist, in dem ein Kühlmedium sowie ein Reaktorkern enthalten sind, der im wesentlichen aus geraden, vertikalen, kanalartigen, Spaltmaterial enthaltenden Brennelementen und dazwischen angeordneten, rohrförmigen vertikal bewegbaren Steuerstäben besteht, an denen Absorberstäbe befestigt sind, wobei Fördermittel vorhanden sind, die zum Bewegen der Steuerstäbe Kühlmedium aus dem Druckgefäß unter Druck setzen, wobei ferner jeder Steuerstab unter Freilassung eines ersten spaltförmigen Ringraumes eine ebenfalls rohrförmige, relativ zu den Brennelementen unbewegliche Führungsstange umgibt, deren Inneres, einen ersten Druckraum bildend, mit der Druckseite der Fördermittel verbunden ist, und wobei das obere Ende des Steuerstabes geschlossen ist, so dass das von den Fördermitteln geförderte Kühlmedium vom ersten Druckraum durch den ersten spaltförmigen Ringraum in das Druckgefäß zurückströmt,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass am oberen Ende eines jeden Steuerstabes eine ins Innere der Führungsstange hineinragende, mit dieser zusammen einen zweiten spaltförmigen Ringraum bildende, vertikale Spindel befestigt ist, dass im ersten spaltförmigen Ringraum mindestens eine erste Drosselstelle und im zweiten spaltförmigen Ringraum mindestens eine zweite Drosselstelle vorgesehen ist, zwischen denen mindestens ein zweiter Druckraum gebildet ist, und dass Steuermittel vorhanden sind, mit denen bei Bedarf Druckstöße im Kühlmedium im ersten Druckraum erzeugbar sind.
2. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Drosselstellen von jeweils in den spaltförmigen Ringraum hineinragenden, quer zur Längsachse der Führungsstange angeordneten, gleichmässig in Längsrichtung verteilten Rippen auf der Innenfläche des Steuerstabes und der Aussenfläche der Führungsstange bzw. auf der Innenfläche der Führungsstange und auf der Spindel gebildet sind.

3. Anlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen benachbarten, gegeneinander fest angeordneten Rippen etwa 10 mm beträgt.
4. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Drosselstellen so ausgelegt sind, dass bei einer stabilen Gleichgewichtslage des Steuerstabes die erste Drosselstelle eine starke und die zweite Drosselstelle eine geringe Drosselwirkung aufweist, und dass bei einer Verschiebung des Steuerstabes aus der stabilen Gleichgewichtslage nach oben, die Drosselwirkung der ersten Drosselstelle kleiner und diejenige der zweiten Drosselstelle grösser wird, und bei einer Verschiebung aus der stabilen Gleichgewichtslage nach unten, die Drosselwirkung der ersten Drosselstelle gross bleibt und diejenige der zweiten Drosselstelle grösser wird.
5. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuermittel eine Drucküberwachungsvorrichtung enthalten, die an einer Hauptsteuerleitung zwischen den Fördermitteln und einem Verteiler angeschlossen ist, von dem so viele Steuerleitungen ausgehen wie Steuerstäbe vorhanden sind, und die bei Drücken, die ausserhalb eines vorgegebenen Druckbereiches liegen, unverzüglich das Hinunterfahren der Steuerstäbe durch Druckabsenkung im ersten Druckraum bewirkt.
6. Anlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuermittel mit der Drucküberwachungsvorrichtung so gekoppelt sind, dass bei einem Betätigen der Steuermittel zur Erzeugung eines Druckstosses die Drucküberwachungsvorrichtung während einer für den Ablauf des Druckstosses optimalen Zeit ausgeschaltet ist.
7. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuermittel zur Erzeugung von stets gleichen Druckstössen ausgelegt sind und dass eine Zählvorrichtung zum Zählen der Druckstösse vorgesehen ist.



- 15 -

8. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Steuerstab mindestens ein Druckentlastungsorgan zugeordnet ist, das mit dem ersten Druckraum kommuniziert und das auf einen Druck eingestellt ist, der zwischen dem bei einer Gleichgewichtslage des Steuerstabes im ersten Druckraum herrschenden Druck und dem minimalen Druck liegt, der bei einem Anheben des Steuerstabes in eine neue Gleichgewichtslage von den Fördermitteln aufzubringen ist.
  
9. Anlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckentlastungsorgan aus einem an den ersten Druckraum angeschlossenen Zylinder und einem darin vertikal gleitenden Kolben besteht, der einen bei einer Gleichgewichtslage des Steuerstabes in die Anschlussöffnung des Zylinders ragenden Drosselstift aufweist, dessen Länge so bestimmt ist, dass bei einem positiven Druckstoss der Drosselstift aus der Anschlussöffnung zur gleichen Zeit austritt, zu der der zugehörige Steuerstab die neue Gleichgewichtslage einnimmt.

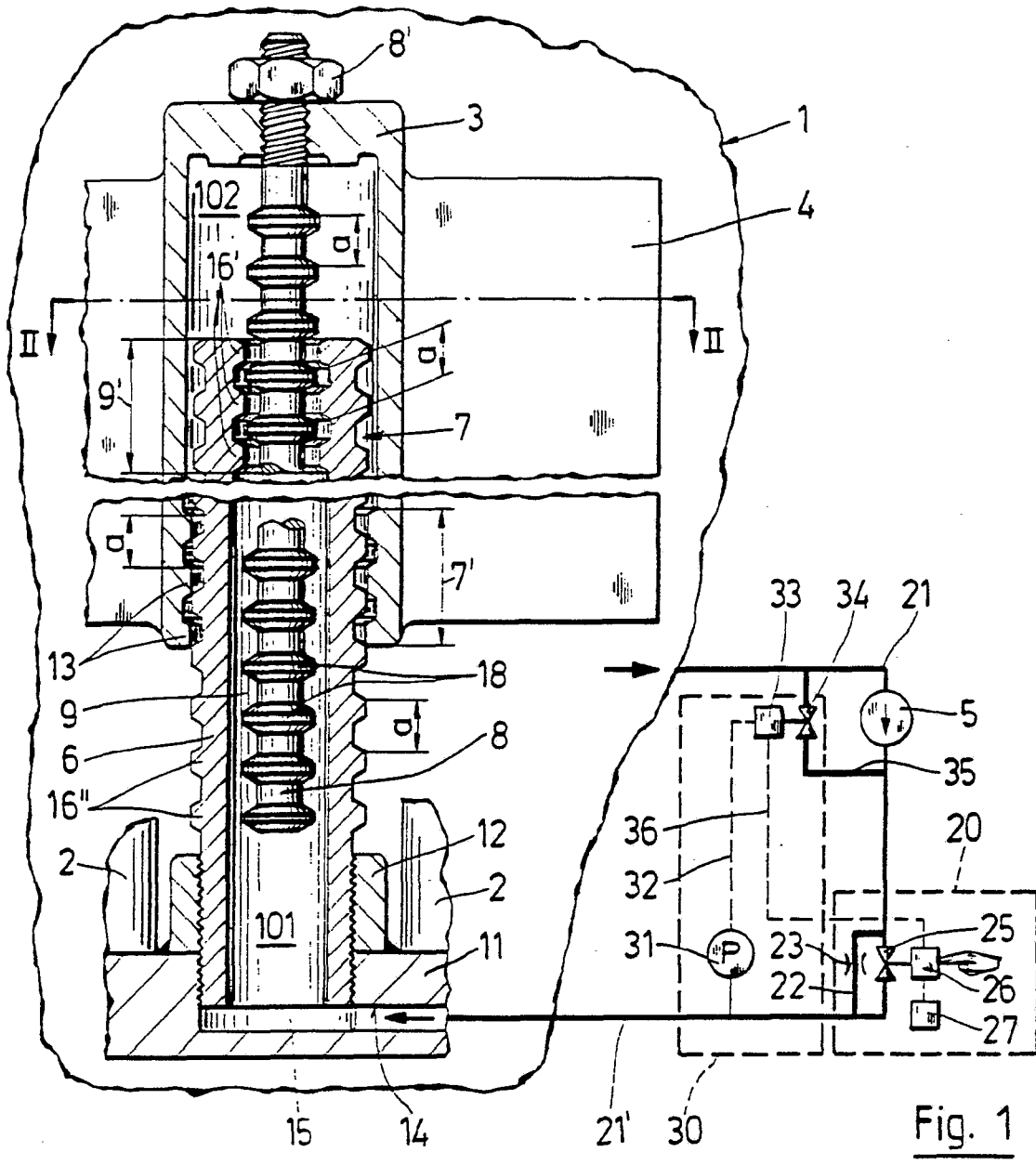


Fig. 1

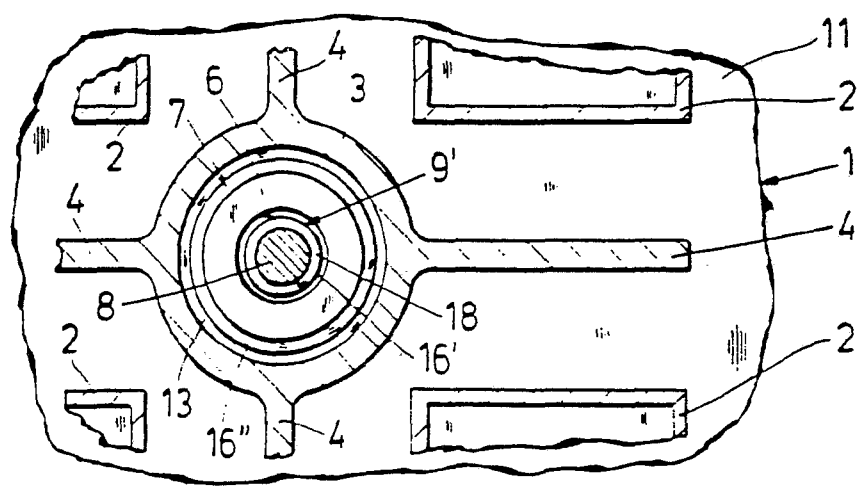
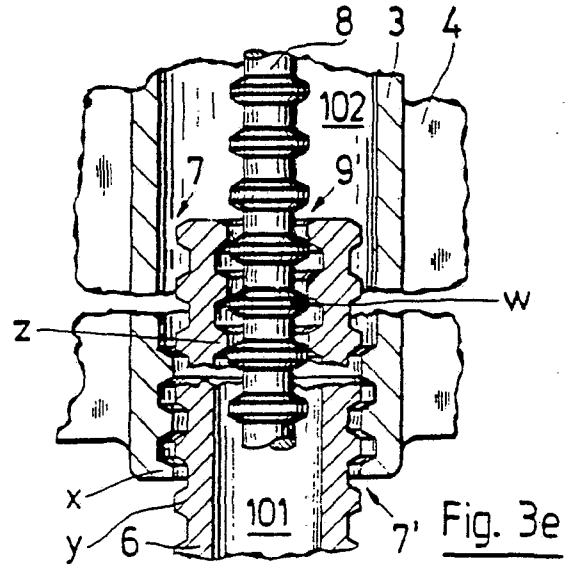
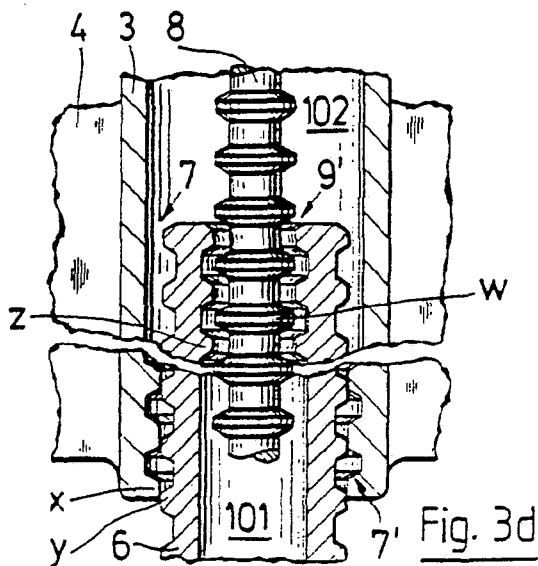
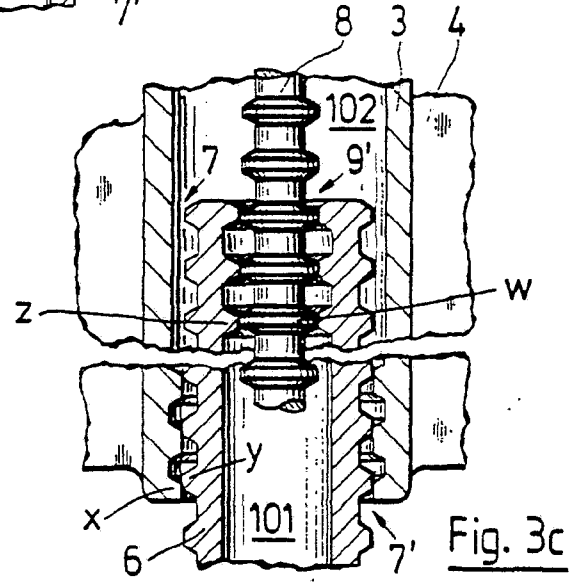
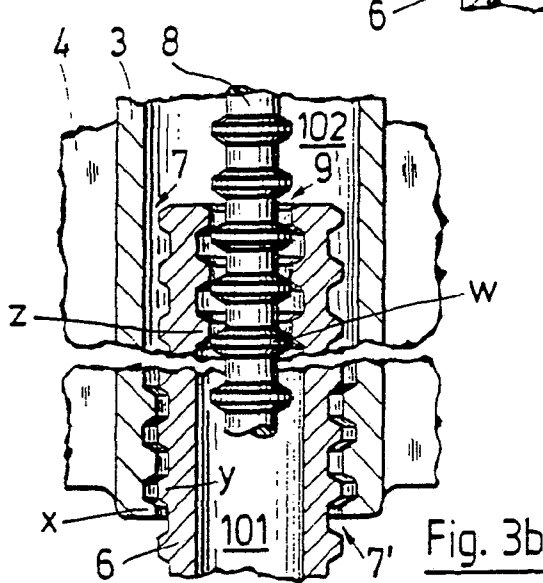
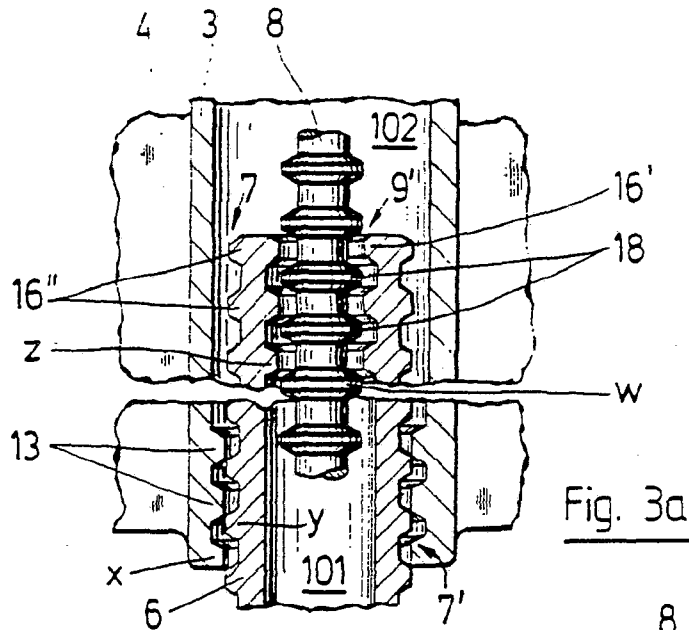
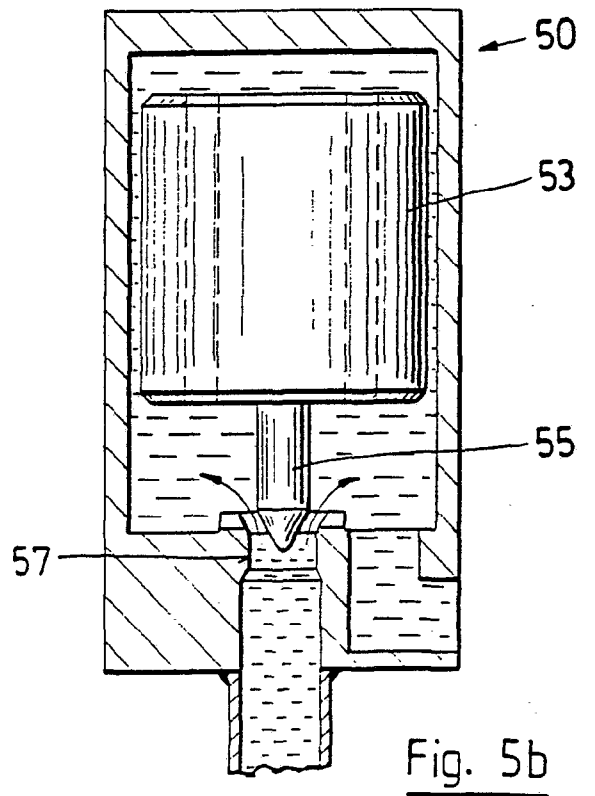
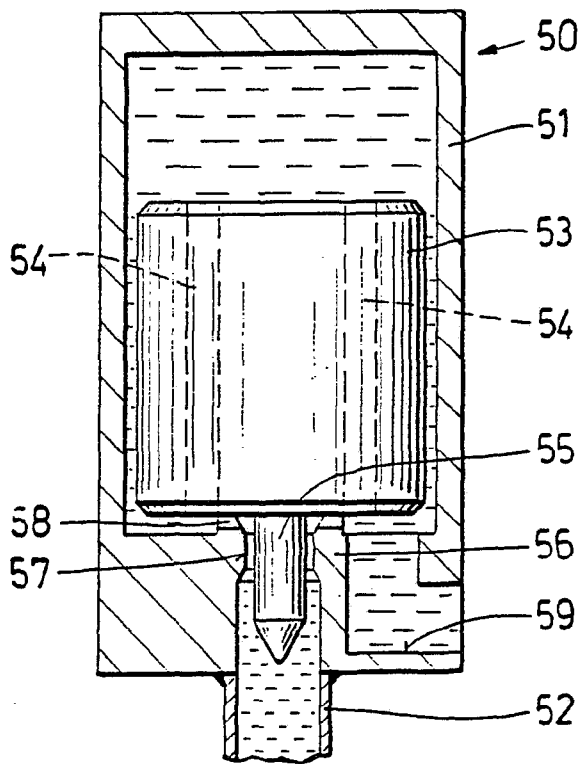
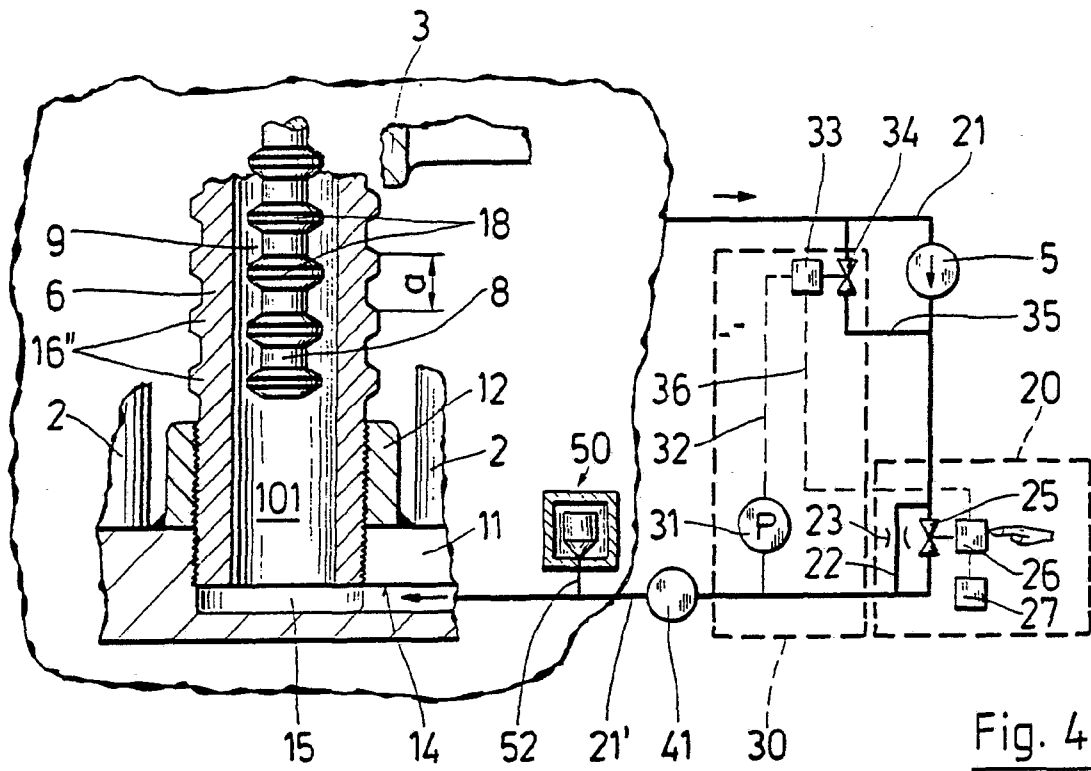


Fig. 2





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/CH 88/00009

<b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (If several classification symbols apply, indicate all) <sup>6</sup>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. <sup>4</sup> : G 21 C 7/16		
<b>II. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum Documentation Searched <sup>7</sup>		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. <sup>4</sup>	G 21 C 7/00	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched <sup>8</sup>		
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <sup>9</sup></b>		
Category <sup>*</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>
A	DE, A, 3506334 (KWU) 28 August 1986 see page 3, last paragraph - page 4; figures 1,2 --	1-4
A	FR, A, 2092135 (LICENTIA) 21 January 1972 see pages 23,24; figures 10-14 --	1
A	EP, A, 0204096 (QINGHUA UNIVERSITY) 10 December 1986, see page 2, line 20 - page 3, line 20; page 5, line 24 - page 6, line 9; figures 2,4 --	1,3,4
A	DE, A, 1900410 (AKTIEBOLAGET ATOMENERGIE) 31 July 1969, see page 3, line 16 - page 4, paragraph 1; page 5, last paragraph - page 6, paragraph 1; figure 1 --	1,2,4
A	US, A, 3020888 (H.E. BRAUN) 13 February 1959 see column 6, lines 34-61; figure 4 -----	1
<p><sup>*</sup> Special categories of cited documents: <sup>10</sup></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>"&amp;" document member of the same patent family</p>		
<b>IV. CERTIFICATION</b>		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
13 April 1988 (13.04.88)	03 June 1988 (03.06.88)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
EUROPEAN PATENT OFFICE		

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

CH 8800009

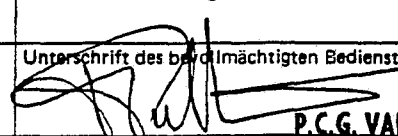
SA 20175

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 10/05/88. 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
DE-A- 3506334	28-08-86	Keine	
FR-A- 2092135	21-01-72	NL-A- 7107652	08-12-71
		DE-A- 2027988	09-12-71
		CH-A- 535475	31-03-73
		GB-A- 1343479	10-01-74
		US-A- 3779134	18-12-73
		AT-B- 317371	26-08-74
		BE-A- 767981	03-11-71
		SE-B- 364590	25-02-74
		DE-A- 2039845	24-02-72
		US-A- 3728219	17-04-73
		DE-A- 2048029	06-04-72
		US-A- 3752736	14-08-73
		DE-A- 2122846	23-11-72
		US-A- 3830694	20-08-74
EP-A- 0204096	10-12-86	Keine	
DE-A- 1900410	31-07-69	FR-A- 2000086	29-08-69
US-A- 3020888		Keine	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen **PCT/CH 88/00009**

<b>I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS</b> (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) <sup>6</sup>		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int. Cl. <sup>4</sup>	G 21 C 7/16	
<b>II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff <sup>7</sup>		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int. Cl. <sup>4</sup>	G 21 C 7/00	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen <sup>8</sup>		
<b>III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN<sup>9</sup></b>		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung <sup>11</sup> , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile <sup>12</sup>	Betr. Anspruch Nr. <sup>13</sup>
A	DE, A, 3506334 (KWU) 28. August 1986 siehe Seite 3, letzter Absatz - Seite 4; Abbildungen 1,2 --	1-4
A	FR, A, 2092135 (LICENTIA) 21. Januar 1972 siehe Seiten 23,24; Abbildungen 10-14 --	1
A	EP, A, 0204096 (QINGHUA UNIVERSITY) 10. Dezember 1986 siehe Seite 2, Zeile 20 - Seite 3, Zeile 20; Seite 5, Zeile 24 - Seite 6, Zeile 9; Abbildungen 2,4 --	1,3,4
A	DE, A, 1900410 (AKTIEBOLAGET ATOMENERGIE) 31. Juli 1969 siehe Seite 3, Zeile 16 - Seite 4, Absatz 1; Seite 5, letzter Absatz - Seite 6, Absatz 1; Abbildung 1 --	1,2,4
	./.	
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen<sup>10</sup>:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
<b>IV. BESCHEINIGUNG</b>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
13. April 1988	03 JUN 1988	
internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
Europäisches Patentamt	 <b>P.C.G. VAN DER PUTTEN</b>	

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US, A, 3020888 (H.E. BRAUN) 13. Februar 1959 siehe Spalte 6, Zeilen 34-61; Abbildung 4  -----	1



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

CH 8800009

SA 20175

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 10/05/88

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-A- 3506334	28-08-86	Keine	-
FR-A- 2092135	21-01-72	NL-A- 7107652	08-12-71
		DE-A- 2027988	09-12-71
		CH-A- 535475	31-03-73
		GB-A- 1343479	10-01-74
		US-A- 3779134	18-12-73
		AT-B- 317371	26-08-74
		BE-A- 767981	03-11-71
		SE-B- 364590	25-02-74
		DE-A- 2039845	24-02-72
		US-A- 3728219	17-04-73
		DE-A- 2048029	06-04-72
		US-A- 3752736	14-08-73
		DE-A- 2122846	23-11-72
		US-A- 3830694	20-08-74
EP-A- 0204096	10-12-86	Keine	
DE-A- 1900410	31-07-69	FR-A- 2000086	29-08-69
US-A- 3020888		Keine	

EPO FORM P0473

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