



(11) **EP 4 379 745 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**05.06.2024 Patentblatt 2024/23**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**G21F 1/12** <sup>(2006.01)</sup> **G21F 3/00** <sup>(2006.01)</sup>  
**G21G 4/02** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **23199957.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**G21G 4/02; G21F 1/125; G21F 3/00**

(22) Anmeldetag: **27.09.2023**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **Forschungszentrum Jülich GmbH**  
**52428 Jülich (DE)**

(72) Erfinder: **PABST, Ulrich**  
**52428 Jülich (DE)**

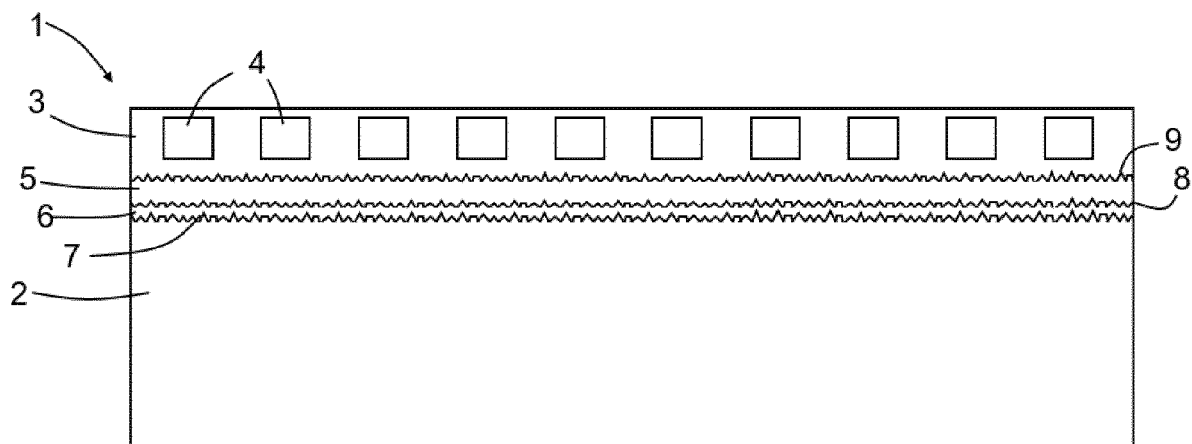
(74) Vertreter: **Gille Hrabal Partnerschaftsgesellschaft mbB**  
**Patentanwälte**  
**Brucknerstraße 20**  
**40593 Düsseldorf (DE)**

(30) Priorität: **30.11.2022 DE 102022212860**

(54) **NEUTRONENABSCHIRM EINRICHTUNG UND SYSTEM**

(57) Die Erfindung betrifft eine Neutronenabschirm-einrichtung (1) mit einer aus Stahl bestehenden Platte (2) und einer Schicht (3) auf der Platte (2), wobei in der Schicht (3) ein oder mehrere Kanäle (4) vorhanden sind, wobei die ein oder mehreren Kanäle (4) zumindest einen

Einlass und zumindest einen Auslass aufweisen und wo-bei die Wärmeleitfähigkeit der Schicht (3) wenigstens doppelt so groß oder wenigstens fünfmal so groß ist wie die Wärmeleitfähigkeit der aus Stahl bestehenden Platte (2).



**FIG. 1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Neutronenabschirmeinrichtung mit Kanälen sowie ein System mit der Neutronenabschirmeinrichtung.

**[0002]** Eine Neutronenabschirmeinrichtung kann Neutronen abschirmen. Neutronen wechselwirken mit der Neutronenabschirmeinrichtung und werden dadurch abgeschirmt.

**[0003]** Eine Neutronenabschirmeinrichtung kann eine Komponente einer Neutronenquelle sein. Beispielsweise die Europäische Spallationsquelle ESS umfasst eine Neutronenabschirmeinrichtung.

**[0004]** Eine Neutronenabschirmeinrichtung kann eine Platte umfassen. Auf einer Seite der Platte können ein oder mehrere Kanäle eingefräst worden sein. Auf der Seite mit den ein oder mehreren Kanälen können diese durch aufgeschweißte Bleche verschlossen sein. Während des Betriebs kann eine kühlende Flüssigkeit durch die ein oder mehreren Kanäle strömen, um ein Überhitzen der Neutronenabschirmeinrichtung zu vermeiden. Eine Neutronenabschirmeinrichtung kann eine Mehrzahl von solchen Platten mit Kanälen und aufgeschweißten Blechen umfassen, die gestapelt sind. Weitere Schweißverbindungen können zwei Platten mit den aufgeschweißten Blechen miteinander verbinden.

**[0005]** Platten und Bleche der Neutronenabschirmeinrichtung können aus Stahl bestehen, da Stahl für ein Abschirmen von Neutronen geeignet ist. Als Stahl kann ein austenitischer Stahl ausgewählt sein. Austenitischer Stahl ist ein rostfreier Stahl mit mehr als 8 % Nickelanteil und hat eine kubisch flächenzentrierte Kristallstruktur.

**[0006]** Eine so aufgebaute Neutronenabschirmeinrichtung kann trotz oder gerade wegen der Kühlung während des Betriebs starken mechanischen Spannungen ausgesetzt sein.

**[0007]** Durch die Erfindung soll eine Neutronenabschirmeinrichtung geschaffen werden, die für ein Abschirmen von Neutronen gut geeignet und stabil ist.

**[0008]** Die Aufgabe wird durch eine Neutronenabschirmeinrichtung gelöst, die die Merkmale des ersten Anspruchs aufweist. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Ausgestaltungen.

**[0009]** Die Erfindung betrifft eine Neutronenabschirmeinrichtung mit einer aus Stahl bestehenden Platte und einer Schicht auf der aus Stahl bestehenden Platte. In der Schicht ist ein Kanal vorhanden. Es gibt einen Einlass und einen Auslass für den Kanal. In der Schicht können eine Vielzahl von Kanälen vorhanden sein. Die Kanäle können einen gemeinsamen Einlass und einen gemeinsamen Auslass haben. Es kann für jeden Kanal ein Einlass und ein Auslass vorhanden sein. Die Schicht kann aus einem Material bestehen, das eine bessere Wärmeleitfähigkeit als die aus Stahl bestehende Platte aufweist. Die Wärmeleitfähigkeit des Materials, aus der die Schicht gebildet ist, kann wenigstens doppelt so groß sein wie die Wärmeleitfähigkeit des Stahls. Die Wärmeleitfähigkeit des Materials, aus der die Schicht gebildet ist, kann

wenigstens fünfmal oder wenigstens zehnmal so groß sein wie die Wärmeleitfähigkeit des Stahls.

**[0010]** Die Wärmeleitfähigkeit gibt den Wärmestrom an, der bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin (K) durch eine 1 m<sup>2</sup> große und 1 m dicke Schicht eines Stoffs geht. Die Einheit der Wärmeleitfähigkeit ist W/(m\*K).

**[0011]** Beispielsweise Blei wäre ein gut geeignetes Material für ein Abschirmen von Neutronen. Stahl weist gegenüber Blei aber Fertigungsvorteile auf. Außerdem kann Stahl als Träger für weitere Komponenten dienen, die die Neutronenabschirmeinrichtung umfassen kann.

**[0012]** Eine Platte ist ein flaches Bauteil. Eine Platte weist zwei gegenüberliegende Oberflächen auf, die groß sind im Vergleich zu daran angrenzenden Oberflächen der Platte. Diese zwei gegenüberliegenden Oberflächen der Platte können parallel zueinander sein. Eine Platte ist in diesem Sinn um ein Mehrfaches länger und breiter als hoch bzw. dick. Die genannten zwei gegenüberliegenden Oberflächen können eben sein, also zweidimensional verlaufen.

**[0013]** Die Schicht kann beispielsweise aus Aluminium bestehen. Mit Schicht aus Aluminium ist gemeint, dass das Material der Schicht überwiegend aus Aluminium besteht. Die Schicht kann also auch aus einer Aluminiumlegierung bestehen.

**[0014]** Anstelle von Aluminium können Titan, Wolfram oder Kupfer verwendet werden. Es können auch niedriglegierte Werkstoffe aus Aluminium, Titan, Wolfram oder Kupfer verwendet werden wie zum Beispiel CuCr1Zr. In einem niedriglegierten Werkstoff aus Aluminium, Titan, Wolfram oder Kupfer kann der Gesamtanteil an Legierungselementen 5 Gew.-% nicht überschreiten. In Betracht kommt ferner eine Nickellegierung wie Inconel®.

**[0015]** Eine Schicht aus Aluminium auf der Platte meint Aluminium, das flächenhaft auf einer der großen Oberflächen der aus Stahl bestehenden Platte ausgebreitet ist. Eine Schicht aus Aluminium ist um ein Mehrfaches länger und breiter als hoch. Zwei gegenüberliegenden Oberflächen der Schicht können eben sein und/oder zueinander parallel sein, die groß sind im Vergleich zu anderen Oberflächen der Schicht. Die Schicht aus Aluminium kann die Oberfläche der aus Stahl bestehenden Platte vollständig bedecken, also bis zum Rand der Oberfläche reichen und vollkommen geschlossen sein. Die Schicht aus Aluminium bedeckt dann 100% der Oberfläche der aus Stahl bestehenden Platte. Die Schicht aus Aluminium kann wenigstens 70% oder wenigstens 80% oder wenigstens 90% der Oberfläche der aus Stahl bestehenden Platte bedecken. Entsprechendes gilt für die anderen Materialien, die als Alternative für Aluminium genannt worden sind.

**[0016]** Ein Kanal in der Schicht aus Aluminium oder einem alternativ genannten Material befindet sich innerhalb der Schicht und zwar derart, dass der Querschnitt des Kanals umlaufend ist. Der Querschnitt des Kanals kann beispielsweise rechteckig oder kreisförmig sein.

Der Querschnitt des Kanals kann quadratisch sein.

**[0017]** Durch den Einlass kann eine Kühlflüssigkeit in den Kanal hineinströmen und aus dem Auslass des Kanals wieder herausströmen. Die Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen weist also eine erste, von außen zugängliche Öffnung und eine zweite, von außen zugängliche Öffnung auf. Die eine Öffnung dient als Einlass und die andere Öffnung dient als Auslass.

**[0018]** Es hat sich herausgestellt, dass eine so aufgebaute Neutronenabschirmeinrichtung besonders gut thermisch verursachten Belastungen gewachsen ist, die während des Betriebs auftreten können. Dies gilt insbesondere im Vergleich zu einer Neutronenabschirmeinrichtung mit einer aus Stahl bestehenden Platte und in der aus Stahl bestehenden Platte befindlichen ein oder mehreren Kanälen. Eine erfindungsgemäße Neutronenabschirmeinrichtung ist daher besonders stabil und aufgrund des Stahls gut für ein Abschirmen von Neutronen geeignet.

**[0019]** Die Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen ist grundsätzlich fest mit der aus Stahl bestehenden Platte verbunden, um eine gute Wärmeübertragung zwischen der Schicht und der Platte zu ermöglichen. Die Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen kann mit der aus Stahl bestehenden Platte verzahnt sein, um eine gute Wärmeübertragung zwischen der Schicht und der Platte zu ermöglichen.

**[0020]** Die Kanaldichte ist vorzugsweise sehr hoch, um eine sehr gute Kühlwirkung zu erzielen. Vorzugsweise wird eine Fläche, die als Schnitt durch Kanäle angesehen werden kann, in Aufsicht gesehen zu wenigstens 40% oder zu wenigstens 50% durch die Kanäle gebildet. Ein Steg zwischen zwei benachbarten Kanälen kann in Aufsicht gesehen nicht breiter als die Breite eines daran angrenzenden Kanals sein, wenn die Fläche in Aufsicht gesehen zu wenigstens 50% aus Kanälen gebildet werden soll. Ein jeder Kanal kann beispielsweise 15 mm bis 30 mm breit sein. Ein Steg zwischen zwei Kanälen kann dann ebenfalls bis zu 30 mm breit sein und zwar in Abhängigkeit von der Breite der ein oder mehreren Kanäle.

**[0021]** Die ein oder mehreren Kanäle können wenigstens 15 mm oder wenigstens 25 mm hoch sein. Die ein oder mehreren Kanäle können maximal 40 mm oder maximal 30 mm hoch sein.

**[0022]** Die ein oder mehreren Kanäle weisen vorzugsweise einen rechteckigen Querschnitt auf, um diese technisch einfach herstellen zu können, so zum Beispiel durch Fräsen.

**[0023]** An gegenüberliegenden Seiten der aus Stahl bestehenden Platte kann jeweils eine Schicht mit darin befindlichen Kanälen angebracht sein. Die Stabilität kann so weiter verbessert werden.

**[0024]** Die Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen kann dünner als die aus Stahl bestehende Platte sein. Dies trägt dazu bei, dass Neutronen gut abgeschirmt werden können, ohne dass dafür der

Materialaufwand übermäßig groß ist.

**[0025]** Zwischen der Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen und der aus Stahl bestehenden Platte kann eine erste Zwischenschicht vorhanden sein, die grundsätzlich dünner als die Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen ist. Die erste Zwischenschicht kann auf der einen Seite an die Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen und/oder an der anderen Seite an die aus Stahl bestehende Platte unmittelbar angrenzen. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, indem die Zwischenschicht eine besonders feste und innige Verbindung zwischen der Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen und der aus Stahl bestehenden Platte ermöglicht.

**[0026]** Es kann eine zweite Zwischenschicht vorhanden sein, die beispielsweise aus einem weiteren Metall besteht. Die zweite Zwischenschicht kann auf der einen Seite an die erste Zwischenschicht und/oder an der anderen Seite an die aus Stahl bestehenden Platte unmittelbar angrenzen.

**[0027]** Eine Zwischenschicht weist keine Kanäle auf. Eine Zwischenschicht kann wenigstens 0,5 mm oder wenigstens 1 mm dick sein. Eine Zwischenschicht kann maximal 5 mm oder maximal 3 mm dick sein. Eine Zwischenschicht kann vorgesehen sein, um die Wärmeübertragung und/oder die Festigkeit der Verbindung zwischen der Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen und der aus Stahl bestehenden Platte zu verbessern.

**[0028]** Zwischen der aus Aluminium bestehenden Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen und der aus Stahl bestehenden Platte kann eine Zwischenschicht aus Aluminium vorhanden sein, die einen höheren Anteil an Aluminium aufweist als die aus Aluminium bestehende Schicht mit den darin befindlichen Kanälen. Dies trägt dazu bei, die aus Stahl bestehende Platte besonders stabil mit der aus Aluminium bestehenden Schicht mit den darin befindlichen Kanälen verbinden zu können. Dies kann zumindest im Fall von Aluminium dazu beitragen, eine feste Verbindung zu schaffen und damit die Wärmeübertragung zwischen der aus Aluminium bestehenden Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen und dem Stahl zu verbessern und damit die Kühlung.

**[0029]** Besteht die Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen beispielsweise aus Kupfer, dann kann die Zwischenschicht einen höheren Anteil aus Kupfer aufweisen als die aus Kupfer bestehende Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen. Entsprechendes gilt für die weiteren Materialien, die als Alternative für Aluminium geeignet sind.

**[0030]** Die aus Aluminium bestehende Zwischenschicht mit dem höheren Aluminiumanteil kann wenigstens 90 Gew.-% und/oder nicht mehr als 99,9 Gew.-% Aluminium aufweisen. Die aus Aluminium bestehende Zwischenschicht kann beispielsweise aus Al99.5 (EN AW-1050A) bestehen, dessen Aluminiumanteil bei 99,5

Gew.-% liegt.

**[0031]** Die aus Aluminium bestehende Zwischenschicht mit dem höheren Aluminiumanteil kann dünner sein als die aus Aluminium bestehende Schicht mit den darin befindlichen Kanälen. Dies trägt dazu bei, den Materialaufwand gering halten zu können.

**[0032]** Die aus Aluminium bestehende Zwischenschicht mit dem höheren Aluminiumanteil kann unmittelbar an die aus Aluminium bestehende Schicht mit den darin befindlichen Kanälen angrenzen. Es gibt dann einen unmittelbaren Kontakt zwischen der aus Aluminium bestehenden Zwischenschicht mit dem höheren Aluminiumanteil und der aus Aluminium bestehenden Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen. Dies trägt dazu bei, den Materialaufwand gering halten zu können.

**[0033]** Zwischen der aus Aluminium bestehenden Zwischenschicht mit dem höheren Aluminiumanteil und der aus Stahl bestehenden Platte kann sich eine Zwischenschicht aus Titan befinden. Dies trägt dazu bei, die aus Stahl bestehende Platte weiter verbessert stabil mit der aus Aluminium bestehenden Schicht mit den darin befindlichen Kanälen verbinden zu können. Die Wärmeübertragung und damit die Kühlung können so weiter verbessert werden.

**[0034]** Die aus Titan bestehende Zwischenschicht kann dünner als die aus Aluminium bestehende Zwischenschicht mit dem höheren Aluminiumanteil sein. Der Materialaufwand kann so weiter verbessert geringgehalten werden.

**[0035]** Die aus Titan bestehende Zwischenschicht kann unmittelbar an die aus Aluminium bestehende Zwischenschicht mit dem höheren Aluminiumanteil angrenzen. Die aus Titan bestehende Zwischenschicht kann unmittelbar an die aus Stahl bestehende Platte angrenzen. Der Materialaufwand kann so weiter verbessert geringgehalten werden.

**[0036]** Sind die Platte und die Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen miteinander verzahnt und gibt es ein oder mehrere Zwischenschichten, dann sind die Platte und die Schicht mittelbar miteinander verzahnt. Eine erste Zwischenschicht kann dann mit der Schicht mit den darin befindlichen Kanälen verzahnt sein. Die erste Zwischenschicht kann dann mit der Platte oder mit einer zweiten Zwischenschicht verzahnt sein. Die zweite Zwischenschicht kann mit der Platte verzahnt sein.

**[0037]** Der Stahl der Platte kann ein austenitischer Stahl sein. Neutronen können so weiter verbessert abgeschirmt werden. Der Stahl der Platte kann ein martensitischer Stahl sein, der ebenfalls gut geeignet ist.

**[0038]** Die Neutronenabschirmeinrichtung kann ein Träger für einen Neutronenmoderator und/oder für einen Neutronenreflektor sein. Dafür kann die aus Stahl bestehende Platte vorgesehen sein. Die Neutronenabschirmeinrichtung kann ein langgestreckter Körper mit einem zum Beispiel eingebauten Neutronenreflektor und/oder mit einem eingebautem Neutronenmoderator sein.

**[0039]** Die Abschirmeinrichtung kann eine zweite aus Stahl bestehende Platte umfassen. In eine Seite der zweiten aus Stahl bestehenden Platte können ein oder mehrere Kanäle für ein Kühlen eingebracht worden sein. Die erste Platte kann mit der zweiten Platte durch Sprengplattieren so verbunden worden sein, dass die beiden Platten miteinander verzahnt sind und sich dann die ein oder mehreren Kanäle innerhalb der beiden Platten befinden. Es gibt dann mindestens einen Einlass und einen Auslass für die ein oder mehreren Kanäle. Dass eine Abschirmeinrichtung zwei aus Metall bestehende, Platten umfassen kann, sodass sich ein oder mehrere Kanäle für ein Kühlen innerhalb der Platten befinden, löst eigenständig die Aufgabe der Erfindung. Es muss dann also nicht zwingend zusätzlich eine Schicht mit darin befindlichen Kanälen vorhanden sein, um die Aufgabe der Erfindung zu lösen.

**[0040]** Die Erfindung betrifft auch ein System mit einer Neutronenquelle und einer Neutronenabschirmeinrichtung. Der Neutronenabschirmeinrichtung kann wie zuvor beschrieben beschaffen sein. Die Neutronenabschirmeinrichtung kann in eine Vorrichtung, die die Neutronenquelle umfasst, hineingeschoben worden sein. Das System umfasst dann einen Einschub für die Neutronenabschirmeinrichtung. Die Neutronenabschirmeinrichtung kann nach dem Hineinschieben durch eine weitere Bewegung in die endgültige Position gebracht worden sein. Umfasst die Neutronenabschirmeinrichtung einen Neutronenreflektor und/oder einen Neutronenmoderator, so sind Neutronenreflektor und/oder Neutronenmoderator so angeordnet, dass der Neutronenreflektor und/oder der Neutronenmoderator nicht durch die Neutronenabschirmeinrichtung von den Neutronen abgeschirmt werden. Neutronen aus der Neutronenquelle können also auf den Neutronenreflektor bzw. den Neutronenmoderator auftreffen, ohne dass diese dafür die Neutronenabschirmeinrichtung hätten passieren müssen.

**[0041]** Das System kann zusätzlich zu der Neutronenabschirmeinrichtung Abschirmsteine umfassen, die ebenfalls zur Abschirmung von Neutronen beitragen. Abschirmsteine können Klötze sein, die aus Blei oder Stahl bestehen. Abschirmsteine können ebenfalls Kanäle umfassen, durch die hindurch eine Kühlflüssigkeit für ein Kühlen fließen kann. Ein Abschirmstein ist nicht zwingend fest mit der Neutronenabschirmeinrichtung verbunden. Ein Abschirmstein ist grundsätzlich nicht durch Schweißen oder Sprengplattieren mit der Neutronenabschirmeinrichtung verbunden. Durch Abschirmsteine und Neutronenabschirmeinrichtung kann eine Abschirmung für Neutronen bereitgestellt werden, die insgesamt mehr als 1 m oder mehr als 2 m dick ist. Hieraus folgt auch, dass die Neutronenabschirmeinrichtung weniger als 1 m dick sein kann.

**[0042]** Ein Kernreaktor oder ein Forschungsreaktor können das System umfassen. Eine Spallationsneutronenquelle kann das System umfassen.

**[0043]** Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Herstellung einer Neutronenabschirmeinrichtung.

Das Verfahren kann umfassen, dass die Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen durch Druck aufgebracht wird. Die Schichten und Zwischenschichten können miteinander verzahnt worden sein. Die Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen können dann mit der aus Stahl bestehenden Platte geeignet innig verbunden sein, um eine sehr gute Wärmeübertragung und Verbindungsfestigkeit zu ermöglichen.

**[0044]** Um ein Verbinden zu verbessern, können eine Zwischenschicht aus beispielsweise Aluminium und/oder eine aus beispielsweise Titan gebildete Zwischenschicht zwischen der Schicht mit den ein oder mehreren Kanälen und der aus Stahl bestehenden Platte vorgesehen sein. Die aus Aluminium gebildete Zwischenschicht weist einen höheren Aluminiumanteil auf im Vergleich zu dem Aluminiumanteil der Schicht mit den ein oder mehreren Kanälen.

**[0045]** Die ein oder mehreren Kanäle können vor dem Verbinden durch Druck mit einem Stoff mit hoher Festigkeit ausgefüllt werden, dessen Schmelzpunkt niedriger ist als der Schmelzpunkt des Aluminiums. Hierdurch kann verbessert sichergestellt werden, dass die ein oder mehreren Kanäle erhalten bleiben. Nach dem Verbinden kann das Metall in den Kanälen ausgeheizt und so aus den Kanälen entfernt werden. Das Metall kann beispielsweise zumindest überwiegend aus Blei oder Zinn bestehen.

**[0046]** Ein beispielsweise aus Aluminium oder Kupfer bestehendes Blech kann an einer Seite ein oder mehrere Kanäle umfassen, die beispielsweise in das Blech hineingefräst worden sind. Beispielsweise nach dem Auffüllen mit einem niedrig schmelzenden Metall kann auf der Oberfläche ein beispielsweise aus Aluminium oder Kupfer bestehendes Blech für ein Verschließen der Kanäle aufgelegt werden. Zum Beispiel durch Schweißen kann das aufgelegte Blech befestigt werden.

**[0047]** Die Schicht mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen kann also hergestellt werden, indem in eine Oberfläche eines aus beispielsweise Aluminium bestehenden Blechs ein oder mehrere Kanäle eingebracht, zum Beispiel eingefräst werden. Ein dann ebenfalls aus Aluminium bestehendes Blech kann beispielsweise durch Schweißen auf der Oberfläche befestigt werden, in die die Kanäle eingebracht worden sind, um die Oberseite der Kanäle zu verschließen.

**[0048]** Es zeigen:

- Figur 1: Schnitt durch eine erste Neutronenabschirmeinrichtung;
- Figur 2: Schnitt durch eine zweite Neutronenabschirmeinrichtung;
- Figur 3: Schnitt durch eine dritte Neutronenabschirmeinrichtung;
- Figur 4: Schnitt durch ein System mit Neutronenabschirmeinrichtung.

**[0049]** Die Figur 1 zeigt einen Schnitt durch eine Neu-

tronenabschirmeinrichtung 1 mit einer zum Beispiel aus Stahl bestehenden Platte 2. Auf der Platte 2 gibt es eine Schicht 3, in der mehrere Kanäle 4 vorhanden sind. Die Schicht 3 kann aus Aluminium bestehen.

**[0050]** Die Schicht 3 mit darin befindlichen Kanälen 4 kann, wie in der Figur 1 gezeigt, dünner als Platte 2 sein.

**[0051]** Zwischen der Schicht 3 und der Platte 2 kann es eine Zwischenschicht 5 geben, die aus Aluminium bestehen kann. Die Zwischenschicht 5 kann einen höheren Aluminiumanteil aufweisen als die Schicht 3 mit den darin befindlichen Kanälen 4. Die Zwischenschicht 5 kann, wie in der Figur 1 gezeigt, dünner als die Schicht 3 mit den darin befindlichen Kanälen 4 sein. Die Zwischenschicht 5 kann, wie in der Figur 1 gezeigt, unmittelbar an die Schicht 3 mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen 4 angrenzen.

**[0052]** Zwischen der Zwischenschicht 5 und der Platte 2 kann es eine zweite Zwischenschicht 6 geben. Die zweite Zwischenschicht 6 kann aus Titan bestehen. Die zweite Zwischenschicht 6 kann, wie in der Figur 1 gezeigt, dünner als die erste Zwischenschicht 5 sein. Die zweite Zwischenschicht 6 kann, wie in der Figur 1 gezeigt, unmittelbar an die erste Zwischenschicht 5 angrenzen. Die zweite Zwischenschicht 6 kann, wie in der Figur 1 gezeigt, unmittelbar an die Platte 2 angrenzen.

**[0053]** Die Platte 2 und die zweite Zwischenschicht 6 können miteinander verzahnt sein. Es gibt dann, wie in der Figur 1 angedeutet, eine zickzackförmige Fläche 7 zwischen der Platte 2 und der zweiten Zwischenschicht 6. Die Fläche 7 kann alternativ oder ergänzend wellenförmig sein.

**[0054]** Die erste Zwischenschicht 5 und die zweite Zwischenschicht 6 können miteinander verzahnt sein. Es kann, wie in der Figur 1 angedeutet, eine wellenförmige und/oder zickzackförmige Fläche 8 zwischen der ersten Zwischenschicht 5 und der zweiten Zwischenschicht 6 geben.

**[0055]** Die erste Zwischenschicht 5 und die Schicht 3 mit den darin befindlichen Kanälen 4 können miteinander verzahnt sein. Es kann, wie in der Figur 1 angedeutet, eine wellenförmige und/oder zickzackförmige Fläche 9 zwischen der ersten Zwischenschicht 5 und der Schicht 3 mit den darin befindlichen Kanälen 4 geben.

**[0056]** In der Figur 2 wird ein Schnitt durch eine zweite Neutronenabschirmeinrichtung 1 mit einer Platte 2 gezeigt. Auf beiden Seiten der Platte 2 gibt es jeweils eine Schicht 3, in der ein oder mehrere Kanäle 4 vorhanden sind. Die Wärmeleitfähigkeit der Schicht 3 mit den ein oder mehreren Kanälen 4 kann wenigstens doppelt so groß oder wenigstens fünfmal so groß sein wie die Wärmeleitfähigkeit der bestehenden Platte 2.

**[0057]** In der Figur 3 wird ein Schnitt durch eine dritte Neutronenabschirmeinrichtung 1 gezeigt. Diese umfasst drei Platten 2, die aus Stahl bestehen können. An der von oben gesehen ersten und zweiten Platte 2 sind beidseitig Schichten 3 angebracht, in denen ein oder mehrere Kanäle 4 vorhanden sind. An der untersten Platte 2 ist nur an der Unterseite eine Schicht 3 angebracht, in der

ein oder mehrere Kanäle 4 vorhanden sind. Die oberste Platte 2 kann dicker als die beiden anderen Platten 2 sein. Es können Schweißverbindungen 10 vorhanden sein, die gegenüberliegende Schichten 3 verbinden bzw. eine Platte 2 mit einer gegenüberliegenden Schicht 3 oder auch zwei Platten 2.

**[0058]** Die Figur 4 zeigt einen Schnitt durch ein System mit einer Neutronenquelle 11, einem Moderator 12 und einem Reflektor 13. Neutronen von der Neutronenquelle 11 können zuerst zum Moderator 12 und danach zum Reflektor 13 gelangen. Neben dem Moderator 12 und dem dahinter befindlichen Reflektor 13 können sich gekühlte Platten 2 einer Neutronenabschirmeinrichtung 1 befinden. Hinter dem Reflektor 13 können gekühlte Platten 2 der Neutronenabschirmeinrichtung 1 sein. Auf der Rückseite können ein Einlass 14 und ein Auslass 15 vorhanden sein. Über den Einlass 14 kann eine Kühlflüssigkeit in die Kanäle 4 eingeleitet werden. Durch den Auslass 15 kann die Kühlflüssigkeit wieder herausströmen.

### Patentansprüche

1. Neutronenabschirmeinrichtung mit einer aus Stahl bestehenden Platte (2) und einer Schicht auf der Platte (2), wobei in der Schicht (3) ein oder mehrere Kanäle (4) vorhanden sind, wobei die ein oder mehreren Kanäle (4) zumindest einen Einlass (14) und zumindest einen Auslass (15) aufweisen und wobei die Wärmeleitfähigkeit der Schicht (3) wenigstens doppelt so groß oder wenigstens fünfmal so groß ist wie die Wärmeleitfähigkeit der aus Stahl bestehenden Platte (2).
2. Neutronenabschirmeinrichtung (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht (3) mit den ein oder mehreren Kanälen (4) aus Aluminium besteht und/oder an gegenüberliegenden Seiten der Platte (2) jeweils eine aus Aluminium bestehende Schicht (3) mit darin befindlichen Kanälen (4) vorhanden sind.
3. Neutronenabschirmeinrichtung (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich zwischen der aus Aluminium bestehenden Schicht (3) und der aus Stahl bestehenden Platte (2) eine Zwischenschicht (5) aus Aluminium befindet, die einen höheren Aluminiumanteil aufweist als die aus Aluminium bestehende Schicht (3) mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen (4).
4. Neutronenabschirmeinrichtung (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil Aluminium in der Zwischenschicht (5) einen Aluminiumanteil von wenigstens 90 Gew.-% aufweist und/oder einen Aluminiumanteil von nicht mehr als 99,9 Gew.-%.
5. Neutronenabschirmeinrichtung (1) nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus Aluminium bestehende Zwischenschicht (5) mit dem höheren Aluminiumanteil dünner ist als die Schicht (3) mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen (4).
6. Neutronenabschirmeinrichtung (1) nach einem der drei vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus Aluminium bestehende Zwischenschicht (5) mit dem höheren Aluminiumanteil unmittelbar an die Schicht (3) mit den darin befindlichen ein oder mehreren Kanälen (4) angrenzt.
7. Neutronenabschirmeinrichtung (1) nach einem der vier vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich zwischen der aus Aluminium bestehenden Zwischenschicht (5) mit dem höheren Aluminiumanteil und der aus Stahl bestehenden Platte (2) eine Zwischenschicht (6) aus Titan befindet.
8. Neutronenabschirmeinrichtung (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus Titan bestehende Zwischenschicht (6) dünner ist als die aus Aluminium bestehende Zwischenschicht (5) mit dem höheren Aluminiumanteil.
9. Neutronenabschirmeinrichtung (1) nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus Titan bestehende Zwischenschicht (6) unmittelbar an die aus Aluminium bestehende Zwischenschicht (5) mit dem höheren Aluminiumanteil angrenzt und/oder dass die aus Titan bestehende Zwischenschicht (6) unmittelbar an die aus Stahl bestehende Platte (2) angrenzt.
10. Neutronenabschirmeinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht (3) mit darin befindlichen Kanälen (4) dünner ist als die aus Stahl bestehende Platte (2).
11. Neutronenabschirmeinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stahl der Platte (2) ein austenitischer Stahl ist.
12. Neutronenabschirmeinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platte (2) und die Schicht (3) mit den darin befindlichen Kanälen (4) miteinander verzahnt oder wellenförmig verbunden sind.
13. System mit einer Neutronenquelle und einer Neutronenabschirmeinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche für ein Abschirmen von Neutronen aus der Neutronenquelle (11).

14. System nach dem vorhergehenden Anspruch mit einem Moderator (11), der zumindest teilweise von der Neutronenabschirmeinrichtung (1) umgeben ist.

15. System nach dem vorhergehenden Anspruch mit einem Reflektor (12), der zumindest teilweise von der Neutronenabschirmeinrichtung (1) umgeben ist. 5

10

15

20

25

30

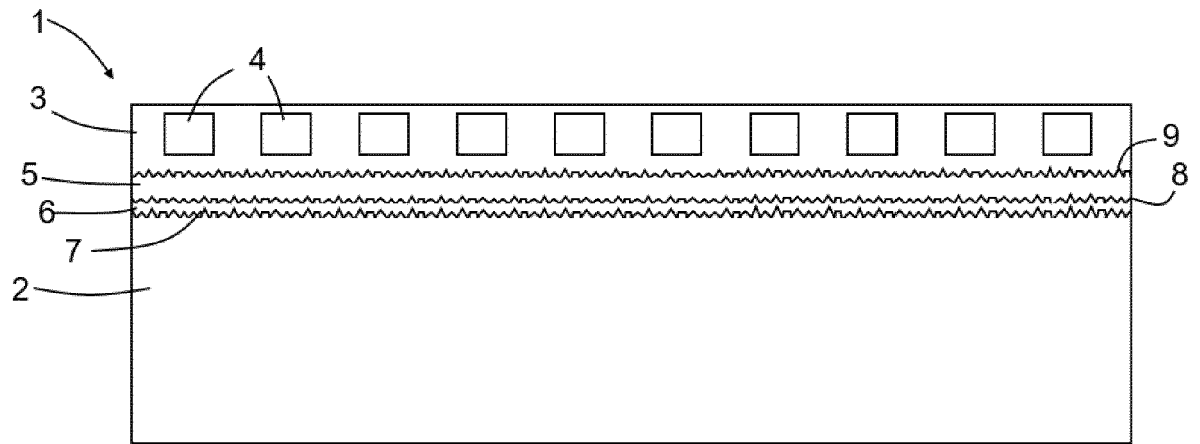
35

40

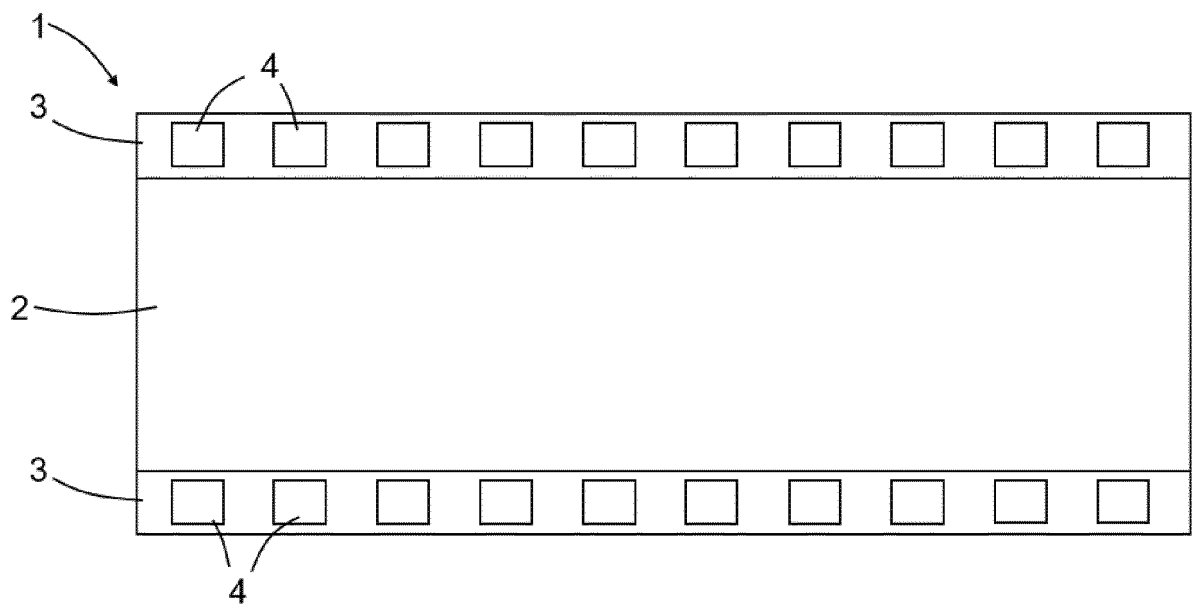
45

50

55



**FIG. 1**



**FIG. 2**



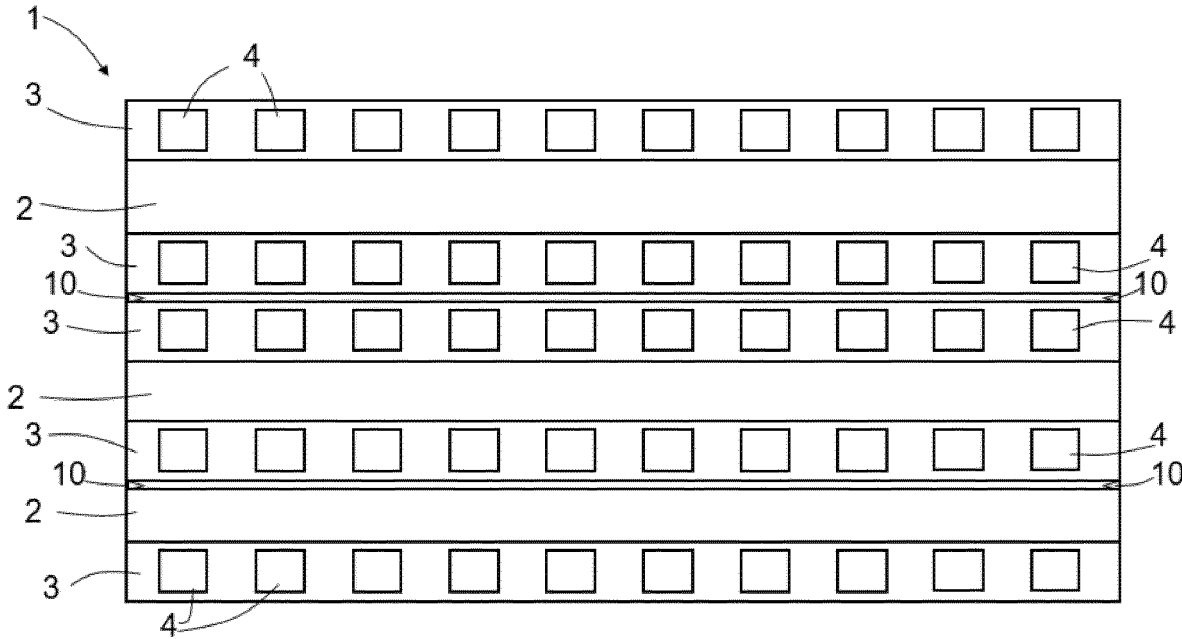
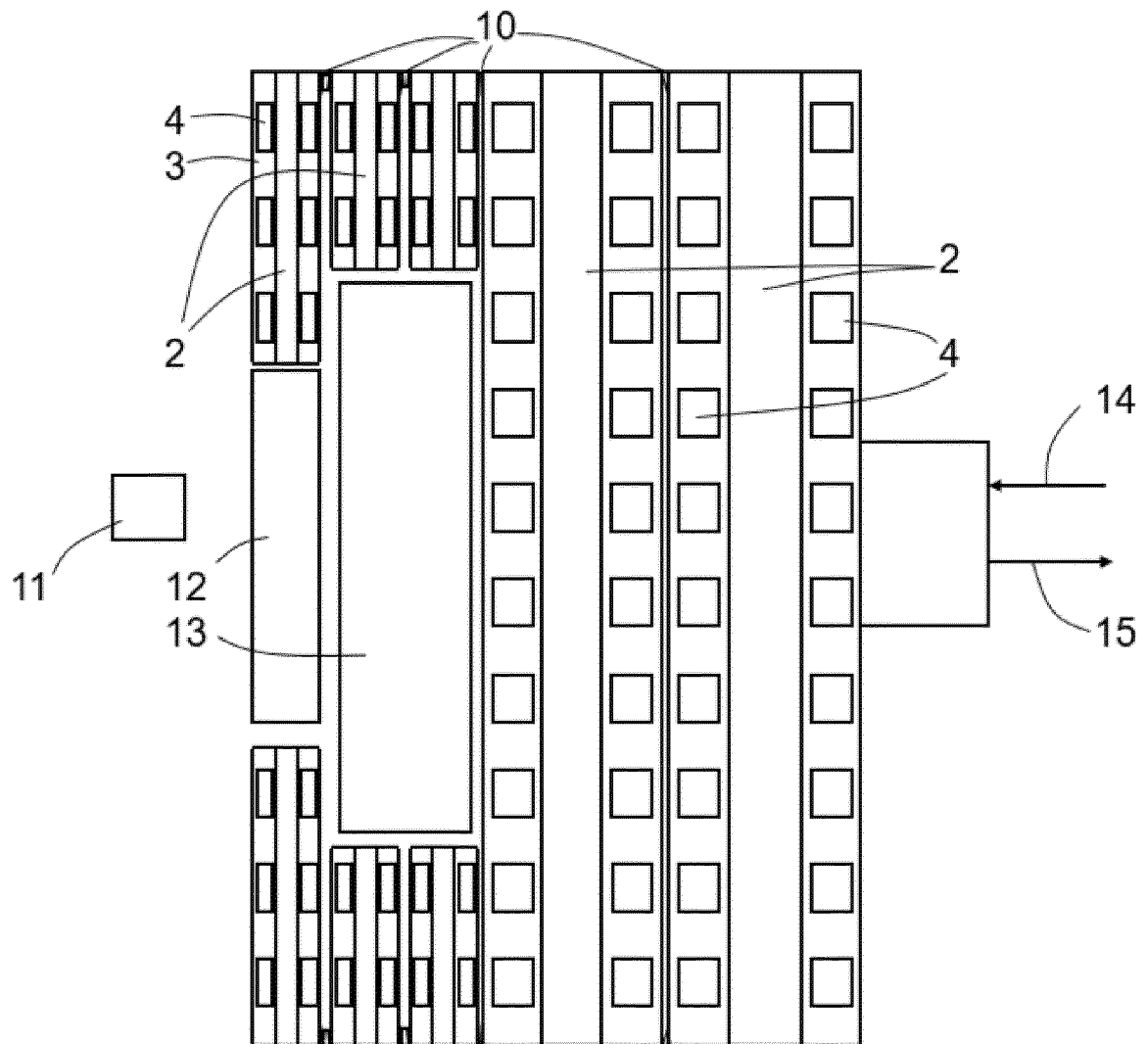


FIG. 3



**FIG. 4**



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 19 9957

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                       |                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Betrifft Anspruch                                     | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)                  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | CN 210 073 342 U (SILICON LAKE COLLEGE)<br>14. Februar 2020 (2020-02-14)<br>* Zusammenfassung; Abbildungen *<br>-----                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1-15                                                  | INV.<br>G21F1/12<br>G21F3/00<br>G21G4/02            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | CN 106 847 354 A (UNIV YANGZHOU)<br>13. Juni 2017 (2017-06-13)<br>* Zusammenfassung; Abbildungen *<br>-----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1-15                                                  |                                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP H06 249980 A (JAPAN ATOMIC ENERGY RES INST; TOSHIBA CORP)<br>9. September 1994 (1994-09-09)<br>* Zusammenfassung; Abbildungen *<br>-----                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1-15                                                  |                                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | CN 112 933 422 A (ZHONGPENG XIAMEN MEDICAL DEVICES CO LTD) 11. Juni 2021 (2021-06-11)<br>* Zusammenfassung; Abbildungen *<br>-----                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1-15                                                  |                                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | NASU MITSUNORI ET AL: "Neutron imaging of generated water inside polymer electrolyte fuel cell using newly-developed gas diffusion layer with gas flow channels during power generation",<br>JOURNAL OF POWER SOURCES, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL,<br>Bd. 530, 19. März 2022 (2022-03-19),<br>XP087016378,<br>ISSN: 0378-7753, DOI:<br>10.1016/J.JPOWSOUR.2022.231251<br>[gefunden am 2022-03-19]<br>* das ganze Dokument *<br>----- | 1-15                                                  | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)<br><br>G21F<br>G21G |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                       |                                                     |
| Recherchenort<br><b>München</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Abschlußdatum der Recherche<br><b>30. Januar 2024</b> | Prüfer<br><b>Opitz-Coutureau, J</b>                 |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur<br>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                       |                                                     |

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.****EP 23 19 9957**

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

**30-01-2024**

|    |                                                     |                               |                                   |                               |
|----|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 10 | Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|    | <b>CN 210073342 U</b>                               | <b>14-02-2020</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
| 15 | <b>CN 106847354 A</b>                               | <b>13-06-2017</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
|    | <b>JP H06249980 A</b>                               | <b>09-09-1994</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
| 20 | <b>CN 112933422 A</b>                               | <b>11-06-2021</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
| 25 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 30 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 35 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 40 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 45 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 50 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 55 |                                                     |                               |                                   |                               |

EPO FORM P0461

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