



(10) **DE 10 2015 111 019 A1** 2017.01.12

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 111 019.9**

(22) Anmeldetag: **08.07.2015**

(43) Offenlegungstag: **12.01.2017**

(51) Int Cl.: **A61F 2/90 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Acandis GmbH & Co. KG, 76327 Pfinztal, DE**

(74) Vertreter:  
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte  
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Klopp, David, 75203 Königsbach-Stein, DE;  
Müller, Manuel, 75172 Pforzheim, DE; Heit, Viktor,  
75245 Neulingen, DE; Cattaneo, Giorgio, 76199  
Karlsruhe, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

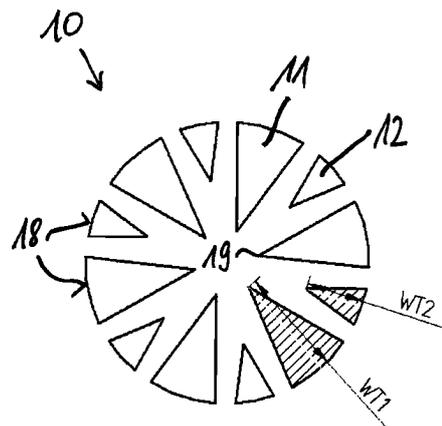
DE	102 01 631	A1
DE	10 2012 107 175	A1
DE	600 22 348	T2
US	2012 / 0 071 962	A1
WO	2007/ 126 729	A2

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Medizinische Vorrichtung zur endovaskulären Behandlung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine medizinische Vorrichtung, insbesondere medizinisches Instrument oder Implantat, zur endovaskulären Behandlung mit einer rohrförmigen, radial expandierbaren Gitterstruktur (10) aus ersten und zweiten Stegen (11, 12), die einstückig durch Verbinders (13) miteinander verbunden sind, wobei mehrere erste Stege (11) eine erste Stegreihe bilden, die sich zumindest in einem expandierten Zustand der Gitterstruktur (10) helixförmig in einer ersten Windungsrichtung um eine Längsachse der Gitterstruktur (10) windet, und mehrere zweite Stege (12) eine zweite Stegreihe bilden, die sich zumindest in einem expandierten Zustand der Gitterstruktur (10) helixförmig in einer zweiten Windungsrichtung, insbesondere gegenläufig zur ersten Windungsrichtung, um eine Längsachse der Gitterstruktur (10) windet, wobei die ersten Stege (11) jeweils eine größere Stegdicke (WT1) als die zweiten Stege (12) aufweisen.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine medizinische Vorrichtung zur endovaskulären Behandlung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Eine derartige medizinische Vorrichtung ist beispielsweise aus der auf die Anmelderin zurückgehenden Patentschrift DE 10 2011 009 372 B3 bekannt.

**[0002]** Die vorbekannte Vorrichtung weist eine Gitterstruktur auf, die aus einstückig miteinander verbundenen Stegen gebildet ist. Dabei begrenzen jeweils vier Stege eine Zelle, wobei jeweils gegenüberliegende Stege ein Stegpaar bilden. Die Stegbreiten der Stege, die unterschiedlichen Stegpaaren zugeordnet sind, sind unterschiedlich. Dies zielt darauf ab, die Flexibilität der Gitterstruktur zu erhöhen, um eine Torsion der Gitterstruktur bei der Expansion herbeizuführen.

**[0003]** Medizinische Vorrichtungen mit einer Gitterstruktur werden meist als Stents in Blutgefäßen eingesetzt. Damit sind sie der Blutströmung ausgesetzt und bieten einen gewissen Strömungswiderstand. Jüngste Studien haben gezeigt, dass die Stegdicke, also die Höhe der Stege in radialer Richtung, bezogen auf die Längsachse der Gitterstruktur, einen deutlichen Einfluss auf die Strömungsverhältnisse innerhalb einer Gitterstruktur haben. Beispielsweise kommen Kolandaivelu et al. (Circulation. 2011; 123:1400–1409) zu dem Ergebnis, dass ein direkter Zusammenhang zwischen den Stegdimensionen in Dickenrichtung und der Gefahr einer Thrombose, die durch den Stent ausgelöst wird (Stentthrombose) besteht. Insbesondere sinkt das Risiko einer Stentthrombose, wenn die Stegdicke möglichst klein gewählt wird. Zur Vermeidung einer Stentthrombose wäre also eine Gitterstruktur wünschenswert, deren Stege eine möglichst geringe Stegdicke aufweisen. Die Reduktion der Stegdicke geht jedoch gleichzeitig mit einer Reduktion der Radialkraft und einer Verringerung der Stabilität der Gitterstruktur einher. Bei einer geringen Stegdicke besteht daher das Risiko, dass die Gitterstruktur sich nicht ausreichend fest im Blutgefäß verankert.

**[0004]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine medizinische Vorrichtung zur endovaskulären Behandlung anzugeben, die einen ausreichende Radialkraft und dennoch strömungsdynamisch verbesserte Eigenschaften aufweist. Insbesondere ist es Aufgabe der Erfindung, bisher bekannte medizinische Vorrichtungen derart weiterzuentwickeln, dass das Risiko einer Stentthrombose weiter reduziert wird.

**[0005]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch den Gegenstand des Patentanspruchs 1 gelöst.

**[0006]** So beruht die Erfindung auf dem Gedanken, eine medizinische Vorrichtung, insbesondere

ein medizinisches Instrument oder ein medizinisches Implantat, zur endovaskulären Behandlung mit einer rohrförmigen, radial expandierbaren Gitterstruktur aus ersten und zweiten Stegen anzugeben. Die ersten und zweiten Stege sind durch Verbinder einstückig miteinander verbunden. Dabei bilden mehrere erste Stege eine erste Stegreihe, die sich zumindest in einem expandierten Zustand der Gitterstruktur helixförmig in einer ersten Windungsrichtung um eine Längsachse der Gitterstruktur windet. Mehrere zweite Stege bilden eine zweite Stegreihe, die sich zumindest in einem expandierten Zustand der Gitterstruktur helixförmig in einer zweiten Windungsrichtung, insbesondere gegenläufig zur ersten Windungsrichtung, um eine Längsachse der Gitterstruktur windet. Erfindungsgemäß weisen die ersten Stege jeweils eine größere Stegdicke als die zweiten Stege auf.

**[0007]** Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Gestaltung der Gitterstruktur bildet einen Kompromiss zwischen einer möglichst geringen Stegdicke zur Vermeidung einer Stentthrombose und einer erhöhten Stegdicke für eine verbesserte Radialkraft der Gitterstruktur. Dabei können alle in einer Windungsrichtung helixförmig um die Längsachse der Gitterstruktur sich erstreckenden Stege dieselbe Stegdicke aufweisen. Diejenigen Stege, die in einer gegenläufigen Windungsrichtung um die Längsachse der Gitterstruktur verlaufen, weisen ebenfalls eine einheitliche Stegdicke auf, die sich jedoch von der Stegdicke der ersten Stege unterscheidet. Insbesondere sind die zweiten Stege dünner als die ersten Stege ausgebildet. Die ersten Stege haben insoweit hauptsächlich eine stabilisierende Funktion für die Gitterstruktur und stellen eine ausreichend hohe Radialkraft sicher. Die zweiten, relativ dünneren Stege verbinden die ersten Stege miteinander und dienen vorwiegend der strömungsoptimierten Gestaltung der Gitterstruktur.

**[0008]** Durch die erfindungsgemäße Konstruktion der Gitterstruktur kann Blut bzw. allgemein ein Körperfluid, das durch die expandierte Gitterstruktur hindurchströmt, über die zweiten Stege mit der relativ kleineren Stegdicke hinwegströmen. Wegen der vergleichsweise geringen Stegdicke der zweiten Stege wird eine Wirbelströmung hinter den Stegen vermieden, die andernfalls ursächlich für eine Stentthrombose sein kann. Die relativ dicken Stege können dabei als Strömungsleitstruktur dienen, so dass die durch die rohrförmige Gitterstruktur strömende Flüssigkeit entlang der ersten Stege helixförmig bzw. schraubenartig durch die Gitterstruktur geleitet wird.

**[0009]** Im Allgemeinen weist die in die Gitterstruktur eingeleitete Fluidströmung anfänglich eine längsaxiale Strömungsrichtungskomponente auf. Durch die Geometrie der Gitterstruktur auf ihrem Innenumfang wird der Fluidströmung, zumindest im Bereich bzw. in unmittelbarer Nähe zur Innenumfangsfläche der Gitterstruktur, eine Umfangskomponente aufgeprägt.

Die Fluidströmung wird auf diese Weise in eine helixförmige Bahn gedrängt. Dabei bleibt eine längsaxiale Komponente der Strömungsrichtung erhalten. Dies führt in der Praxis dazu, dass die Fluidströmung entlang einer Helixbahn bzw. entlang einer Schraubelinie verläuft, deren Steigung bzw. Steigungswinkel sich von der Steigung bzw. dem Steigungswinkel der Helixform der ersten Stegreihe (relativ dickere Stege) unterscheidet. Insbesondere ist die Steigung bzw. der Steigungswinkel der Strömungshelix wegen der weiterhin wirksamen längsaxialen Strömungskomponente größer als die Steigung bzw. der Steigungswinkel der ersten Stegreihe. Der Steigungswinkel entspricht dabei dem Winkel zwischen der Helixbahn und einer senkrecht auf der Längsachse der Gitterstruktur stehenden Ebene. Mit anderen Worten ist die Ganghöhe der Strömungshelix größer als die Ganghöhe der durch die erste Stegreihe gebildeten Stegreihenhelix. Die Ganghöhe ist die Strecke zwischen den Endpunkten einer vollen ( $360^\circ$ ) Umdrehung der jeweiligen Helix (Strömungshelix oder Stegreihenhelix), wobei die Strecke parallel zur Längsachse der Gitterstruktur gemessen wird.

**[0010]** In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass im Rahmen der vorliegenden Anmeldung die helixförmige Strömung, die durch die Geometrie der Gitterstruktur einer Fluidströmung aufgeprägt wird, insbesondere auf einen äußeren Bereich des Lumens innerhalb der Gitterstruktur beschränkt ist. Insbesondere kann sich die helixförmige Strömung auf einen im Querschnitt der Gitterstruktur ringförmigen Bereich innerhalb der Gitterstruktur konzentrieren. Die Breite des ringförmigen Bereichs kann außen zumindest durch die Gitterstruktur begrenzt sein und innen zumindest bei etwa  $2/3$  des Radius der Gitterstruktur enden oder sich näher zur Längsachse erstrecken. Die Helixform der Strömung kann durch numerische Simulation anhand der konstruktiven Parameter des Stents berechnet werden. Es ist auch möglich, die Ausprägung der helixförmigen Strömung durch PIV (Particle Imaging Velocimetry) oder MRI (Magnetic Resonance Imaging) gemessen werden. Besonders ausgeprägt ist die helixförmige Strömung vorzugsweise im Bereich der Gitterstruktur selbst, insbesondere auf deren innerer Mantelfläche bzw. Innenumfangsfläche. Im Zentrum der Gitterstruktur, insbesondere in einem Bereich von etwa  $2/3$  des Radius der Gitterstruktur, kann die Fluidströmung durch die ersten Stege der Gitterstruktur kaum beeinflusst werden und mit einem kleineren Steigungswinkel oder weitgehend parallel zur Längsachse der Gitterstruktur verlaufen. Im Allgemeinen gilt, dass die Ausprägung der Helixform von der Mantelfläche bzw. Innenumfangsfläche der Gitterstruktur radial nach innen zur Längsachse der Gitterstruktur abnimmt, insbesondere sich graduell abschwächt.

**[0011]** Im Bereich der inneren Mantelfläche der Gitterstruktur, d.h. in unmittelbarer Nähe zu den ersten

Stegen, wird das Fluid in eine helixförmige Bahn gelenkt. Die maximale Strömungsbeeinflussung erfolgt außerdem in einem Bereich, der in radialer Richtung bezogen auf die Längsachse der Gitterstruktur zwischen den Innenkanten der zweiten (relativ dünneren) Stege und den Innenkanten der ersten (relativ dickeren) Stege angeordnet ist. Die Strömungsbeeinflussung kann in Richtung zur Mitte einer Zelle der Gitterstruktur, d.h. mit zunehmendem Abstand von den Spitzen der ersten und/oder zweiten Stege nachlassen bzw. abnehmen. Die helixförmige Strömung bleibt zwar über die gesamte Zelle hinweg erhalten, die Intensität der Strömungsbeeinflussung kann jedoch über die gesamte Fläche einer Zelle variieren. Der später näher erläuterte Wert einer Ablenkung der Fluidströmung von mindestens  $10^\circ$  über eine axiale Länge von 10 mm kann sich auf jeden der vorstehend genannten Bereiche, insbesondere den Zellenrand und/oder die Zellenmitte beziehen.

**[0012]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die ersten Stege und die zweiten Stege in Umfangsrichtung der Gitterstruktur unmittelbar benachbart zueinander angeordnet. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die in Umfangsrichtung unmittelbar benachbarten Stege jeweils einer Zelle der Gitterstruktur angehören. Die Zellen der Gitterstruktur weisen vorzugsweise eine rautenförmige Grundform auf, wobei jeweils vier Stege eine Zelle begrenzen. Von den vier Stegen sind vorzugsweise zwei als erste Stege mit der relativ größeren Stegdicke und zwei als zweite Stege mit einer relativ kleineren Stegdicke ausgebildet. Die ersten Stege verlaufen dabei im Wesentlichen parallel zueinander und sind durch die zweiten Stege miteinander verbunden. Insoweit bilden die ersten Stege ein paralleles Stegpaar und die zweiten Stege ein weiteres paralleles Stegpaar. Bezüglich des Mittelpunkts einer Zelle sind die ersten Stege und die zweiten Stege jeweils diametral gegenüberliegend zueinander angeordnet. Die ersten Stege sind daher nicht direkt sondern lediglich mittelbar über die zweiten Stege miteinander verbunden. Analog gilt für die zweiten Stege, dass diese nicht direkt, sondern nur mittelbar über die ersten Stege miteinander verbunden sind.

**[0013]** In unmittelbarer Verlängerung eines ersten Stegs einer Zelle der Gitterstruktur schließt sich ein erster Steg einer weiteren Zelle der Gitterstruktur an, so dass mehrere erste Stege im Wesentlichen zueinander fluchtend hintereinander angeordnet sind. Die ersten Stege bilden insoweit eine Stegreihe, die sich helixförmig um die Längsachse der Gitterstruktur windet. Analoges gilt für die zweiten Stege, die ebenfalls eine Stegreihe bilden, die sich helixförmig um die Längsachse der Gitterstruktur windet. Die Windungsrichtung der ersten und zweiten Stege unterscheidet sich. Insbesondere verlaufen die zweiten Stege in einer zur Windungsrichtung der ersten Stege gegen-

läufigen Windungsrichtung um die Längsachse der Gitterstruktur.

**[0014]** In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die ersten Stege eine andere Querschnittsform als die zweiten Stege aufweisen. Insbesondere können die Querschnittsformen der ersten Stege und der zweiten Stege an die unterschiedlichen Anforderungen, die an die ersten Stege und die zweiten Stege gestellt werden, angepasst werden. So können für die ersten Stege Querschnittsformen gewählt werden, die eine verbesserte Strömungsleitung entlang der Stege und eine Verbesserung der Radialkraft ermöglichen. Für die zweiten Stege wird vorzugsweise eine Querschnittsform gewählt, die eine möglichst geringe Strömungsbeeinflussung bietet, um das Risiko einer Stentthrombose zu reduzieren. Insgesamt können so die strömungsdynamischen Eigenschaften der Gitterstruktur bzw. der gesamten medizinischen Vorrichtung weiter verbessert werden.

**[0015]** Eine besonders vorteilhafte Gestaltung einer medizinischen Vorrichtung mit verbesserten strömungsdynamischen Eigenschaften ergibt sich, wenn das Verhältnis (WT2:WT1) der Stegdicke WT2 der zweiten Stege zur Stegdicke WT1 der ersten Stege auf den jeweiligen Einsatzzweck abgestimmt sind.

**[0016]** Insbesondere ist es bevorzugt, für eine medizinische Vorrichtung, die sich insbesondere durch eine hohe Stabilität auszeichnen soll, ein Verhältnis (WT1:WT2) zwischen der Stegdicke WT1 der ersten Stege und der Stegdicke WT2 der zweiten Stege einzustellen, das zwischen 1,1 und 2, insbesondere zwischen 1,15 und 1,75, insbesondere zwischen 1,2 und 1,5, vorzugsweise 1,25, beträgt.

**[0017]** Bei einer medizinischen Vorrichtung, die eine starke Strömungsbeeinflussung bewirken soll, ist es hingegen vorteilhaft, ein Verhältnis (WT1:WT2) zwischen der Stegdicke WT1 der ersten Stege und der Stegdicke WT1 der zweiten Stege einzustellen, das zwischen 1,5 und 3,5, insbesondere zwischen 1,75 und 3,25, insbesondere zwischen 2 und 3, insbesondere zwischen 2,25 und 2,75, vorzugsweise 2,5, beträgt.

**[0018]** Als technisch gut umsetzbar hat sich ein Verhältnis (WT1:WT2) zwischen der Stegdicke WT1 der ersten Stege und der Stegdicke WT1 der zweiten Stege von 5 gezeigt.

**[0019]** Um eine möglichst gute Komprimierbarkeit der Gitterstruktur, also die Überführung der Gitterstruktur zu einem möglichst geringen Querschnittsdurchmesser, zu erreichen, ist bevorzugt vorgesehen, dass bezogen auf den Mittelpunkt einer Zelle der Gitterstruktur diametral gegenüber angeordnete Stege dieselbe Querschnittsform und/oder die

selbe Stegdicke aufweisen. So kann die Gitterstruktur aus einem einzigen Rohling, beispielsweise einem Volldraht oder einem Hohl Draht, einfach und schnell durch Laserschneiden, insbesondere Laser-Sublimier-Schneiden, hergestellt werden.

**[0020]** Es ist auch möglich, als Halbzeug für die Herstellung der Gitterstruktur, insbesondere durch Laser-Sublimier-Schneiden, ein Kompositmaterial zu verwenden. Insbesondere kann der Rohling ein Komposit-Draht sein, der ein Kernmaterial und ein vom Kernmaterial verschiedenes Mantelmaterial aufweist. Das Mantelmaterial kann beispielsweise ein superelastisches Material, insbesondere eine Nickel-Titan-Legierung, sein. Das Kernmaterial kann ein röntgensichtbares Material, beispielsweise Gold oder Platin, umfassen. Umgekehrt kann auch das Mantelmaterial das röntgensichtbare Material und das Kernmaterial ein superelastisches Material aufweisen.

**[0021]** Insbesondere kann vorgesehen sein, dass bei der Herstellung der Gitterstruktur zur Bildung der zweiten (relativ dünneren) Stege das Kernmaterial vollständig entfernt wird, so dass die ersten Stege wenigstens zwei Materialien und die zweiten Stege in einziges Material aufweisen. So können durch Wahl des Kompositmaterials für das Halbzeug die Eigenschaften der Gitterstruktur zusätzlich beeinflusst werden. Das Kernmaterial kann beispielsweise die Stabilität der ersten Stege erhöhen und/oder die ersten Stege mit einer erhöhten Röntgensichtbarkeit ausstatten. Das Mantelmaterial kann so gewählt sein, dass die Flexibilität der zweiten Stege erhöht ist oder die zweiten Stege zusätzlich zur Röntgensichtbarkeit der Gitterstruktur beitragen.

**[0022]** Es hat sich gezeigt, dass nicht nur die Stegdicke und/oder die Querschnittsform der Stege einen Einfluss auf die Strömung innerhalb der Gitterstruktur haben. Vielmehr wird die Strömung innerhalb der Gitterstruktur auch durch den Flankenwinkel der Stege beeinflusst. Dabei ist bevorzugt vorgesehen, dass die ersten Stege einen anderen Flankenwinkel als die zweite Stege aufweisen.

**[0023]** Als Flankenwinkel wird im Rahmen der vorliegenden Anmeldung der Winkel bezeichnet, der sich zwischen einer radial bezogen auf die Längsachse der Gitterstruktur angeordneten Mittellinie des einzelnen Stegs und dessen seitlicher Seitenfläche aufspannt. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Stege jeweils Seitenflächen umfassen, die sich im Wesentlichen von einem Außenumfang der Gitterstruktur zu einem Innenumfang der Gitterstruktur erstrecken. Am Innenumfang enden die Seitenflächen jeweils an einer Innenkante des Stegs. Die Seitenflächen des Stegs sind vorzugsweise nicht parallel zueinander ausgerichtet, sondern schließen miteinander einen Winkel ein. Insbesondere sind die Seitenflächen der Stege zu Längsachse der Gitterstruktur

hin orientiert, d.h. die Stege verjüngen sich in Richtung zur Längsachse der Gitterstruktur bzw. zum Inneren der Gitterstruktur hin. Der halbe Winkel zwischen den beiden Seitenflächen wird als Flankenwinkel bezeichnet. Mit anderen Worten bildet die Winkelhalbierende zwischen den Seitenflächen die radial zum Längsachse der Gitterstruktur ausgerichtete Mittellinie.

**[0024]** Als besonders vorteilhaft hat es sich herausgestellt, wenn der Flankenwinkel der zweiten Stege mindestens  $7,5^\circ$ , insbesondere mindestens  $10^\circ$ , insbesondere mindestens  $20^\circ$ , insbesondere mindestens  $30^\circ$ , insbesondere mindestens  $40^\circ$ , insbesondere mindestens  $60^\circ$ , insbesondere mindestens  $70^\circ$ , beträgt. Vorzugsweise beträgt der Flankenwinkel der zweiten Stege höchstens  $75^\circ$ . Es hat sich gezeigt, dass diese Werte besonders vorteilhaft sind, um zu erreichen, dass der Strömungswiderstand der zweiten Stege geringer als der Strömungswiderstand der ersten Stege ist.

**[0025]** Im Allgemeinen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der Flankenwinkel der zweiten Stege größer als der Flankenwinkel der ersten Stege ist. Damit ist sichergestellt, dass der Strömungswiderstand der zweiten Stege kleiner als der Strömungswiderstand der ersten Stege ist. Strömungsdynamisch ist dies günstig, da so erreicht wird, dass die durch die Gitterstruktur hindurchströmende Flüssigkeit hauptsächlich über die zweiten Stege geleitet wird und an den ersten Stegen vielmehr entlanggeführt wird. Eine Überströmung der ersten Stege quer zur Stegerstreckungsrichtung wird so weitgehend vermieden. Konkret kann das Verhältnis (SA2:SA1) des Flankenwinkels SA2 der zweiten Stege zum Flankenwinkel SA1 der ersten Stege wenigstens 1, insbesondere wenigstens 1,1, insbesondere wenigstens 1,2, insbesondere wenigstens 1,3, insbesondere wenigstens 1,5, insbesondere wenigstens 2, insbesondere wenigstens 2,5, insbesondere wenigstens 3, insbesondere wenigstens 3,5, insbesondere wenigstens 4, und/oder höchstens 5, insbesondere höchstens 4,5, betragen.

**[0026]** In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Verbinder eine Verbinderdicke aufweist, die höchstens der Stegdicke der ersten Stege und/oder mindestens der Stegdicke der zweiten Stege entspricht. Im Allgemeinen kann zwischen jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Stegen ein Verbinder angeordnet sein. Insbesondere ist vorgesehen, dass der Verbinder insgesamt vier Stege miteinander verbindet, wobei zwei Stege als erste Stege und zwei weitere Stege als zweite Stege ausgebildet sind. Der Verbinder ist dabei vorzugsweise so gestaltet, dass er einen Übergang zwischen den unterschiedlichen Stegdicken der ersten und zweiten Stegverbinder ermöglicht. Insbesondere kann der Querschnitt des Stegverbinders

maximal so dick sein, wie der Querschnitt des ersten Stegs. Der Stegverbinder kann alternativ oder zusätzlich wenigstens so dick sein, wie der Querschnitt des zweiten Stegs. Insgesamt wird damit die Querschnittsfläche bzw. die von der durch die Gitterstruktur fließenden Flüssigkeit angeströmte Fläche (Anströmfläche) möglichst gering gehalten, so dass der Verbinder eine geringe strömungsbeeinflussende Wirkung hat. Die Gitterstruktur ist so auch im Bereich der Verbinder strömungsdynamisch verbessert.

**[0027]** Um einen möglichst gleichmäßigen Übergang von den Stegen in den Verbinder zu erreichen, ist vorteilhaft vorgesehen, dass sich die ersten Stege an ihren Steglängsenden so verjüngen, dass die Stegdicke der ersten Stege im Bereich des Verbinders an die Stegdicke der zweiten Stege oder an die Verbinderdicke des Verbinders angeglichen ist. Insbesondere können sich die ersten Stege unmittelbar vor oder im Bereich eines Verbinders verjüngen.

**[0028]** Vorzugsweise weisen die Verbinder jeweils eine Anströmkante auf, die eine Seitenfläche des zweiten Stegs mit einer Innenkante des ersten Stegs verbindet. Als Innenkante wird dabei eine Kante des Stegs bezeichnet, die im expandierten Zustand der Gitterstruktur auf einer Innenumfangsfläche der Gitterstruktur angeordnet ist. Die Innenkante erstreckt sich vorzugsweise im Wesentlichen entlang einer Helixlinie um die Längsachse der Gitterstruktur. Eine leichte Abweichung von dieser Orientierung ist möglich. Die Anströmkante des Verbinders erstreckt sich hingegen vorzugsweise quer zur Längsachse der Gitterstruktur. Im Wesentlichen verläuft die Anströmkante in einer Querschnittsebene der Gitterstruktur.

**[0029]** Die Anströmkante kann einen ersten Kantenabschnitt und einen zweiten Kantenabschnitt aufweisen, wobei der erste Kantenabschnitt ebenengleich mit der Seitenfläche des zweiten Stegs ausgerichtet ist. Der zweite Kantenabschnitt kann ebenengleich mit einer Innenfläche des ersten Stegs ausgerichtet sein. Im Wesentlichen kann vorgesehen sein, dass der erste Steg sich an seinem Steglängsende beim Übergang in den Verbinder verjüngt, so dass eine Innenfläche des ersten Stegs gebildet wird. Die Innenfläche erstreckt sich im Wesentlichen auf den Innenumfang der Gitterstruktur. Der zweite Kantenabschnitt der Anströmkante kann ebenengleich bzw. fluchtend mit der Innenfläche ausgerichtet sein.

**[0030]** Der zweite Kantenabschnitt kann zum ersten Kantenabschnitt winklig angeordnet sein. Der erste Kantenabschnitt geht dabei vorzugsweise ebenengleich bzw. fluchtend in eine Seitenfläche des zweiten Stegs über bzw. ist ebenengleich oder fluchtend mit der Seitenfläche des zweiten Stegs ausgerichtet. Dies ermöglicht es, den Verbinder strömungsoptimiert zu gestalten und gleichzeitig für die Verbinderdicke einen Wert zu wählen, der zwischen dem

Wert der Stegdicke des ersten Stegs und dem Wert der Stegdicke des zweiten Stegs liegt.

**[0031]** In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weisen die ersten und zweiten Stege jeweils eine Außenfläche auf, die sich in einer gemeinsamen, äußeren Umfangsmantelfläche erstrecken. Insbesondere ist vorgesehen, dass die ersten und zweiten Stege die gemeinsame Außenumfangsfläche der Gitterstruktur aufspannen. Die Stegdickenunterschiede werden also hauptsächlich auf dem Innenumfang der Gitterstruktur erkennbar. Mit anderen Worten sind die zweiten Stege wegen der kleineren Stegdicke, ausgehend vom Innenumfang der Gitterstruktur, gegenüber den ersten Stegen zurückversetzt. So kommen die strömungsverbessernden Funktionen der medizinischen Vorrichtung besonders vorteilhaft zum Tragen, da sich im implantierten Zustand der Vorrichtung die Flüssigkeitsströmung über den Innenumfang der Gitterstruktur hinwegbewegt.

**[0032]** Konkret kann vorgesehen sein, dass die Innenkanten der zweiten Stege auf einem Inkreis der Gitterstruktur angeordnet sind, dessen Durchmesser größer als der Durchmesser eines Inkreises ist, auf dem Innenkanten der ersten Stege angeordnet sind. Dies stellt sicher, dass die zweiten Stege im Wesentlichen gegenüber den ersten Stegen, ausgehend von der Längsachse der Gitterstruktur, nach außen zurückversetzt sind. Dies ist der geringeren Stegdicke der zweiten Stege geschuldet. So ist gewährleistet, dass die zweiten Stege von einer Flüssigkeitsströmung im Wesentlichen überströmt werden, wobei eine negative Beeinflussung der Flüssigkeitsströmung im Hinblick auf eine Stentthrombose weitgehend reduziert ist.

**[0033]** Als besonders vorteilhaft hat sich eine Ausgestaltung der erfindungsgemäßen medizinischen Vorrichtung gezeigt, bei der die ersten Stege eine Strömungsleitstruktur bilden, so dass ein durch die Gitterstruktur durchströmendes Fluid helixförmig durch die Gitterstruktur, insbesondere über die zweiten Stege hinweg, geleitet wird. Dies kann besonders vorteilhaft durch entsprechende Dimensionierung der Stegdicke der ersten und zweiten Stege beeinflusst werden.

**[0034]** Die Erfindung löst die eingangs genannte Aufgabe auch durch eine medizinische Vorrichtung, insbesondere ein medizinisches Instrument oder ein Implantat, zur endovaskulären Behandlung mit einer rohrförmigen, radial expandierbaren Gitterstruktur, die derart ausgebildet ist, dass einem längsaxial in die expandierte Gitterstruktur eingeleiteten Fluid zumindest entlang eines Innenumfangs der Gitterstruktur eine helixförmige Strömungsbahn aufgezwungen wird. Die medizinische Vorrichtung ist insbesondere nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ausgebildet. Die im Zusammenhang mit der Vorrich-

tung gemäß den Ansprüchen 1 bis 15 genannten Vorteile und konstruktiven Weiterbildungen bzw. Ausgestaltungen gelten ebenfalls in bevorzugter Weise für die konstruktive Gestaltung der Vorrichtung gemäß Anspruch 16. Die allgemein beanspruchte Idee, eine Gitterstruktur derart anzupassen, dass ein Fluidströmung in einen helixförmigen Strömungsverlauf überführt wird, bewirkt eine Verbesserung der Strömungsverhältnisse innerhalb der medizinischen Vorrichtung und reduziert das Risiko der Gerinnelbildung beim Einsatz in Blutgefäßen. Eine Thrombose, insbesondere Stentthrombose, kann somit vermieden werden.

**[0035]** Bevorzugt ist es, wenn die Helixform der Fluidströmung, die durch die Gitterstruktur erzeugt wird, eine Ablenkung der Fluidströmung von mindestens  $10^\circ$  über eine axiale Länge von 10 mm erreicht. Die Fluidströmung weist beim Eintritt in die Gitterstruktur üblicherweise einen Geschwindigkeitsvektor in Längsrichtung, d.h. parallel zur Längsachse der Gitterstruktur, auf. Durch die Gitterstruktur wird die Fluidströmung in eine helixförmige Strömungsbahn gelenkt, so dass der Fluidströmung auch eine Geschwindigkeitskomponente in Umfangsrichtung aufgeprägt wird. Der innerhalb der Gitterstruktur resultierende Geschwindigkeitsvektor resultiert aus dem Geschwindigkeitsvektor in Längsrichtung und dem Geschwindigkeitsvektor in Umfangsrichtung zusammen. Dieser resultierende Geschwindigkeitsvektor verläuft vorzugsweise unter einem Winkel zur Längsachse der Gitterstruktur, der wenigstens  $10^\circ$  beträgt.

**[0036]** Der Strömungsverlauf, insbesondere die helixförmige Strömung, ist gut über das PIV (particle image velocity)-Verfahren ermittelbar. Dabei wird vorzugsweise ein Wasser-Glyzerin-Gemisch als Testfluid verwendet. Dieses Verfahren macht auch die Ablenkung der Fluidströmung von der ursprünglich geradlinigen Richtung in die helixförmige Richtung erkennbar.

**[0037]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten, schematischen Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigen

**[0038]** Fig. 1–Fig. 3 jeweils eine Querschnittsansicht durch eine Gitterstruktur einer erfindungsgemäßen medizinischen Vorrichtung zur Darstellung der unterschiedlichen Stegdicken, wobei die Stege der Gitterstrukturen unterschiedliche Querschnittsformen aufweisen;

**[0039]** Fig. 4–Fig. 6 jeweils eine Querschnittsansicht der Gitterstrukturen gemäß Fig. 1–Fig. 3 zur Darstellung unterschiedlicher Flankenwinkel;

**[0040]** Fig. 7 eine perspektivische Schnittansicht eines Details der Gitterstruktur gemäß Fig. 1;

[0041] Fig. 8 eine perspektivische Detailansicht eines Verbinders der Gitterstruktur gemäß Fig. 1;

[0042] Fig. 9 eine perspektivische Detailansicht eines Verbinders einer Gitterstruktur einer erfindungsgemäßen medizinischen Vorrichtung nach einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel;

[0043] Fig. 10 eine perspektivische Ansicht eines Verbinders einer Gitterstruktur einer erfindungsgemäßen medizinischen Vorrichtung nach einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel; und

[0044] Fig. 11 eine perspektivische Darstellung einer erfindungsgemäßen Gitterstruktur im expandierten Zustand.

[0045] Im Allgemeinen wird darauf hingewiesen, dass die beigefügten Zeichnungen lediglich schematische Darstellungen sind. Die in den Zeichnungen wiedergegebenen Details der Erfindung, insbesondere die Gitterstruktur, sind insofern idealisiert, als dass beispielsweise Abrundungen an Stegkanten, die in der Praxis durch eine Oberflächenbehandlung, insbesondere ein Elektropolieren, erkennbar sind, nicht dargestellt sind. Die ausführlich in der vorliegenden Anmeldung angegebenen Maße beziehen sich jeweils auf den Zustand der medizinischen Vorrichtung bzw. der Gitterstruktur nach vollständiger Fertigstellung, d.h. nach Abschluss von Oberflächenbearbeitungsprozessen.

[0046] In den Fig. 1–Fig. 6 ist im Querschnitt jeweils eine Gitterstruktur 10 gezeigt, die aus mehreren, einstückig miteinander verbundenen Stegen 11, 12 gebildet ist. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind jeweils nur die Konturen der Stirnflächen der einzelnen Stege 11, 12 dargestellt.

[0047] Generell ist vorgesehen, dass die in Umfangsrichtung unmittelbar benachbarten Stege 11, 12 unterschiedliche Stegdicken und/oder unterschiedliche Querschnittsformen aufweisen. Dabei sind vorzugsweise Stege 11, 12, die identisch ausgebildet sind bzw. eine identische Querschnittsdimension bzw. Querschnittsform, aufweisen, innerhalb einer Zelle 24 der Gitterstruktur 10 paarweise zueinander gegenüberliegend angeordnet.

[0048] Die Gitterstruktur 10 kann radial komprimierbar und radial expandierbar sein. Dabei bezieht sich die radiale Expansion auf eine Längsachse der insgesamt im Wesentlichen rohrförmigen Gitterstruktur 10. Insbesondere kann die Gitterstruktur 10 selbstexpandierend ausgebildet sein. In den Fig. 1–Fig. 6 ist die Gitterstruktur in einem Zwischenzustand zwischen dem radial komprimierten und dem radial expandierten Zustand gezeigt.

[0049] Die Gitterstruktur 10 weist eine Vielzahl erster Stege 11 auf. Ferner weist die Gitterstruktur 10 eine Vielzahl zweiter Stege 12 auf. In Umfangsrichtung der Gitterstruktur 10 ist zwischen zwei ersten Stegen 11 jeweils ein zweiter Steg 12 angeordnet. Die ersten Stege 11 und die zweiten Stege 12 wechseln sich so in Umfangsrichtung ab.

[0050] Wie in den Fig. 1–Fig. 6 gut erkennbar ist, unterscheiden sich die ersten Stege 11 von den zweiten Stegen 12 insbesondere durch ihre Stegdicken WT1, WT2. Insbesondere weisen die ersten Stege 11 eine erste Stegdicke WT1 und die zweiten Stege 12 eine zweite Stegdicke WT2 auf. Die Stegdicke WT1, WT2 wird dabei in radialer Richtung bezogen auf die Längsachse der Gitterstruktur 10 gemessen. Insbesondere entspricht die Stegdicke WT1, WT2 jeweils dem radialen Abstand zwischen einer Innenkante 19 bzw. Innenfläche 17 eines Stegs zur Außenfläche 18 des Stegs. Die Außenflächen 18 der Stege 11, 12 spannen gemeinsam eine äußere Umfangsmantelfläche der Gitterstruktur 10 auf.

[0051] Bei allen hier dargestellten Ausführungsbeispielen ist vorgesehen, dass die zweite Stegdicke WT2 kleiner als die erste Stegdicke WT1 ist. Mit anderen Worten weisen die ersten Stege 11 eine größere Stegdicke WT1 als die zweiten Stege 12 auf, die eine relativ kleinere Stegdicke WT2 aufweisen.

[0052] Bei den Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 1 und Fig. 5 haben die Stege 11, 12 jeweils ähnliche Querschnittsformen. Insbesondere ist die Querschnittsform der Stege 11, 12 jeweils im Wesentlichen dreieckförmig, wobei die Außenfläche 18 in Umfangsrichtung gekrümmt ist. Die zweiten Stege 12 weisen jedoch eine zweite Stegdicke WT2 auf, die kleiner als die erste Stegdicke WT1 der ersten Stege 11 ist.

[0053] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 und Fig. 4 bilden die ersten Stege im Wesentlichen eine trapezförmige Querschnittsform, wobei die Außenfläche 18 der Stege in Umfangsrichtung gekrümmt ist. Ebenso ist eine Innenfläche 17 der ersten Stege 11 in Umfangsrichtung der Gitterstruktur 10 gekrümmt. Die Innenfläche 17 endet an Innenkanten 19, von welchen aus sich Seitenflächen 16 zur Außenfläche 18 erstrecken. Die zweiten Stege 12 weisen eine im Wesentlichen dreieckförmige Querschnittsform auf. Auch bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 und Fig. 4 ist vorgesehen, dass die zweiten Stege 12 eine kleinere Stegdicke WT2 als die ersten Stege 11 aufweisen.

[0054] Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 und Fig. 5 unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 und Fig. 4 durch die Querschnittsgeometrie der Gitterstruktur 10, insbesondere im Inneren der Gitterstruktur 10. Bei dem Ausführungsbeispiel

spiel gemäß **Fig. 1** und **Fig. 5** bilden die Stege **11, 12** im Wesentlichen Spitzen bzw. jeweils einzelne Innenkanten **19** aus, die zur Längsachse der Gitterstruktur **10** hin zeigen bzw. gerichtet sind. Bei der Gitterstruktur **10** gemäß **Fig. 2** und **Fig. 4** ist im Inneren der Gitterstruktur **10** hingegen ein Hohlkanal gebildet. Die Stege **11, 12** haben daher jeweils zwei Innenkanten **19**, die jeweils durch eine in Umfangsrichtung der Gitterstruktur **10** gewölbte bzw. gekrümmte Innenfläche **17** miteinander verbunden sind.

**[0055]** Die ersten Stege **11** mit den zweiten Stegen **12** sind durch die Verbinder **13** einstückig verbunden. Von jedem Verbinder **13** gehen also zwei erste Stege **11** und zwei zweite Stege **12** aus. Dabei verlaufen die ersten Stege **11** jeweils fluchtend zueinander. Konkret bilden die ersten Stege **11** eine Stegreihe, die sich im Wesentlichen helixförmig um die Längsachse der Gitterstruktur windet. Die zweiten Stege **12** bilden eine weitere Stegreihe, die sich ebenfalls im Wesentlichen helixförmig um die Längsachse der Gitterstruktur windet. Wegen der vergleichsweise höheren Flexibilität der zweiten Stege **12** zeigen die zweiten Stege **12** einen geschwungenen Verlauf. Insbesondere verlaufen die zweiten Stege **12** in jeder Zelle **24** im Wesentlichen S-förmig.

**[0056]** Die Windungsrichtungen der Stegreihe der ersten Stege **11** und der Stegreihe der zweiten Stege **12** unterscheiden sich. Insbesondere verlaufen die ersten Stege **11** und die zweiten Stege **12** in jeweils gegenläufiger Windungsrichtung. So können die ersten Stege **11** eine Stegreihe bilden, die im Uhrzeigersinn um die Längsachse der Gitterstruktur **10** helixförmig verläuft. Die zweiten Stege **12** bilden dann eine Stegreihe, deren Windungsrichtung im Gegenuhrzeigersinn um die Längsachse der Gitterstruktur orientiert ist.

**[0057]** In den **Fig. 3** und **Fig. 6** ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der medizinischen Vorrichtung gezeigt, wobei die Gitterstruktur **10** mehrere erste Stege **11** und mehrere zweite Stege **12** aufweist. Die Gitterstruktur **10** gemäß **Fig. 3** und **Fig. 6** unterscheidet sich von den Ausführungsbeispielen gemäß **Fig. 1, Fig. 5, Fig. 2** und **Fig. 4** durch die Querschnittsform der ersten Stege. Wie in den **Fig. 3** und **Fig. 6** gut erkennbar ist, weisen die ersten Stege jeweils eine Außenfläche **18** auf, die sich entlang der Umfangsmantelfläche der Gitterstruktur **10** in einer Krümmung erstreckt. Von der Außenfläche **18** gehen in im Wesentlichen radialer Richtung zwei Seitenflächen **16** aus, die zur Längsachse der Gitterstruktur **10** hin orientiert sind. Jede Seitenfläche **16** geht in eine Innenfläche **17** über. Die beiden Innenflächen **17** jedes ersten Stegs **11** treffen sich an einer Innenkante **19**. Die Innenflächen **17** weisen bei dem Ausführungsbeispiel gemäß den **Fig. 3** und **Fig. 6** eine Orientierung auf, die der Orientierung der Seitenfläche **16** des jeweils benachbarten zweiten Stegs **12** entspricht. Dies wird

anhand der Betrachtung der Flankenwinkel SA1, SA2 im Folgenden verdeutlicht.

**[0058]** Im Wesentlichen weist jeder Steg **11, 12** wenigstens einen Flankenwinkel SA1, SA2 auf. Als Flankenwinkel wird der Winkel bezeichnet, der sich zwischen einer Mittellinie ML des Stegs, die den Steg im Wesentlichen radial bezogen auf die Längsachse der Gitterstruktur **10** teilt, und der Seitenfläche des jeweiligen Stegs **11, 12** ermittelt. Die Flankenwinkel SA1, SA2 der ersten und zweiten Stege **11, 12** sind in den **Fig. 4–Fig. 6** dargestellt. Dabei ist bevorzugt vorgesehen, dass die zweiten Stege **12** einen größeren Flankenwinkel SA2 als die ersten Stege **11** aufweisen. In **Fig. 4** ist beispielsweise gut erkennbar, dass die ersten Stege **11** einen ersten Flankenwinkel SA1 aufweisen. Die zweiten Stege **12** weisen einen zweiten Flankenwinkel SA2 auf. Der zweite Flankenwinkel SA2 ist größer als der erste Flankenwinkel SA1. Ähnliches gilt für das Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 5**.

**[0059]** Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 6** ist erkennbar, dass der erste Steg **11** zwei unterschiedliche Flankenwinkel SA11, SA12 aufweist. Der erste Flankenwinkel SA11 des ersten Stegs **11** ist kleiner als der zweite Flankenwinkel SA2 des zweiten Stegs **12**. Dabei wird der erste Flankenwinkel SA11 zwischen der Seitenfläche **16** des ersten Stegs **11** und der Mittellinie ML des ersten Stegs **11** ermittelt. Der zweite Flankenwinkel SA2 wird zwischen der Mittellinie ML des zweiten Stegs **12** und der Seitenfläche **16** des zweiten Stegs **12** gemessen. Der erste Steg **11** weist einen weiteren, dritten Flankenwinkel SA12 auf, der sich zwischen der Innenfläche **17** und der Mittellinie ML erstreckt. Dabei fluchtet die Innenfläche **17** in dem dargestellten teilexpandierten Zustand der Gitterstruktur **10** mit der Seitenfläche **16** des zweiten Stegs **12**. Der dritte Flankenwinkel SA12 ist größer als der erste Flankenwinkel SA11 und größer als der zweite Flankenwinkel SA2.

**[0060]** Die Darstellung in **Fig. 7** zeigt nochmals in einer perspektivischen Detail-Querschnittsansicht die unterschiedlichen Dimensionen der ersten Stege **11** und der zweiten Stege **12**. Insbesondere ist ein erster Steg **11** gezeigt, der im Wesentlichen eine dreieckförmige Querschnittsform aufweist. Der erste Steg **11** weist eine Stegdicke WT1 auf, die größer als die Stegdicke WT2 des zweiten Stegs **12** ist, wobei der zweite Steg **12** eine ähnliche, insbesondere im Wesentlichen dreieckförmige Querschnittsform, aufweist.

**[0061]** Wie sich aus der Darstellung gemäß **Fig. 7** gut ersehen lässt, ist der zweite Steg **12** im Wesentlichen gegenüber dem ersten Steg **11** zurückversetzt, wobei die Außenflächen **18** des ersten Stegs **11** und des zweiten Stegs **12** im Wesentlichen auf einer gemeinsamen Umfangsmantelfläche der Gitterstruktur **10** angeordnet sind. Der Unterschied in der Stegdicke

zwischen dem ersten und zweiten Steg **11**, **12** zeigt sich also insbesondere auf dem Innenumfang der Gitterstruktur **10**. Damit wird erreicht, dass im implantierten Zustand der Gitterstruktur **10** ein Körperfluid, insbesondere Blut, über die zweiten Stege **12** hinweg geleitet wird. Durch die helixförmige Anordnung der ersten Stege **11** bilden diese eine Strömungsleitstruktur, die das Blut helixförmig um die Längsachse der Gitterstruktur **10** leiten. Das Blut wird also an den ersten Stegen **11** entlang geleitet und überströmt im Wesentlichen die zweiten Stege **12**, so dass die Gefahr von Verwirbelungen, die zu einer Stent-Thrombose führen können, reduziert wird. Die helixförmige Anordnung der ersten Stege **11** und der zweiten Stege **12** wird später anhand der **Fig. 11** nochmals detailliert erläutert.

**[0062]** In den **Fig. 8–Fig. 10** sind jeweils perspektivische Detail-Darstellungen eines Verbinders **13** in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen gezeigt. Die Verbinders **13** der Gitterstruktur **10** erfüllen einerseits die Aufgabe, die ersten und zweiten Stege **11**, **12** miteinander einstückig zu koppeln. Gleichzeitig sind die Verbinders **13** vorzugsweise geometrisch optimiert gestaltet, um die Blutströmung durch die Gitterstruktur **10** möglichst wenig zu beeinflussen.

**[0063]** So ist der Verbinders **13** in **Fig. 8** derart gestaltet, dass eine Anströmkannte **15** des Verbinders **13** im Wesentlichen zur Seitenfläche **16** des zweiten Stegs **12** fluchtend angeordnet ist und direkt auf die Innenkannte **19** des ersten Stegs **11** trifft. Die Anströmkannte **15** entspricht einer radial bezogen auf die Längsachse der Gitterstruktur **10** innenliegenden Kannte des Verbinders **13**. Gut erkennbar ist in **Fig. 8**, dass die sich zwischen dem ersten Steg **11** und dem zweiten Steg **12** bzw. deren Seitenflächen **16** erstreckende Anströmfläche **23** des Verbinders **13** vergleichsweise klein gestaltet ist. Durch die schräg verlaufende Anströmkannte **15** wird insgesamt die Anströmfläche **23** des Verbinders **13** reduziert, so dass der Verbinders **13** im Wesentlichen strömungsverbessert ausgebildet ist. Es ist gut nachvollziehbar, dass Blut, welches entlang der Seitenfläche des ersten Stegs **11** strömt, gut über die Anströmkannte **15** an die Seitenfläche **16** des in Längsrichtung nachfolgenden ersten Stegs **11** übergeleitet wird und so verwirbelungsarm durch die Gitterstruktur **10** geführt wird.

**[0064]** Eine alternative strömungsverbesserte Gestaltung des Verbinders **13** zeigt **Fig. 9**. Dabei ist vorgesehen, dass die ersten Stege **11** sich im Bereich des Verbinders **13** jeweils verjüngen. Konkret weisen die ersten Stege **11** jeweils ein Steglängsende **14** auf, das sich zum Verbinders **13** hin verjüngt. Insbesondere kann die Innenkannte **19** flach auslaufen, bis der erste Steg **11** im Bereich des Verbinders **13** eine Stegdicke aufweist, die der Stegdicke der zweiten Stege **12** entspricht. Insbesondere kann der Verbinders **13** eine Verbinderdicke aufweisen, die der Stegdi-

cke der zweiten Stege **12** entspricht. Die Verjüngung an den Steglängsenden **14** der ersten Stege **11** kann beispielsweise durch ein Polierverfahren hergestellt sein. Bei dieser Variante, die in **Fig. 9** dargestellt ist, weist der Verbinders **13** eine Anströmfläche **23** auf, die im Wesentlichen rechteckig ausgebildet ist. Da der Verbinders **13** insgesamt eine vergleichsweise geringe Verbinderdicke aufweist, insbesondere eine Verbinderdicke, die der Stegdicke des zweiten Stegs **12** entspricht, kann das Körperfluid bzw. Blut leicht über den Verbinders **13** hinwegströmen. Ebenso wie beiden zweiten Stegen **12** überströmt das Blut den Verbinders **13** im Wesentlichen und wird entlang der Seitenflächen **16** der ersten Stege **11** helixförmig durch die Gitterstruktur **10** geleitet.

**[0065]** In **Fig. 10** ist eine weitere Variante der Verbinders-Konstruktion gezeigt. Diese Variante stellt im Wesentlichen einen Kompromiss zwischen den Varianten gemäß **Fig. 8** und **Fig. 9** dar. Insbesondere ist vorgesehen, dass der Verbinders **13** eine Anströmkannte **15** aufweist, die einen ersten Kantenabschnitt **21** und einen zweiten Kantenabschnitt **22** aufweist. Der erste Kantenabschnitt **21** verläuft im Wesentlichen ebenengleich bzw. fluchtend zur Seitenfläche **16** des zweiten Stegs **12**. Der erste Kantenabschnitt **21** trifft unter einem Winkel auf den zweiten Kantenabschnitt **22**, der im Wesentlichen ebenengleich bzw. fluchtend zu einer Innenfläche **17** des ersten Stegs **11** verläuft. Die Innenfläche **17** des ersten Stegs **11** ist dabei durch eine Verjüngung des ersten Stegs **11** im Bereich des Verbinders **13** gebildet. Mit anderen Worten ist der erste Steg **11** an seinem Steglängsende **14** teilweise verjüngt, wobei die Verjüngung nicht bis zum zweiten Steg **12** hinabreicht. Die Innenkannte **19** des ersten Stegs **11** ist im Bereich des Steglängsendes **14** abgeflacht und bildet die Innenfläche **17**. Die Innenfläche **17** geht in den Verbinders **13** über.

**[0066]** Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 10** weist der Verbinders **13** eine Verbinderdicke auf, die größer als die Stegdicke des zweiten Stegs **12** und kleiner als die Stegdicke des ersten Stegs **11** ist. Diese Konstruktion vereint die Wirkungen der Verbinders-Konstruktionen gemäß **Fig. 8** und **Fig. 9** miteinander. Denn einerseits wird der Verbinders **13** teilweise durch das Blut überströmt, wobei das Blut dabei über die Innenfläche **17** geleitet wird. Teilweise wird das Blut andererseits über den ersten Kantenabschnitt **21** der Anströmkannte **15** von der Seitenfläche **16** des ersten Stegs **11** auf die Seitenfläche **16** des in Längsrichtung nachfolgenden ersten Stegs **11** übergeleitet.

**[0067]** **Fig. 11** zeigt eine perspektivische Darstellung einer medizinischen Vorrichtung, insbesondere eines Stents, mit einer Gitterstruktur **10**, die mehrere erste Stege **11** und mehrere zweite Stege **12** aufweist. Die ersten Stege **11** und die zweiten Stege **12** begrenzen jeweils Zellen **24** der Gitterstruktur **10**. Dabei ist jede Zelle **24** durch jeweils zwei erste Stege **11** und zwei

zweite Stege **12** begrenzt. Im expandierten Zustand weist jede Zelle **24** im Wesentlichen eine rautenförmige Grundform auf.

**[0068]** Wie in **Fig. 11** gut erkennbar ist, verlaufen die ersten Stege **11** einer Zelle **24** im Wesentlichen parallel zueinander und sind durch zweite Stege **12** miteinander verbunden. Insbesondere bilden die ersten Stege **11** ein voneinander beabstandetes Steg-Paar. Die zweiten Stege **12** bilden ebenfalls ein voneinander beabstandetes Steg-Paar.

**[0069]** Ebenfalls gut erkennbar ist in **Fig. 11**, dass mehrere erste Stege **11** benachbarter Zellen zueinander fluchtend angeordnet sind und so im Wesentlichen eine Stegreihe bilden, die sich helixförmig um die Längsachse der Gitterstruktur **10** windet. Die zweiten Stege **12** bilden ebenfalls eine Stegreihe, die sich helixförmig um die Längsachse der Gitterstruktur windet. Die zweiten Stege **12** verlaufen, insbesondere wegen ihrer relativ erhöhten Flexibilität, s-förmig entlang der Helixlinie. Diese Helixlinie bzw. die die zweiten Stege **12** verlaufen in einer anderen, insbesondere gegenläufigen, Windungsrichtung als die ersten Stege **11**. Da die zweiten Stege **12** dünner als die ersten Stege **11** sind, bilden die ersten Stege **11** im Wesentlichen eine Strömungsleitstruktur, die Körperfluid entlang der Seitenflächen **16** der ersten Stege **11** leitet. Das entlang der ersten Stege **11** geleitete Körperfluid bzw. Blut trifft dabei quer auf die zweiten Stege **12**.

**[0070]** Da die zweiten Stege **12** eine kleinere Stegdicke aufweisen, insbesondere bezogen auf dem Innenumfang der Gitterstruktur **10** zurückversetzt bzw. reduziert sind, kann das Körperfluid die zweiten Stege **12** nahezu ungehindert überströmen. Wegen der geringeren Stegdicken der zweiten Stege **12** werden so Wirbelströmungen hinter den zweiten Stegen **12** vermieden. Das Risiko einer Stent-Thrombose wird damit effizient reduziert.

**[0071]** Die Herstellung der Gitterstruktur **10** erfolgt vorzugsweise durch Laser-Sublimier-Schneiden. Dabei wird ein Halbzeug in Form eines Volldrahts oder eines Hohl Drahts bereitgestellt und abschnittsweise mittels eines Lasers mit Einschnitten versehen. Diese Einschnitte können parallel zur Längsachse der Gitterstruktur **10** verlaufen (Single-Slot-Technik). Es ist auch möglich, die Einschnitte in Form von geschwungenen oder andersartig verlaufenden Linien einzubringen (Contour-Slot-Technik). Die Einschnitte bilden in beiden Fällen die Zellen **24** der Gitterstruktur **10** und sind in Längsrichtung unterbrochen, so dass zwischen den Einschnitten Verbinder **13** stehenbleiben. Die Verbinder **13** koppeln die einzelnen Stege **11**, **12**, wobei an jedem Verbinder **13** vorzugsweise vier Stege **11**, **12** angeordnet sind.

**[0072]** Durch das Laser-Sublimier-Schneiden kann die Querschnittsgeometrie der Gitterstruktur **10** sowohl aus einem Volldraht, als auch aus einem Hohl Draht gebildet werden. Wenn als Halbzeug ein Voll Draht verwendet wird, kann über entsprechende Strahlführung und Anpassung der Laserparameter ein erhöhter Materialabtrag im Inneren der Gitterstruktur **10** erreicht werden, so dass sich ein zentraler Hohlkanal zeigt. Der zentrale Hohlkanal kann sich insbesondere im auch komprimierten Zustand der Gitterstruktur **10** zeigen. Alternativ kann der zentrale Hohlkanal durch eine mechanische Nachbearbeitung, beispielsweise Innenhonen, Schleifen oder Polieren, insbesondere Elektropolieren, gebildet werden.

**[0073]** Im Allgemeinen kann auf den Bearbeitungsschritt des Laser-Sublimier-Schneidens zur Bildung der Gitterstruktur **10** bzw. der Kontur der Gitterstruktur **10** ein Nachbearbeitungsschritt erfolgen. Insbesondere kann vorgesehen sein, nach dem Schneidvorgang eine Oberflächenbearbeitung vorzunehmen. Die Oberflächenbearbeitung kann vorzugsweise eine Glättung der Oberfläche und/oder eine Glättung bzw. Abrundung von Kanten bewirken. Vorzugsweise wird die Gitterstruktur **10** nach dem Schneidvorgang poliert, insbesondere elektropoliert. Eine weitere Nachbearbeitung, beispielsweise zur Kantenverrundung, kann vorgesehen sein, um die Strömungseigenschaften der Stege zu verbessern.

**[0074]** Es ist auch möglich, auf die Nachbearbeitung zu verzichten. So kann die Gitterstruktur **10** bei Verwendung des Laser-Sublimier-Schneidens für den Schneidvorgang, insbesondere bei entsprechender Anpassung der Schneidparameter, unmittelbar auf Endmaß geschnitten werden. Dies spart Zeit und Kosten für die Nachbearbeitung und erhöht somit die Effizienz der Fertigung derartiger medizinischer Vorrichtungen.

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b>	Gitterstruktur
<b>11</b>	erster Steg
<b>12</b>	zweiter Steg
<b>13</b>	Verbinder
<b>14</b>	Steglängsende
<b>15</b>	Anströmkante
<b>16</b>	Seitenfläche
<b>17</b>	Innenfläche
<b>18</b>	Außenfläche
<b>19</b>	Innenkante
<b>21</b>	erster Kantenabschnitt
<b>22</b>	zweiter Kantenabschnitt
<b>23</b>	Anströmfläche
<b>24</b>	Zelle
<b>WT1</b>	erste Stegdicke
<b>WT2</b>	zweite Stegdicke

**SA1, SA11**  
**SA2**  
**SA12**  
**ML**

erster Flankenwinkel  
zweiter Flankenwinkel  
dritter Flankenwinkel  
Mittellinie

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102011009372 B3 [0001]

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- Kolandaivelu et al. (Circulation. 2011; 123: 1400–1409) [0003]

## Patentansprüche

1. Medizinische Vorrichtung, insbesondere medizinisches Instrument oder Implantat, zur endovaskulären Behandlung mit einer rohrförmigen, radial expandierbaren Gitterstruktur (10) aus ersten und zweiten Stegen (11, 12), die einstückig durch Verbinder (13) miteinander verbunden sind, wobei mehrere erste Stege (11) eine erste Stegreihe bilden, die sich zumindest in einem expandierten Zustand der Gitterstruktur (10) helixförmig in einer ersten Windungsrichtung um eine Längsachse der Gitterstruktur (10) windet, und mehrere zweite Stege (12) eine zweite Stegreihe bilden, die sich zumindest in einem expandierten Zustand der Gitterstruktur (10) helixförmig in einer zweiten Windungsrichtung, insbesondere gegenläufig zur ersten Windungsrichtung, um eine Längsachse der Gitterstruktur (10) windet, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ersten Stege (11) jeweils eine größere Stegdicke (WT1) als die zweiten Stege (12) aufweisen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ersten Stege (11) und die zweiten Stege (12) in Umfangsrichtung der Gitterstruktur (10) unmittelbar benachbart zueinander angeordnet sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ersten Stege (11) eine andere Querschnittsform als die zweiten Stege (12) aufweisen.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis (WT1:WT2) der Stegdicke (WT1) der ersten Stege (11) zur Stegdicke (WT2) der zweiten Stege (12) zwischen 1,1 und 2, insbesondere zwischen 1,15 und 1,75, insbesondere zwischen 1,2 und 1,5, vorzugsweise 1,25, beträgt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis (WT1:WT2) der Stegdicke (WT1) der ersten Stege (11) zur Stegdicke (WT2) der zweiten Stege (12) zwischen 1,5 und 3,5, insbesondere zwischen 1,75 und 3,25, insbesondere zwischen 2 und 3, insbesondere zwischen 2,25 und 2,75, vorzugsweise 2,5, beträgt.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bezogen auf den Mittelpunkt einer Zelle (24) der Gitterstruktur (10) diametral gegenüber angeordnete Stege (11, 12) dieselbe Querschnittsform und/oder dieselbe Stegdicke (WT1, WT2) aufweisen.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ersten Stege (11) einen anderen Flankenwinkel (SA1, SA2) als die zweiten Stege (12) aufweisen.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Flankenwinkel (SA2) der zweiten Stege (12) mindestens 7,5°, insbesondere mindestens 10°, insbesondere mindestens 20°, insbesondere mindestens 30°, insbesondere mindestens 40°, insbesondere mindestens 60°, insbesondere mindestens 70°, und/oder höchstens 75° beträgt.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis (SA2:SA1) des Flankenwinkels (SA2) der zweiten Stege (12) zum Flankenwinkel (SA1) der ersten Stege (11) wenigstens 1, insbesondere wenigstens 1,1, insbesondere wenigstens 1,2, insbesondere wenigstens 1,3, insbesondere wenigstens 1,5, insbesondere wenigstens 2, insbesondere wenigstens 2,5, insbesondere wenigstens 3, insbesondere wenigstens 3,5, insbesondere wenigstens 4, und/oder höchstens 5, insbesondere höchstens 4,5, beträgt.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbinder (13) eine Verbinderdicke aufweist, die höchstens der Stegdicke (WT1) der ersten Stege (11) und/oder mindestens der Stegdicke (WT2) der zweiten Stege (12) entspricht.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die ersten Stege (11) an den Steglängsenden (14), insbesondere unmittelbar vor oder im Bereich eines Verbinders (13), verjüngen derart, dass die Stegdicke (WT1) der ersten Stege (11) im Bereich des Verbinders (13) an die Stegdicke (WT2) der zweiten Stege (12) oder die Verbinderdicke des Verbinders (13) angeglichen ist.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbinder (13) jeweils eine Anströmkante (15) aufweisen, die eine Seitenfläche (16) des zweiten Stegs (12) mit einer Innenkante (19) des ersten Stegs (11) verbindet.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anströmkante (15) einen ersten Kantenabschnitt (21) und einen zweiten Kantenabschnitt (22) aufweist, wobei der erste Kantenabschnitt (21) ebenengleich mit der Seitenfläche (16) des zweiten Stegs (12) und der zweite Kantenabschnitt (22) ebenengleich mit einer Innenfläche (17) des ersten Stegs (11) ausgerichtet ist.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ersten und zweiten Stege (11, 12) jeweils eine Außenfläche (18) aufweisen, die sich in einer gemeinsamen, äußeren Umfangsmantelfläche der Gitterstruktur (10) erstrecken.

15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Innenkanten (19) der zweiten Stege (12) auf einem Innkreis der Gitterstruktur (10) angeordnet sind, dessen Durchmesser größer als der Durchmesser eines Innkreises ist, auf dem Innenkanten (19) der ersten Stege (11) angeordnet sind.

16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ersten Stege (11) eine Strömungsleitstruktur bilden derart, dass ein die Gitterstruktur (10) durchströmendes Fluid helixförmig durch die Gitterstruktur (10), insbesondere über die zweiten Stege (12) hinweg, geleitet wird.

17. Medizinische Vorrichtung, insbesondere medizinisches Instrument oder Implantat, zur endovaskulären Behandlung mit einer rohrförmigen, radial expandierbaren Gitterstruktur (10), insbesondere medizinische Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wobei die Gitterstruktur (10) derart ausgebildet ist, dass einem längsaxial in die expandierte Gitterstruktur (10) eingeleiteten Fluid zumindest entlang eines Innenumfangs der Gitterstruktur (10) eine helixförmige Strömungsbahn aufgezwungen wird.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

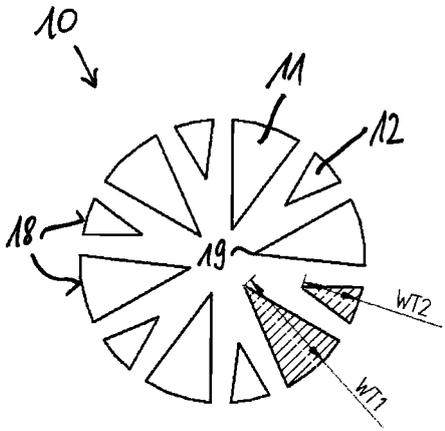


Fig. 1

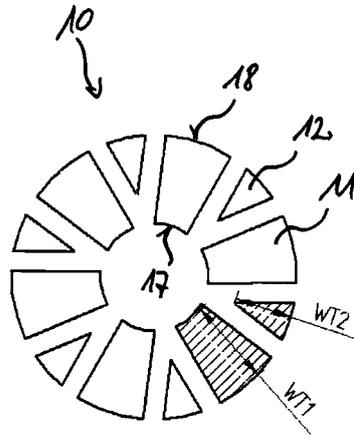


Fig. 2

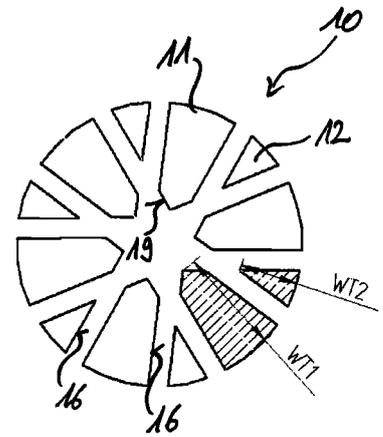


Fig. 3

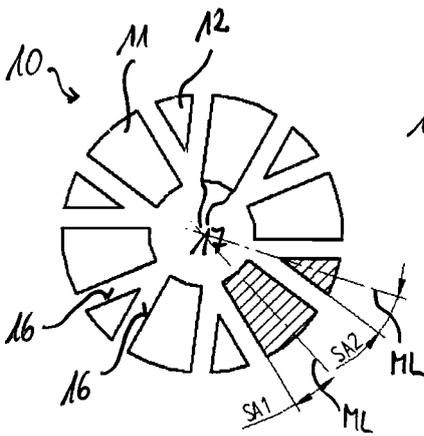


Fig. 4

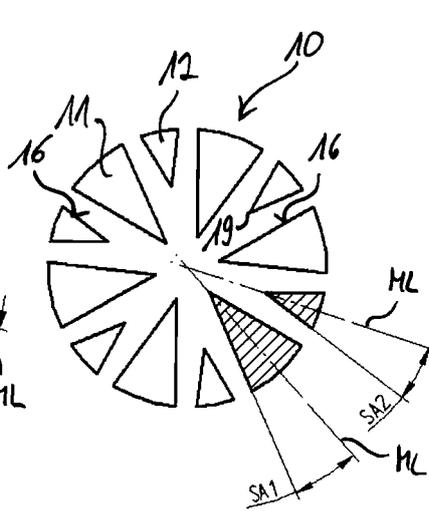


Fig. 5

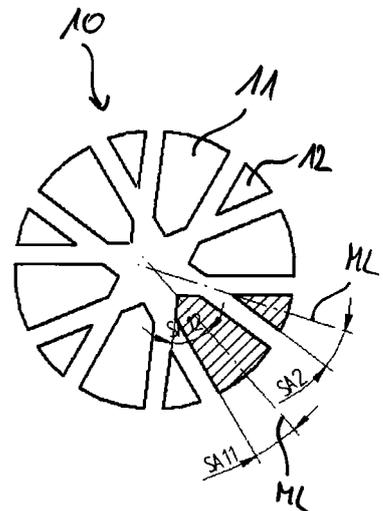
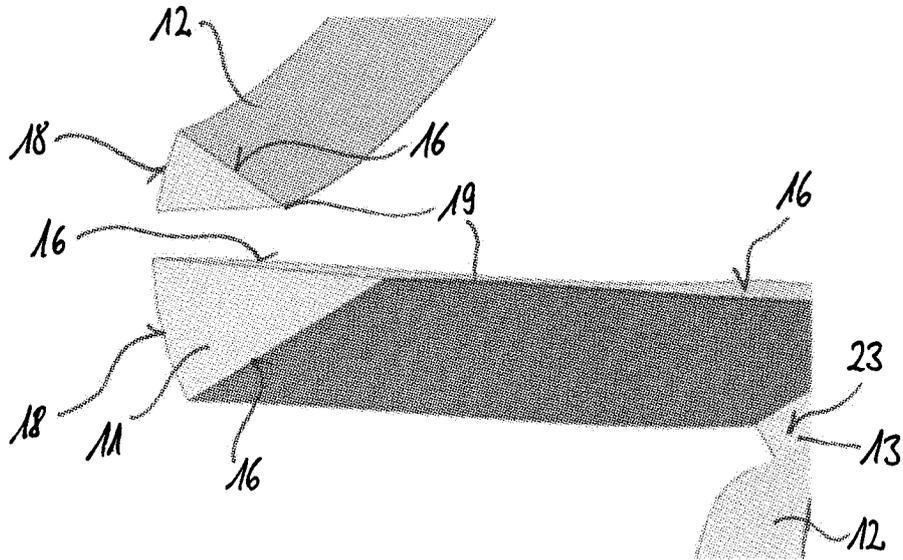
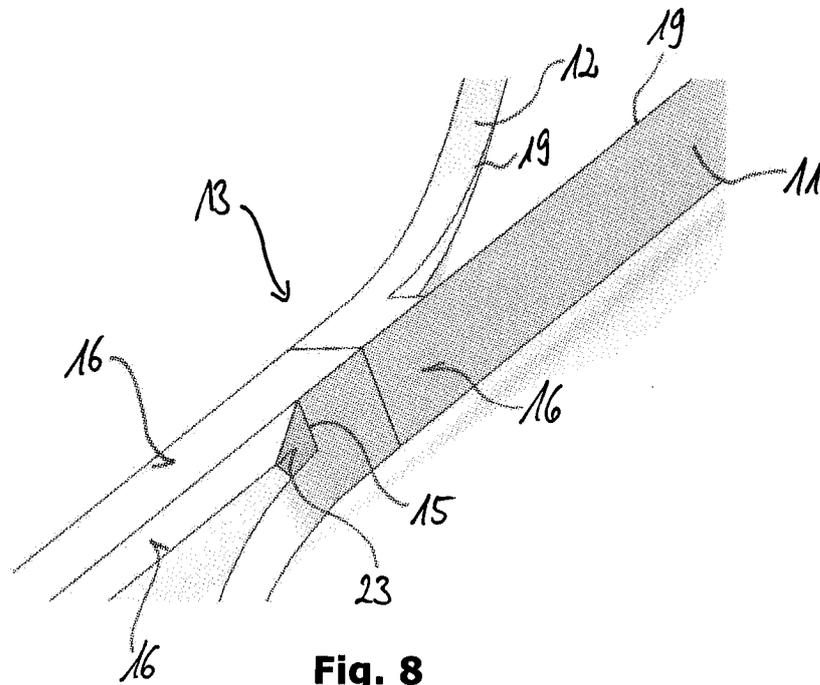


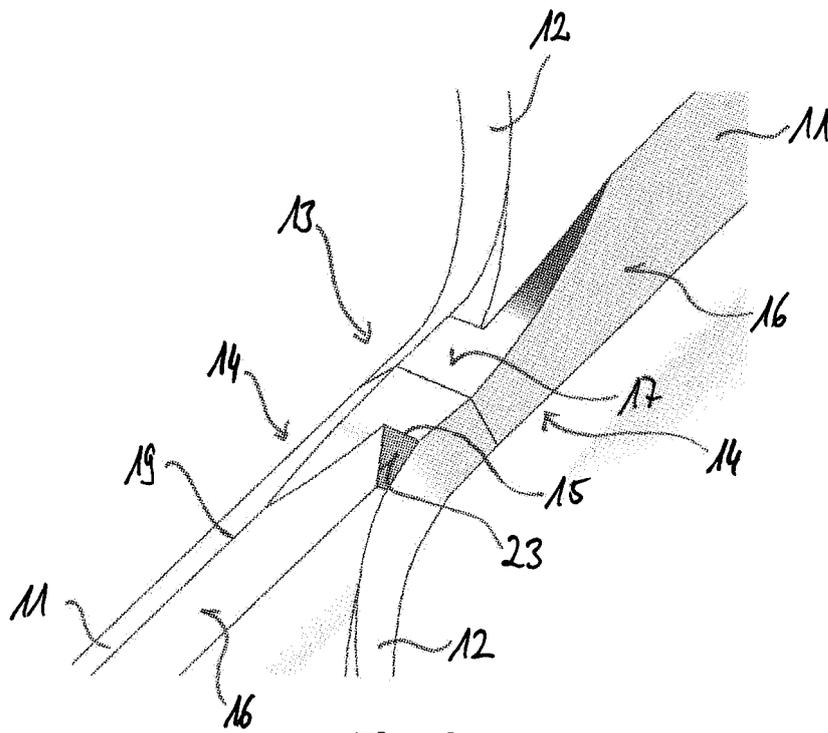
Fig. 6



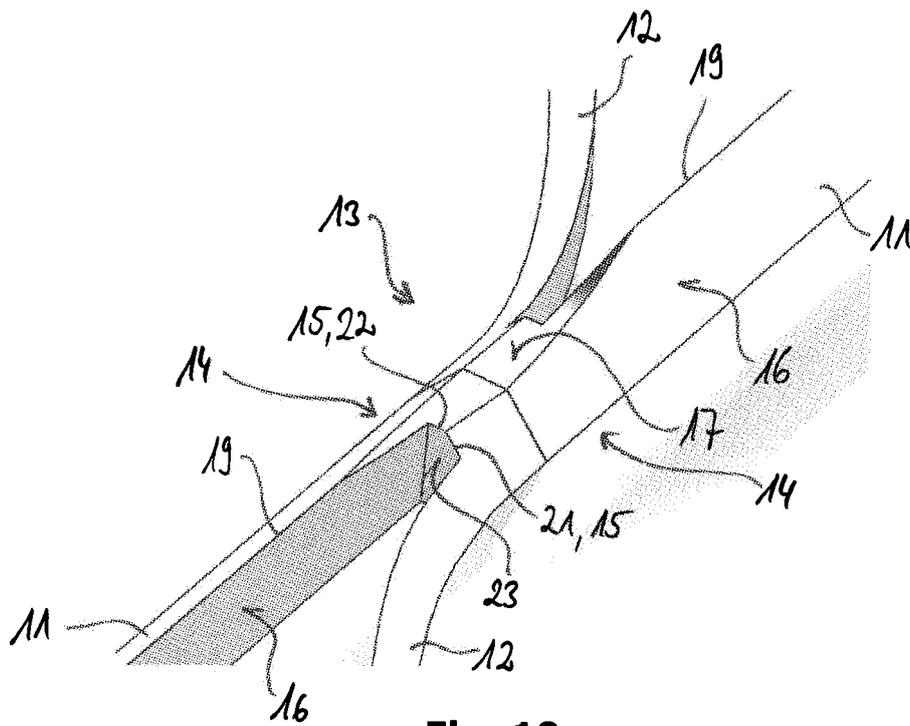
**Fig. 7**



**Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 10**

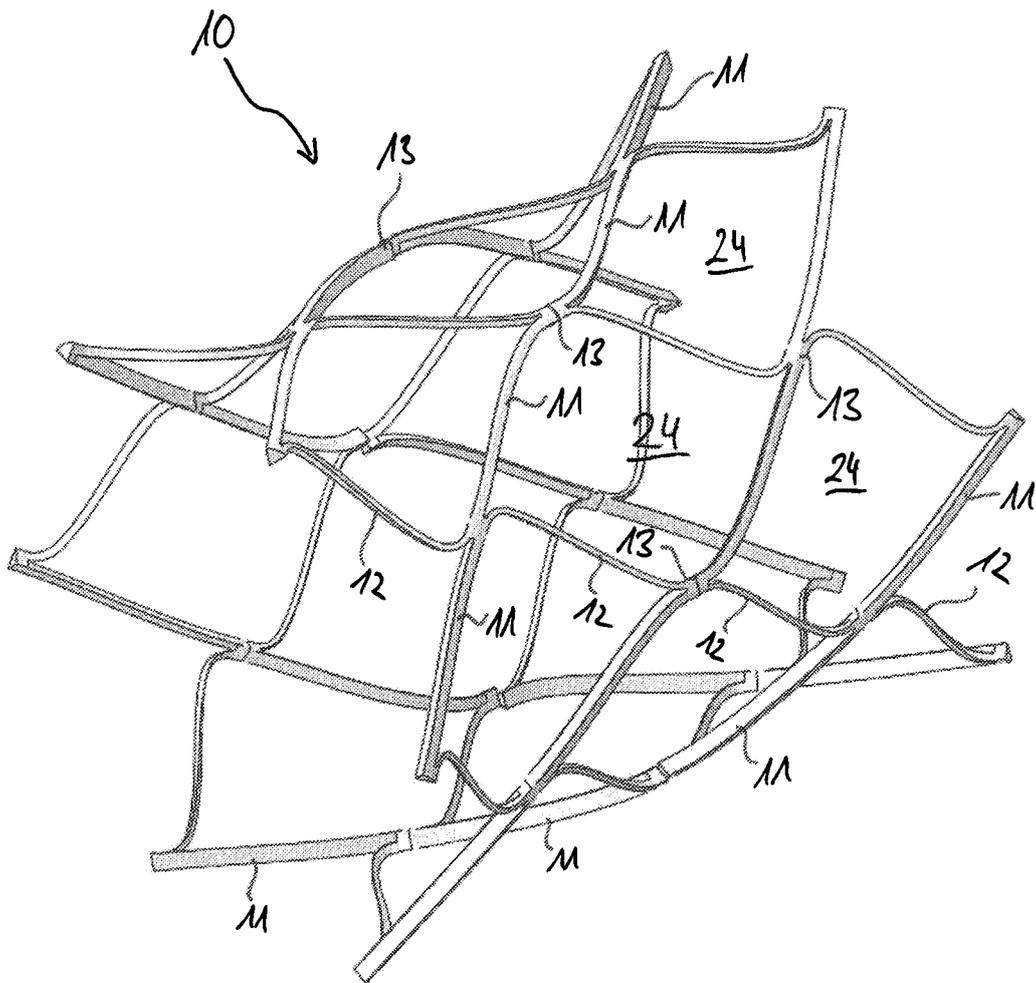


Fig. 11