

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 142/2023
(22) Anmeldetag: 07.12.2023
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2025

(51) Int. Cl.: **B29C 64/10** (2017.01)
B33Y 10/00 (2015.01)
B29C 64/118 (2017.01)
B29C 64/307 (2017.01)
B29C 64/321 (2017.01)
B29C 64/336 (2017.01)
B29C 48/00 (2019.01)
B29C 64/393 (2017.01)
B33Y 50/02 (2015.01)
G01R 33/58 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2009058417 A1
DE 102018114008 A1
WO 2017222600 A1
EP 3150361 A1
US 2017157851 A1
US 10571642 B1

(71) Patentanmelder:
Technische Universität Wien
1040 Wien (AT)

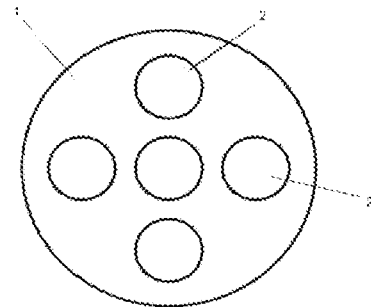
(72) Erfinder:
Chalupa-Ganter Franziska
1040 Wien (AT)
Ovsianikov Aleksandr
1040 Wien (AT)

(74) Vertreter:
Haffner und Keschmann Patentanwälte GmbH
1010 Wien (AT)

(54) **Verfahren zur Herstellung eines Prüfkörpers**

(57) Verfahren zur Herstellung eines Prüfkörpers für die diffusionsgewichtete Magnetresonanztomografie, der eine Vielzahl von in einem Verbindungsmaterial (3) eingebetteten, flüssigkeitsgefüllten Kanälen aufweist, wobei der Prüfkörper aus einer Vielzahl von Kapillaren (2) mittels additiver Fertigung aufgebaut wird, umfassend das Bereitstellen eines virtuellen Modells des Prüfkörpers, welches den Verlauf der Kapillaren (2) im dreidimensionalen Raum definiert, das Zuführen einer Kapillare (2) zu einem Ausbringungskopf (12) und das wiederholte Ausführen folgender Abfolge von Schritten:

- Ausbringen der Kapillare (2) aus dem Ausbringungskopf (12),
- Ablegen der Kapillare (2) entsprechend dem im virtuellen Modell definierten Verlauf gemeinsam mit dem oder in das Verbindungsmaterial (3), wobei die Kapillare (2) zumindest teilweise in das Verbindungsmaterial (3) eingebettet wird,
- erforderlichenfalls Abtrennen und Versiegeln der Kapillare (2).



Zusammenfassung:

Verfahren zur Herstellung eines Prüfkörpers für die diffusionsgewichtete Magnetresonanztomografie, der eine Vielzahl von in einem Verbindungsmaterial (3) eingebetteten, flüssigkeitsgefüllten Kanälen aufweist, wobei der Prüfkörper aus einer Vielzahl von Kapillaren (2) mittels additiver Fertigung aufgebaut wird, umfassend das Bereitstellen eines virtuellen Modells des Prüfkörpers, welches den Verlauf der Kapillaren (2) im dreidimensionalen Raum definiert, das Zuführen einer Kapillare (2) zu einem Ausbringungskopf (12) und das wiederholte Ausführen folgender Abfolge von Schritten:

- Ausbringen der Kapillare (2) aus dem Ausbringungskopf (12),
- Ablegen der Kapillare (2) entsprechend dem im virtuellen Modell definierten Verlauf gemeinsam mit dem oder in das Verbindungsmaterial (3), wobei die Kapillare (2) zumindest teilweise in das Verbindungsmaterial (3) eingebettet wird,
- erforderlichenfalls Abtrennen und Versiegeln der Kapillare (2).

Fig. 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Prüfkörpers, wie z.B. ein Nervengewebsphantom, für die Diffusionsgewichtete Magnetresonanztomografie, der eine Vielzahl von in einem Verbindungsmaterial eingebetteten, flüssigkeitsgefüllten Kanälen aufweist.

Ein Nervengewebsphantom stellt eine Nachbildung eines Teilbereichs des menschlichen Nervengewebes dar. Mit Hilfe von Nervengewebsphantomen können Magnetresonanztomographen (MRT) effizienter kalibriert und Algorithmen zur besseren Unterscheidung der Axonverläufe entwickelt, validiert und implementiert werden. Die sichere Unterscheidung der Axonverläufe ist von wesentlicher Bedeutung, weil eine fehlerhafte Unterscheidung von einander kreuzenden, tangierenden und aneinander vorbeiführenden Axonen ein erhebliches Risiko beispielsweise bei der Operationsplanung in der Neurochirurgie darstellt.

Die Erfindung betrifft allgemein die Nachbildung jedes beliebigen Bereichs des menschlichen Nervengewebes oder anderem faserigem Gewebe, wie zum Beispiel Muskelfasern. Bevorzugt bezieht sich die Erfindung auf die Nachbildung eines Teilbereichs des menschlichen Gehirns, wobei hier von einem Gehirnphantom gesprochen wird.

Bei der diffusionsgewichteten Magnetresonanztomografie (DW-MRI) handelt es sich um ein bildgebendes Verfahren, das mit Hilfe der Magnetresonanztomografie die Diffusionsbewegung von Wassermolekülen in Körpergewebe misst und räumlich aufgelöst darstellt. Bei der Diffusionstensorbildgebung (DTI) wird auch die Richtungsabhängigkeit der Diffusion erfasst. Innerhalb einer Probe bestimmt die Mikrostruktur des Materials die Beweglichkeit der Wassermoleküle und macht sie

richtungsabhängig. Diese Richtungsabhängigkeit gibt Aufschluss über die Anisotropie und Mikrostruktur der Probe.

Eine interessante Anwendung von DTI ist die Untersuchung der weißen Substanz im Gehirn, die ein Netzwerk aus Bündeln paralleler Axonfasern enthält. In dieser Umgebung kommt es zur Orientierungsabhängigen Diffusion, da die Diffusion entlang der Axonrichtung deutlich stärker als quer zur Faserrichtung ausgeprägt ist. Diese bevorzugte Diffusionsrichtung liefert Informationen über die Orientierung der Fasern. Die Zuverlässigkeit und Qualität der von der DTI erhaltenen Ergebnisse hängt jedoch von den erfassten Daten ab, die z.B. durch ein niedriges Signal-Rausch-Verhältnis, Patientenbewegungen während des Scans, chemische Verschiebung oder Inhomogenitäten des Magnetfelds oder eine geringe Auflösung beeinträchtigt sein können. Ferner ist die räumliche Auflösung der DTI um einige Größenordnungen niedriger als die Abmessungen der Fasern, und verschränkte oder einander kreuzende Fasern liefern sich stark ähnelnde Signale. Die erfassten Daten müssen in einem anschließenden Schritt digital nachbearbeitet und analysiert werden. Angesichts der Unsicherheiten ist es wünschenswert, die Genauigkeit der Ergebnisse und die gemessenen und berechneten Diffusionsparameter und Faserrichtungen quantitativ zu überprüfen, um Fehlinterpretationen zu vermeiden. Dies kann durch direkte Messungen an Nervengewebsphantomen erreicht werden.

Nervengewebsphantome umfassen eine Vielzahl von Kanälen in einem Strukturmaterial, wobei die einzelnen Kanäle die Axonfasern nachbilden. Um die Bündel paralleler Axonfasern nachzubilden, muss ein Nervengewebsphantom dementsprechende Bündel paralleler Kanäle umfassen, wobei diese als einander

kreuzende, tangierende und aneinander vorbeiführende Kanalbündel realisiert sein können. Um eine erfolgreiche Traktographie von an einem Nervengewebsphantom gewonnenen Diffusionsstensorbilddgebungsdaten betreiben zu können, sind sehr kleine Kanal Durchmesser unerlässlich. Ausgehend von der mittleren Diffusionslänge von Wassermolekülen bei Körpertemperatur von etwa 25 µm ergibt sich ein maximaler Kanal Durchmesser von etwa 20 µm. Gleichzeitig müssen die Kanalwände aber auch möglichst dünn sein, um den Gesamtanteil von Wassermolekülen und damit die erreichbare MR-Signalstärke zu maximieren. Zudem ist die hochaufgelöste Messung sehr kleiner Proben bzw. Nervengewebsphantome mit herkömmlichen Magnetresonanztomographen für die Humananwendung nicht möglich. Im Wesentlichen ist das Problem in der begrenzten Stärke der für die räumliche Kodierung notwendigen Magnetfeldgradienten begründet.

Die Herstellung von Nervengewebsphantomen mit einem eng angeordneten, offenporigen Kanalsystem erfordert somit ein Herstellungsverfahren, welches hochauflösende Mikrostrukturierungseigenschaften aufweist. Die Phantomstruktur soll sowohl Materialstabilität als auch einen klaren Diffusionsunterschied zwischen dem Strukturmaterial und den Kanälen aufweisen. Zudem soll gewährleistet sein, dass scharf begrenzte Kanäle gefertigt werden, da nur klar abgeschlossene und definierte Kanten am Übergang zu den Kanälen die punktgenaue Detektion von gerichteter Diffusion ermöglichen. Des Weiteren sollen die Phantome eine Gesamtgröße von zumindest mehreren Kubikzentimetern erreichen, um die Verwendung in Humanscannern zu ermöglichen. Schließlich soll die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens gegeben sein und die Herstellung daher mit einem ausreichenden Durchsatz möglich sein.

Es ist in der WO 2020/124106 A1 bereits vorgeschlagen worden, Nervengewebsphantomen mit einem 3D-Druckverfahren herzustellen. Herkömmliche 3D-Druckverfahren, die für die Realisierung großer Konstrukte mit Volumina im Milliliter- und Literbereich eingesetzt werden, sind in ihrer Auflösung begrenzt. Hochauflösende Verfahren wiederum haben Grenzen im Hinblick auf den Durchsatz und die daraus resultierenden Beschränkungen in Bezug auf die mögliche Gesamtstrukturgröße.

Für Anwendungen, die auf dem Nachweis von gerichteten Diffusionssignalen beruhen, werden derzeit anstelle von Mikrokanälen, in denen Wasser entlang der Faseroberfläche diffundiert, Bündel von festen Fasern verwendet. Die Fasern werden dabei entweder gepackt, gewickelt oder gesponnen. Bei diesem Ansatz sind die Kontrolle über die Diffusionsrichtungen, die Komplexität und Präzision des Designs, die Faseranordnung und das Signal-Rausch-Verhältnis begrenzt. Außerdem stellt die Diffusion entlang einer Faser im Vergleich zur Diffusion in Kanälen eine weniger authentische Imitation von biologischem Gewebe dar.

Die vorliegende Erfindung zielt daher darauf ab, ein Verfahren zu schaffen, das die Realisierung relativ großer Strukturen mit einem Volumen im Bereich von Millilitern oder sogar Litern erlaubt, und das gleichzeitig eine hohe Strukturauflösung zur Erzeugung sehr langer, dünner Kanäle mit einem Seitenverhältnis von annähernd 1000 oder mehr gewährleistet.

Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Prüfkörpers für die Diffusionsgewichtete Magnetresonanztomografie vor, der eine

Vielzahl von in einem Verbindungsmaterial eingebetteten, flüssigkeitsgefüllten Kanälen aufweist, wobei der Prüfkörper aus einer Vielzahl von Kapillaren mittels additiver Fertigung aufgebaut wird, umfassend das Bereitstellen eines virtuellen Modells des Prüfkörpers, welches den Verlauf der Kapillaren im dreidimensionalen Raum definiert, das Zuführen einer Kapillare zu einem Ausbringungskopf und das wiederholte Ausführen folgender Abfolge von Schritten:

- Abtrennen und ausbringen der Kapillare in und aus dem Ausbringungskopf,
- Ablagen der Kapillare entsprechend dem im virtuellen Modell definierten Verlauf gemeinsam mit dem oder in das Verbindungsmaterial, wobei die Kapillare zumindest teilweise in das Verbindungsmaterial eingebettet wird,
- erforderlichenfalls Abtrennen und Versiegeln der Kapillare.

Die Erfindung beruht somit auf der Idee, vorgefertigte Kapillarstrukturen für den additiven Aufbau eines Prüfkörpers zu verwenden, anstatt die Kanäle wie bei herkömmlichen 3D-Druckverfahren in einem Polymermaterial durch Verfestigen von einzelnen Voxeln auszubilden. Dadurch können Prüfkörper in der Größenordnung von Litern in relativ kurzer Zeit hergestellt werden. Kapillaren sind in verschiedenen Materialien in den für die Ausbildung eines Prüfkörpers geeigneten Dimensionen verfügbar. Insbesondere können Kapillaren mit einem Innendurchmesser von $< 20\mu\text{m}$, vorzugsweise $< 10\mu\text{m}$, eingesetzt werden. Dadurch können die additiv gefertigten Prüfkörper trotz der relativ großen Gesamtgröße so konzipiert und realisiert werden, dass sie viele Tausende von Kanälen mit Durchmessern von weniger als 10 Mikrometern enthalten.

Die Erfindung erreicht somit eine Kombination aus hohem Durchsatz und hoher Auflösung, die den Konflikt bei bestehenden Technologien zwischen Auflösung, Design und Konstruktionsgröße auflöst. Im Vergleich zu hochauflösenden Verfahren aus dem Stand der Technik kann die Gesamtgröße des erzeugten Prüfkörpers und die Anzahl und Länge der Mikrokanäle erheblich gesteigert werden. Im Vergleich zu Hochdurchsatzverfahren sind die bereitgestellten Kanaldurchmesser kleiner und liegen im Bereich der Kanäle, die mit hochauflösenden Verfahren erreicht werden können. Das additive Herstellungsverfahren bietet Freiheit im Design und eine hohe Kontrolle über die Kanalanzahl. Darüber hinaus erlauben Kapillaren eine realistischere Nachahmung der Diffusion im Gewebe als Vollfasern ohne Hohlraum.

Eine weitere Effizienzsteigerung kann gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung dadurch erreicht werden, dass als Kapillare ein Kapillar- oder Hohlfaserbündel verwendet wird. Dadurch kann vom Ausbringungskopf eine Vielzahl von Kapillaren in einem einzigen Arbeitsschritt abgelegt werden.

In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass Kapillaren mit unterschiedlichen Innendurchmessern zur Herstellung des Prüfkörpers verwendet werden. Dies ermöglicht die Schaffung von Kanälen mit unterschiedlichen Flüssigkeitsvolumina und Fließeigenschaften und damit die Simulation einer Reihe von biologischen Situationen. So können Kapillaren mit größerem Querschnitt Regionen mit höherer Diffusion darstellen, während Kapillaren mit kleinerem Querschnitt Bereiche mit eingeschränkter Diffusion nachahmen können. Die Verwendung von Kapillaren mit unterschiedlichen Durchmessern für den Aufbau des Prüfkörpers

bietet daher die Möglichkeit zur Bewertung der Leistung und Genauigkeit von diffusionsgewichteten Magnetresonanztomographie-Systemen für eine Vielzahl von Gewebetypen und physiologischen Bedingungen.

In einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Verwendung von Kapillaren mit verschiedenen Querschnittsformen zur Herstellung des Prüfkörpers in Betracht gezogen. Die Kapillaren können kreisförmig, elliptisch, quadratisch, rechteckig oder andere Querschnittsformen haben. Die verschiedenen Formen ermöglichen die Simulation eines größeren Spektrums an biologischen Mikroumgebungen, da die Querschnittsform die Diffusionsmuster von Wassermolekülen beeinflussen kann.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass als Kapillare eine Hohlkern-Glasfaser oder ein Hohlkern-Glasfaserbündel verwendet wird. Solche Fasern, die typischerweise in der Telekommunikation verwendet werden, können im Rahmen der Erfindung vorteilhaft verwendet werden, da sie präzise Abmessungen im Mikromaßstab aufweisen, geometrisch gleichmäßig sind und gebündelt werden können, um komplexere Strukturen zu simulieren. Die Verwendung von Hohlkern-Glasfasern als Kapillarstruktur bietet den Vorteil einer exakten Dimensionskontrolle, welche die genaue Simulation verschiedener Diffusionszenarien ermöglicht. Darüber hinaus kann dadurch das Spektrum der simulierbaren Diffusionsumgebungen erweitert werden.

Vorzugsweise wird die Kapillare mit einer Flüssigkeit, insbesondere Wasser, gefüllt, bevor sie dem Ausbringungskopf zugeführt wird. Dadurch entfällt die Notwendigkeit einer

nachträglichen Flüssigkeitseinbringung in den fertig aufgebauten Prüfkörper, wodurch der Herstellungsprozess vereinfacht wird. Durch die Einbringung der Flüssigkeit, insbesondere von Wasser, vor dem Ablegen der Kapillare wird eine genauere, einheitliche und kontrollierte Diffusionsumgebung geschaffen.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Kapillare dem Ausbringungskopf als Endloskapillare zugeführt und vorzugsweise von einer Rolle abgewickelt. Diese Vorgehensweise gewährleistet eine gleichmäßige, ununterbrochene Zufuhr des Kapillarmaterials und erleichtert einen gleichmäßigen und effizienten Herstellungsprozess. Die Verwendung einer Rolle für die Lagerung und Zufuhr von Kapillaren minimiert die Gefahr von Knicken oder Verformungen in der Kapillare, welche die Diffusionseigenschaften innerhalb des Prüfkörpers beeinträchtigen könnten. Dies ermöglicht auch längere Produktionsläufe, welche die Herstellung größerer und komplexerer Prüfkörper zulassen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindungen werden die Kapillaren vor der Zuführung zum Ausbringungskopf geschnitten und versiegelt und über ein Magazin dem Ausbringungskopf zugeführt. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, die Kapillaren vor Zufuhr auf Defekte und Luft einschüsse zu prüfen.

Wie bereits erwähnt, besteht ein wesentlicher Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens darin, die Kapillare gemeinsam mit dem oder in das Verbindungsmaterial abzulegen, sodass die Kapillare zumindest teilweise in das Verbindungsmaterial eingebettet wird. Das Verbindungsmaterial ist hierbei dafür

verantwortlich, die einzelnen Kapillaren in ihrer gegenseitigen Lage innerhalb des Prüfkörpers zu fixieren und dem Prüfkörper somit eine Eigenstabilität zu verleihen.

Als Verbindungsmaterial wird vorzugsweise ein fließfähiges Material verwendet, das im Zuge des Einbettens der Kapillaren oder nach dem Einbetten der Kapillaren erstarren gelassen bzw. verfestigt wird. Als Verbindungsmaterial eignet sich insbesondere ein thermisch oder durch Bestrahlung, insbesondere IR-Strahlung oder UV-Licht, erhärtendes Material oder ein selbstvernetzendes Zweikomponentensystem.

Hinsichtlich der Einbettung der Kapillare(n) in das Verbindungsmaterial sind verschiedenste Verfahrensvarianten möglich. Bei einem dieser Varianten kann die Kapillare mit dem Verbindungsmaterial beschichtet werden, bevor sie dem Ausbringungskopf zugeführt wird, bzw. bereits beschichtet sein, wenn sie dem Ausbringungskopf zugeführt wird. Die Vorbeschichtung gewährleistet eine homogene Umhüllung der Kapillare und verringert den Handhabungsaufwand, der für das Einbringen des Verbindungsmaterial in den Aufbau des Prüfkörpers erforderlich ist.

Alternativ kann die Kapillare auch direkt im Ausbringungskopf mit dem Verbindungsmaterial beschichtet werden, was eine bessere Prozesssteuerung und Anpassungsmöglichkeiten beispielsweise hinsichtlich der Einstellung der erforderlichen Beschichtungsdicke ermöglicht.

Bei einer anderen Alternative kann vorgesehen sein, dass das Verbindungsmaterial und die Kapillare voneinander gesondert aus dem Ausbringungskopf oder aus dem und einem weiteren Ausbringungskopf ausgebracht werden und die Kapillare beim

Ablegen in das Verbindungsmaterial eingebettet wird. Das Verbindungsmaterial und die Kapillare können hierbei gleichzeitig ausgebracht oder hintereinander ausgebracht werden. Beispielsweise kann das Verbindungsmaterial zuerst abgelegt werden, um ein Bett aus dem Verbindungsmaterial zu erzeugen, wonach die Kapillare in das so hergestellte Bett abgelegt wird. Hierfür kann vorgesehen sein, dass die Ausbringung des Verbindungsmaterials aus dem Ausbringungskopf in Verfahrrichtung gesehen der Ausbringung der Kapillare vorgelagert ist. Bei Verwendung von separaten Ausbringungsköpfen für das Verbindungsmaterial und die Kapillare kann vorgesehen sein, dass der Ausbringungskopf für das Verbindungsmaterial in Verfahrrichtung gesehen dem Ausbringungskopf für die Kapillare vorgelagert ist.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann das Verbindungsmaterial eine Komponente wie z.B. Hydrogel-Kapseln, enthalten, welche zusätzliche Diffusionsmuster erzeugt. Diese Hydrogelkapseln oder ähnliche Gebilde können im Verbindungsmaterial verteilt und mit Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Diffusionseigenschaften gefüllt werden, wodurch sie verschiedene Diffusionsmikroumgebungen schaffen können. Dies ermöglicht eine nuanciertere und umfassendere Darstellung komplexer Diffusionsmuster, die in biologischen Geweben zu beobachten sind. Die Integration von Hydrogelkapseln oder anderer diffusionsmodifizierender Elemente in das Verbindungsmaterial erlaubt daher eine Verfeinerung des Kalibrierungs- und Validierungsprozesses.

Bevorzugt kann weiters vorgesehen sein, dass als Verbindungsmaterial ein Thermoplast verwendet wird, welcher im Ausbringungskopf durch Wärmeeinwirkung in den fließfähigen

Zustand gebracht wird, wobei der Thermoplast nach dem Abliegen der umhüllten Kapillare erstarren gelassen wird. Das Verbindungsmaterial kann bereits bei der Herstellung der Kapillare als Umhüllung auf die Kapillare aufgebracht werden, sodass die Kapillare dem Ausbringungskopf im umhüllten Zustand zugeführt wird. Im Ausbringungskopf wird der Thermoplast durch Wärmeinwirkung in den plastischen bzw. fließfähigen Zustand gebracht und verfestigt sich wieder, nachdem die umhüllte Kapillare zum Aufbau des Prüfkörpers abgelegt worden ist. Durch die Verfestigung wird die Kapillare in ihrer vorgesehenen Position innerhalb der Struktur des Prüfkörpers fixiert. Bei diesem Ansatz werden die günstigen Eigenschaften von Thermoplasten genutzt, die schließlich ihrer Fähigkeit, wiederholt geschmolzen und verfestigt zu werden, ohne dass es zu einer signifikanten Verschlechterung kommt.

Alternativ kann die Umhüllung der Kapillare mit dem fließfähigen Thermoplast auch direkt im Ausbringungskopf erfolgen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann der Thermoplast im Ausbringungskopf unter einem Unterdruck, vorzugsweise einem Vakuum, in den fließfähigen Zustand gebracht werden. Dadurch soll die Bildung von Blasen im thermoplastischen Material während des Erhitzungs- und Beschichtungsprozesses verhindert werden. Blasen könnten die Diffusionscharakteristik innerhalb der Kapillare beeinträchtigen und zu Diskrepanzen in der Struktur des Prüfkörpers führen. Durch das Aufschmelzen des Thermoplasts unter Unterdruck- oder Vakuumbedingungen kann ein homogenes und konsistentes Verbindungsmaterial gewährleistet werden.

Statt eines thermoplastischen Materials kann das Verbindungsmaterial ein thermisch oder durch Bestrahlung, insbesondere IR-Strahlung oder UV-Licht, erhärtendes Material sein. Solche Materialien gehen, wenn sie bestimmten Umgebungsbedingungen oder Stimuli ausgesetzt werden, von einem fließfähigen Zustand in einen verfestigten Zustand über, wodurch die Kapillaren in der Struktur des Prüfkörpers wirksam eingekapselt und gesichert werden. Dieser Prozess kann präzise gesteuert werden, so dass eine genaue Positionierung und Stabilität der Kapillaren gewährleistet ist. Vorzugsweise ist hierbei vorgesehen, dass ein strahlungserhärtendes Material im fließfähigen Zustand ausgebracht und nach dem Einbetten der Kapillare durch Bestrahlen verfestigt wird.

Alternativ kann das Verbindungsmaterial ein selbstvernetztes Zweikomponentensystem sein. Bei solchen Systemen reagieren zwei separate Komponenten miteinander und bilden eine verfestigte, vernetzte Struktur. Diese Systeme bieten den Vorteil, dass sie bei Raumtemperatur aushärten.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann das Verbindungsmaterial durch eine Düse aus dem Ausbringungskopf extrudiert werden. Diese Methode ermöglicht die kontrollierte und präzise Ablagerung des Verbindungsmaterials um die Kapillare oder auf die sich im Aufbau befindliche Struktur des Prüfkörpers. Die Düse, die mit verschiedenen Durchmessern und Formen gestaltet werden kann, erlaubt eine genaue Steuerung der Flussrate, des Musters und der Richtung des Verbindungsmaterials. Der Extrusionsprozess kann abgestimmt werden, um einen homogenen und gleichmäßigen Auftrag des Verbindungsmaterials zu gewährleisten. Außerdem ist dieser Ansatz sowohl mit

thermoplastischen Materialien als auch mit selbstvernetzenden Zweikomponentensystemen kompatibel.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass das Abtrennen der Kapillare mit einer im oder am Ausbringungskopf angeordneten Trennvorrichtung erfolgt. Diese Vorrichtung kann so konstruiert sein, dass sie die Kapillare sauber und präzise abschneidet oder durchtrennt, nachdem sie abgelegt und in das Verbindungsmaterial eingebettet wurde, wodurch sichergestellt wird, dass jedes Segment der Kapillare korrekt im Prüfkörper positioniert ist. Die Integration der Trennvorrichtung in den Ausbringungskopf ermöglicht einen nahtlosen und effizienten Herstellungsprozess, so dass ein nachträglicher manueller Eingriff zum Trennen der Kapillare nicht mehr erforderlich ist.

Hierbei kann in vorteilhafter Weise vorgesehen sein, dass der Kanal der Kapillare beim Abtrennen verschlossen wird. Dies gewährleistet, dass die Flüssigkeit in der Kapillare wirksam eingeschlossen ist und die Integrität der Diffusionseigenschaften in der Kapillare für diffusionsgewichtete Magnetresonanztests erhalten bleibt. Die Versiegelung kann gleichzeitig mit dem Schneidvorgang unter Verwendung von Wärme oder Druck oder durch eine spezielle Versiegelungseinheit innerhalb der Trennvorrichtung erfolgen. Durch die Integration des Verschlussmechanismus in den Schneidvorgang werden Flüssigkeitsverluste oder Verunreinigungen auf ein Minimum reduziert, wodurch die Zuverlässigkeit und Genauigkeit des resultierenden Prüfkörpers erhöht wird.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Kapillare entsprechend dem im virtuellen Modell definierten Verlauf vom Ausbringungskopf abgelegt. Das virtuelle 3D-Modell des Prüfkörpers definiert hierbei die Position und den Verlauf der Kapillaren innerhalb des Prüfkörpers und gibt vor, wie die mit Flüssigkeit gefüllten Kapillaren im dreidimensionalen Raum angeordnet werden sollen.

Während des Abliegens der einzelnen Kapillaren muss daher die Möglichkeit vorgesehen werden, dass die Orientierung und/oder die Lage der Kapillare relativ zu einer Bauplattform oder dem auf der Bauplattform zumindest teilweise aufgebauten Prüfkörper verstellbar ist.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann dies so erfolgen, dass das Abliegen der Kapillare durch zumindest einachsiges, vorzugsweise zumindest zweiachsiges, Verlagern einer Bauplattform relativ zum Ausbringungskopf während des Ausbringens der Kapillare erfolgt.

Alternativ oder in Kombination mit der Verlagerung der Bauplattform kann das Abliegen der Kapillare durch zumindest einachsiges, vorzugsweise zumindest zweiachsiges, Verlagern des Ausbringungskopfes relativ zu eine Bauplattform während des Ausbringens der Kapillare erfolgen. Hierbei kann der Ausbringungskopf schwenkbar gelagert sein, um die Orientierung der ausgebrachten Kapillare relativ zur Bauplattform einzustellen.

Wenn die Kapillare aus einem zerbrechlichen Material besteht, wie z.B. aus einer Hohlkern-Glasfaser oder einem Hohlkern-Glasfaserbündel, ist eine präzise Kontrolle der maximalen Krümmung der Kapillare während des Durchlaufens des

Ausbringungskopfes und dem Abliegs der Kapillare erforderlich, um einen Bruch zu verhindern. In konstruktiver Hinsicht kann dies beispielsweise dadurch erreicht werden, dass der Ausbringungskopf mit seiner Ausbringungsachse möglichst parallel zur Bauplattform oder zu derjenigen Oberfläche des teilweise aufgetauten Prüfkörpers, auf der die Kapillare abgelegt werden soll, oder unter Minimierung des Winkels zwischen der Ausbringungsachse und der genannten Oberfläche des Prüfkörpers, orientiert wird.

Ein alternativer Ansatz, um eine übermäßige Biegung der Kapillare zu vermeiden, besteht darin, ein Rückkopplungskontrollsystem in den Ausbringungsmechanismus einzubauen. Dieses System könnte die Krümmung der Kapillare während der Ablagerung in Echtzeit überwachen und die Bewegung des Ausbringungskopfes oder der Bauplattform entsprechend anpassen, um sicherzustellen, dass die Kapillare eine vorher festgelegte maximale Krümmung nicht überschreitet. Diese Echtzeitanpassung könnte durch Sensoren und Aktuatoren erleichtert werden, die in den Ausbringungsmechanismus integriert sind.

Hinsichtlich der Ansteuerung des Ausbringungskopfes und/oder der Bauplattform zur Erzielung des gewünschten Verlaufs der Kapillaren ist bevorzugt vorgesehen, dass das virtuelle Modell einer Steuerungseinheit zugeführt ist, welche Steuerungssignale zur Ansteuerung wenigstens eines Antriebs des Ausbringungskopfes und/oder der Bauplattform generiert, um die Kapillare entsprechend des im virtuellen Modell definierten Verlaufs abzulegen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. In

dieser zeigen Fig. 1 einen Querschnitt eines Kapillarbündels zur Verwendung im erfindungsgemäßen Verfahren, Fig. 2 einen Querschnitt eines aus Kapillarbündeln aufgebauten Prüfkörpers, Fig. 3 eine Draufsicht auf einen aus Kapillarbündeln aufgebauten Prüfkörper, Fig. 4 eine erste Ausbildung einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Vorderansicht, Fig. 5 eine Seitenansicht der Vorrichtung gemäß Fig. 4, Fig. 6 eine zweite Ausbildung einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Vorderansicht, Fig. 7 eine Seitenansicht der Vorrichtung gemäß Fig. 6 und die Fig. 8 bis 12 verschiedene Varianten von Druckkopfausbildungen zur Verwendung in der Erfindung.

Fig. 1 zeigt ein Kapillarbündel 1, das auch als Hohlfaserbündel bezeichnet werden kann, das eine Mehrzahl von Kapillaren 2 umfasst.

Fig. 2 zeigt einen Prüfkörper 4 mit einem beispielhaften Verlauf von in einem Verbindungsmaterial 3 eingebetteten Kapillarbündeln 1 im Querschnitt.

In der Draufsicht gemäß Fig. 3 sind anhand eines weiteren Beispiels eines Prüfkörpers 4 Kapillarbündel mit unterschiedlichen Verläufen dargestellt. Es sind parallele Kapillarbündel 5 gezeigt, die senkrecht dazu verlaufende, parallele Kapillarbündel 6 kreuzen. Weiters sind einen gekrümmten Verlauf aufweisende, parallele Kapillarbündel 7 und 8 ersichtlich, die einander kreuzen.

Fig. 4 und 5 zeigen eine Vorrichtung umfassend einen auf einer Rolle 9 aufgewickelten Vorrat eines Kapillarbündels und einen auf einer Rolle 10 in Form eines Materialstrangs oder

Filaments aufgewickelten Vorrat eines Verbindungsmaterials. Das von der Rolle 9 abgewickelte Kapillarbündel 1 sowie der von der Rolle 10 abgewickelte Materialstrang 11 des Verbindungsmaterials 3 werden einem Druckkopf bzw. Ausbringungskopf 12 zugeführt, in dem das Kapillarbündel 1 mit dem Verbindungsmaterial 3 umhüllt wird. Aus der Düse 13 des Ausbringungskopfs 12 wird somit ein mit Verbindungsmaterial 3 umhülltes Kapillarbündel 14 ausgebracht und zum Aufbau des Prüfkörpers 4 entsprechend dem vorgegebenen Verlauf abgelegt. Zur Umhüllung des Kapillarbündels 1 mit dem thermoplastischen Verbindungsmaterial 3 wird der Materialstrang 11 im Ausbringungskopf 12 aufgeschmolzen, sodass das den Ausbringungskopf 12 über die Düse 13 verlassende Kapillarbündel 14 das Verbindungsmaterial 3 im fließfähigen bzw. plastischen Zustand trägt. Beim oder nach dem Ablegen des Kapillarbündels 14 verfestigt sich das Verbindungsmaterial 3, sodass ein Prüfkörper 4 entsteht, in dem eine Vielzahl von Kapillaren eingebettet ist.

Um das Kapillarbündel 14 entsprechend dem im virtuellen Modell definierten Verlauf abzulegen sind der Ausbringungskopf 12 und die Bauplattform 15 relativ zueinander in drei Raumrichtungen verlagerbar angeordnet. Im hier dargestellten Beispiel ist der Ausbringungskopf 12 auf einer Führung 16 verschiebbar gelagert, um eine Verlagerung des Ausbringungskopfes in einer x-Richtung zu erzielen. Die Bauplattform 15 ist ebenfalls beweglich angeordnet, und zwar zumindest in einer y- und einer z-Richtung. Weiters ist der Ausbringungskopf 12 um ein Gelenk 17 schwenkbar gelagert, um seine Orientierung relativ zur Bauplattform 15 bzw. dem darauf zumindest teilweise aufgebauten Prüfkörper 4 einstellen zu können.

Fig. 6 und 7 zeigen eine abgewandelte Vorrichtung, wobei die im Vergleich zur Ausbildung gemäß den Fig. 4 und 5 gleichbleibenden Bauelemente mit denselben Bezugszeichen versehen sind wie in Fig. 4 und 5. Abweichend von der Ausbildung gemäß Fig. 4 und 5 wird kein thermoplastisches Verbindungsmaterial 3 verwendet, sondern ein strahlungserhärtendes, wie z.B. ein UV-Licht-erhärtendes, Verbindungsmaterial 3. Das Verbindungsmaterial wird aus einem Vorratsbehälter 18 in fließfähiger Form über eine Leitung 19 dem Ausbringungskopf 12 zugeführt, wo das Kapillarbündel 1 mit dem Verbindungsmaterial 3 umfüllt wird. Die Düse 13 des Ausbringungskopfes 12 ist mit einer UV-Lampe 20 ausgestattet, sodass das als Umhüllung des Kapillarbündels ausgebrachte und zum Aufbau des Prüfkörpers 4 abgelegte Verbindungsmaterial 3 verfestigt werden kann.

Fig. 8 und 9 zeigen Ausführungsformen eines mit einer Trennvorrichtung 21 ausgestatteten Ausbringungskopfes 12 zum Abtrennen des Kapillarbündels 1 oder des umhüllten Kapillarbündels 14 (je nach Fall). Die Trennvorrichtung 21 umfasst hierbei wenigstens zwei zueinander bewegbare Schneidmesser 22. Als mögliche Alternative können die Schneidmesser auch durch eine Schmelzvorrichtung ersetzt werden.

Bei der Ausbildung gemäß Fig. 8 ist die Trennvorrichtung 21 an der Düse 13 des Ausbringungskopfes 12 angeordnet, sodass das Kapillarbündel 1 bzw. 14 unmittelbar am Austritt aus der Düse 13 abgetrennt werden kann. Bei der Ausbildung gemäß Fig. 9 ist die Trennvorrichtung 21 im Inneren des Ausbringungskopfes 12 angeordnet.

Fig. 10, 11 und 12 zeigen Ausführungsformen des Ausbringungskopfes 12 mit unterschiedlichen Möglichkeiten der Ein- und Ausbringung des Kapillarbündels 1 und des Verbindungsmaterials 2.

Bei der Ausbildung gemäß Fig. 10 werden das Kapillarbündel 1 und der Materialstrang 11 des Verbindungsmaterials 3 dem Ausbringungskopf 12 getrennt zugeführt und getrennt aus diesem ausgebracht, nachdem das Verbindungsmaterial 3 im Ausbringungskopf 12 erwärmt und verflüssigt wurde.

Bei der Ausbildung gemäß Fig. 11 wird der Materialstrang 11 des Verbindungsmaterials 1 im Ausbringungskopf 12 mittels einer Heizeinrichtung 23 in den fließfähigen Zustand gebracht, sodass eine Umhüllung des Kapillarbündels 1 mit dem Verbindungsmaterial 1 erfolgt. Aus dem Ausbringungskopf wird, wie bei der Ausbildung gemäß den Fig. 4 und 5, ein umhülltes Kapillarbündel 14 ausgebracht.

Bei der Ausbildung gemäß Fig. 12 ist das Verbindungsmaterial, wie bei der Ausbildung gemäß den Fig. 6 und 7, ein strahlungserhärtendes Material, wie z.B. ein UV-Licht-erhärtendes Material, welches in eine Kammer 24 des Ausbringungskopfes 12 eingebracht wird. Das Kapillarbündel 1 wird durch die Kammer 24 geführt und dadurch mit dem Verbindungsmaterial 3 umhüllt. Aus dem Ausbringungskopf wird, daher ein umhülltes Kapillarbündel 14 ausgebracht.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung eines Prüfkörpers für die diffusionsgewichtete Magnetresonanztomografie, der eine Vielzahl von in einem Verbindungsmaterial (3) eingebetteten, flüssigkeitsgefüllten Kanälen aufweist, wobei der Prüfkörper aus einer Vielzahl von Kapillaren (2) mittels additiver Fertigung aufgebaut wird, umfassend das Bereitstellen eines virtuellen Modells des Prüfkörpers, welches den Verlauf der Kapillaren (2) im dreidimensionalen Raum definiert, das Zuführen einer Kapillare (2) zu einem Ausbringungskopf (12) und das wiederholte Ausführen folgender Abfolge von Schritten:
 - Ausbringen der Kapillare (2) aus dem Ausbringungskopf (12),
 - Ablegen der Kapillare (2) entsprechend dem im virtuellen Modell definierten Verlauf gemeinsam mit dem oder in das Verbindungsmaterial (3), wobei die Kapillare (2) zumindest teilweise in das Verbindungsmaterial (3) eingebettet wird,
 - erforderlichenfalls Abtrennen und Versiegeln der Kapillare (2).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Kapillare (2) ein Kapillar- oder Hohlfaserbündel (1) verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dass als Kapillare (2) eine Hohlkern-Glasfaser oder ein Hohlkern-Glasfaserbündel verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dass die Kapillare (2) mit einer Flüssigkeit, insbesondere Wasser, gefüllt wird, bevor sie dem Ausbringungskopf (12) zugeführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dass die Kapillare (2) dem Ausbringungskopf (12) als Endloskapillare zugeführt und vorzugsweise von einer Rolle (9) abgewickelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dass die Kapillare (2) vor oder während des Ausbringens, vorzugsweise im Ausbringungskopf (12), mit dem Verbindungsmaterial (83) umhüllt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dass das Verbindungsmaterial (3) und die Kapillare (2) voneinander gesondert aus dem Ausbringungskopf (12) oder aus dem und einem weiteren Ausbringungskopf ausgebracht werden und die Kapillare (2) beim Ablegen in das Verbindungsmaterial (3) eingebettet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dass das Verbindungsmaterial (3) eine Komponente, wie z.B. Hydrogel-Kapseln, enthält, welche zusätzliche Diffusionsmuster erzeugt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dass als Verbindungsmaterial (3) ein Thermoplast verwendet wird, welcher im Ausbringungskopf (12) durch Wärmeeinwirkung in den fließfähigen Zustand gebracht wird, wobei der Thermoplast nach dem Ablegen der umhüllten Kapillare (2) erstarren gelassen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dass der Thermoplast im Ausbringungskopf (12) unter einem Unterdruck, vorzugsweise einem Vakuum, in den fließfähigen Zustand gebracht wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dass das Verbindungsmaterial (3) ein thermisch oder durch Bestrahlung, insbesondere IR-Strahlung oder UV-Licht, erhärtendes Material oder ein selbstvernetzendes Zweikomponentensystem ist.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dass das Verbindungsmaterial (3) durch eine Düse aus dem Ausbringungskopf (12) extrudiert wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dass das Abtrennen der Kapillare (2) mit einer Im oder am Ausbringungskopf (12) angeordneten Trennvorrichtung (21) erfolgt.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dass der Kanal der Kapillare (2) beim Abtrennen verschlossen wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dass das Ablegen der Kapillare (2) durch zumindest einachsiges, vorzugsweise zumindest zweiachsiges, Verlagern einer Bauplattform (15) relativ zum Ausbringungskopf (12) während des Ausbringens der Kapillare (2) erfolgt.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dass das Ablegen der Kapillare (2) durch zumindest einachsiges, vorzugsweise zumindest zweiachsiges, Verlagern des Ausbringungskopfes (12) relativ zu einer Bauplattform (15) während des Ausbringens der Kapillare (2) erfolgt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dass der Ausbringungskopf (12) schwenkbar gelagert ist, um die Orientierung der ausgebrachten Kapillare (2) relativ zur Bauplattform (15) einzustellen.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dass das virtuelle Modell einer Steuerungseinheit zugeführt ist, welche Steuersignale zur Ansteuerung wenigstens eines Antriebs des Ausbringungskopfs (12) und/oder der Bauplattform (15) generiert, um die Kapillare (2) entsprechend des im virtuellen Modell definierten Verlaufs abzuliegen.

Wien, am 7. Dezember 2023

Anmelder
durch:



Halfröschner und Keschmann
Patentanwälte GmbH

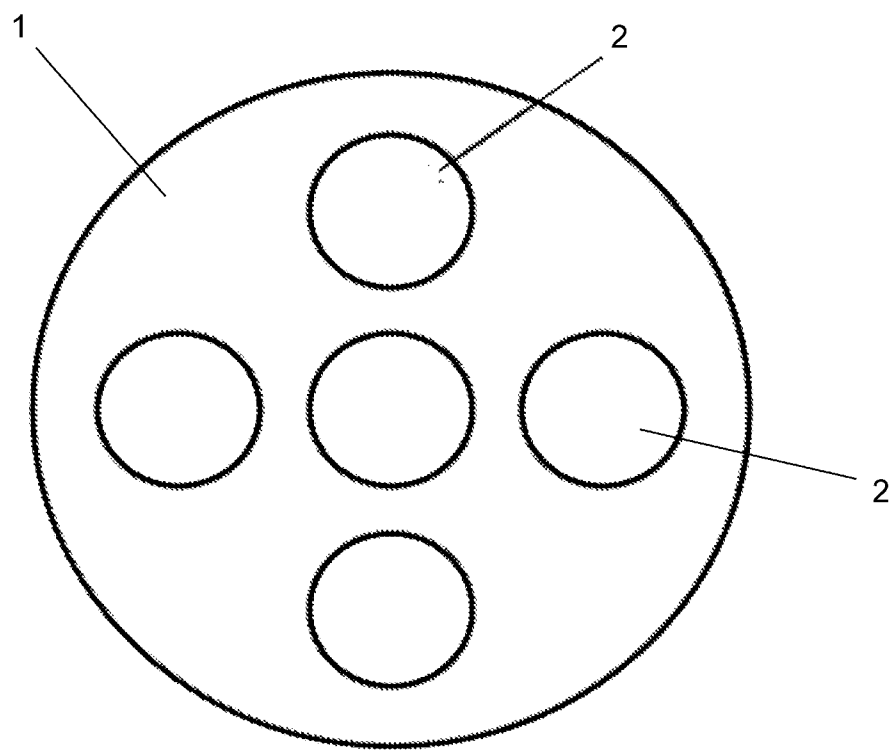


Fig. 1

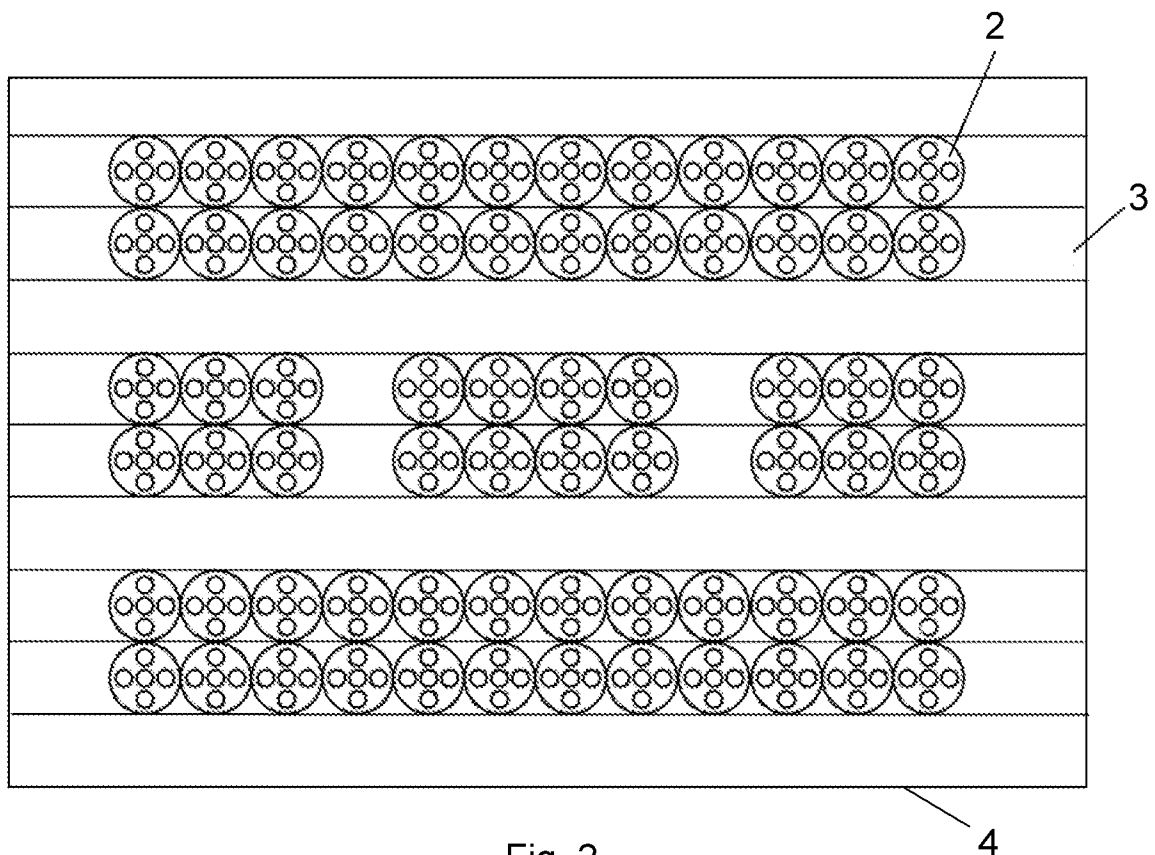


Fig. 2

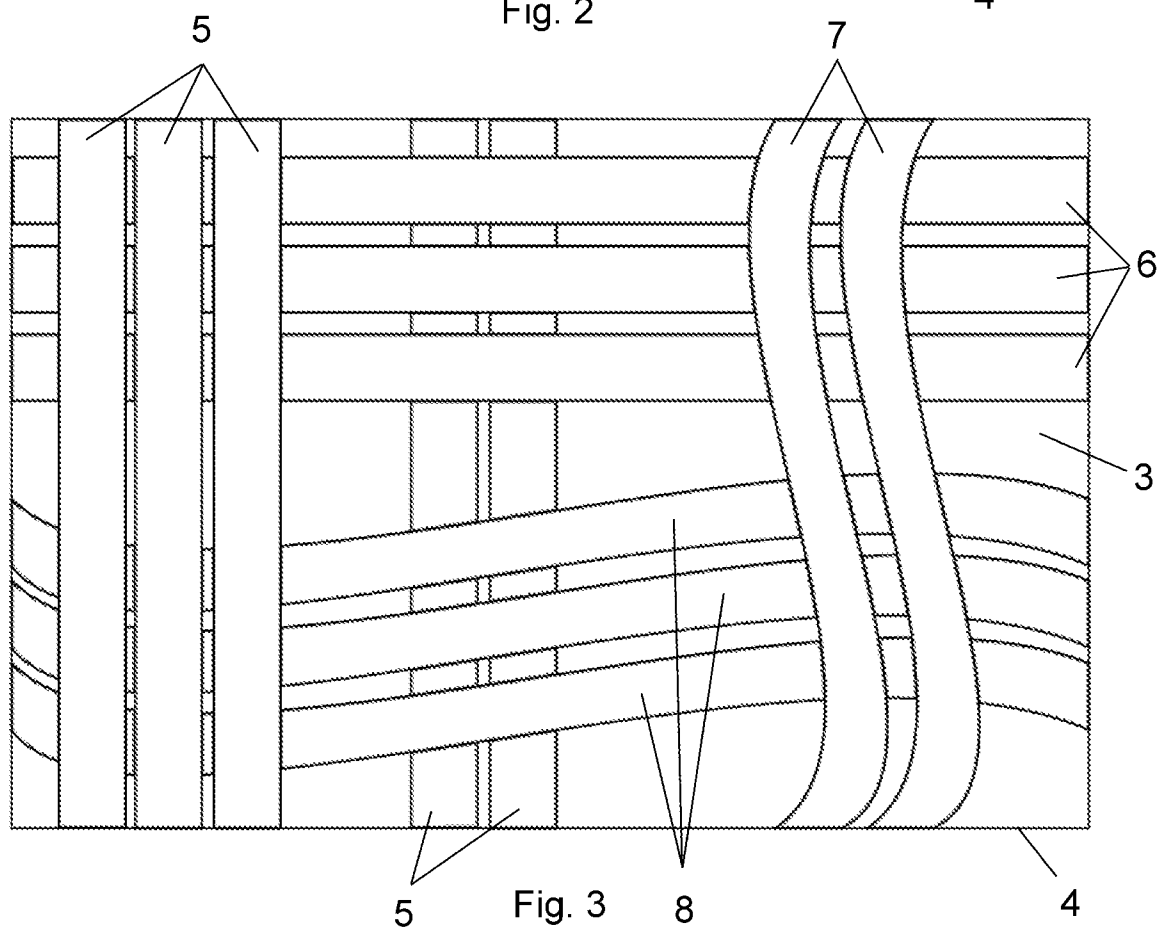


Fig. 3

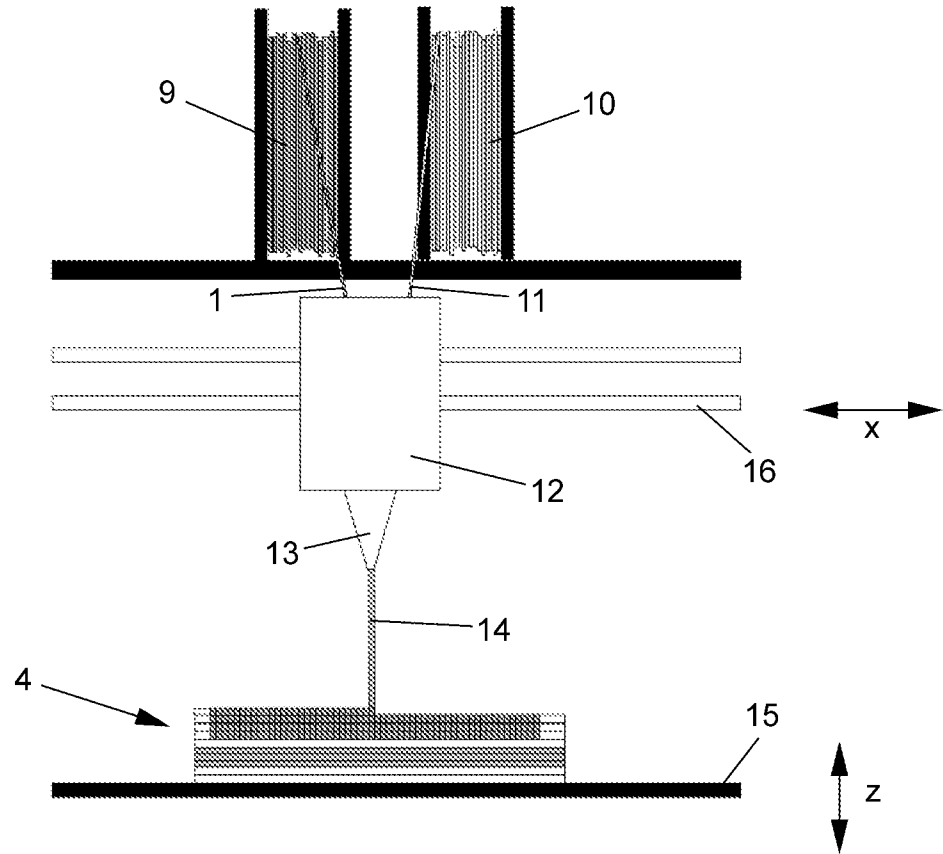


Fig. 4

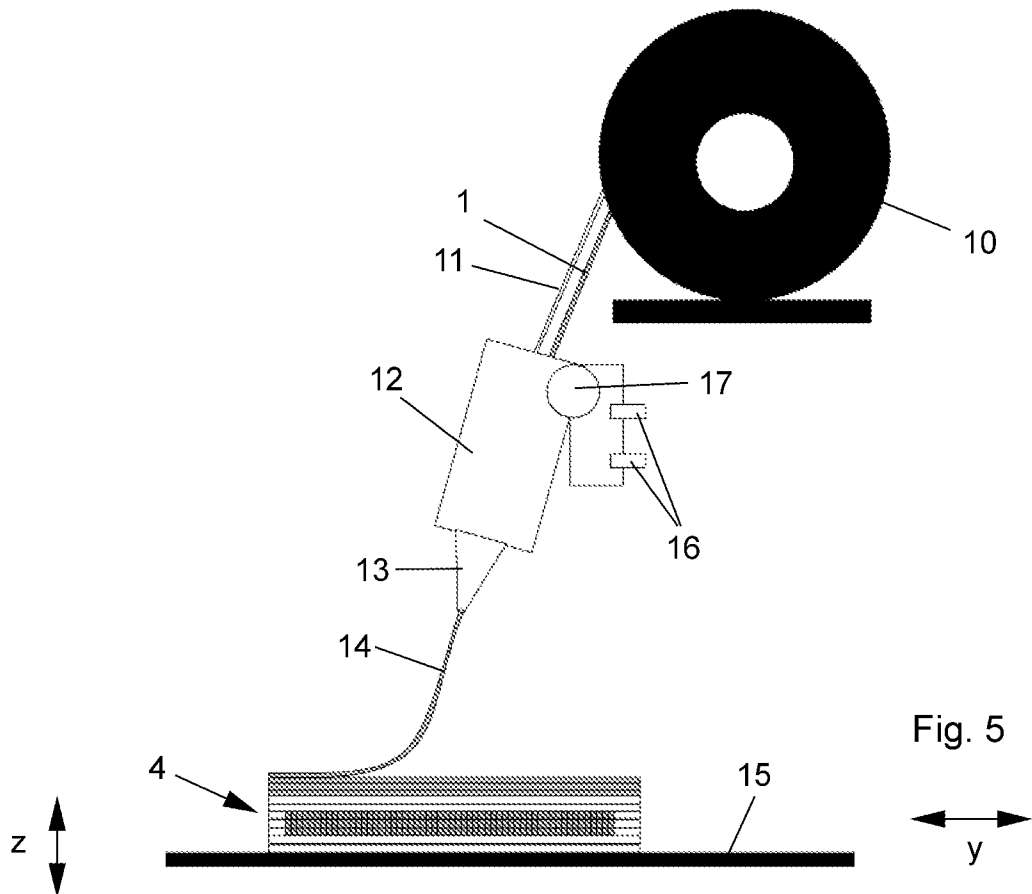


Fig. 5

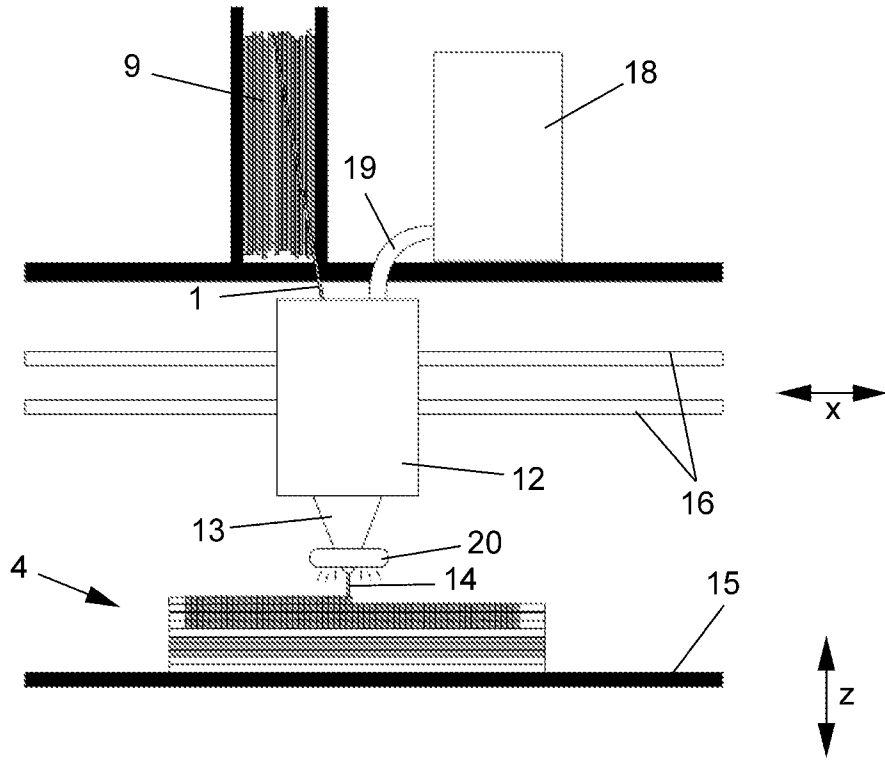


Fig. 6

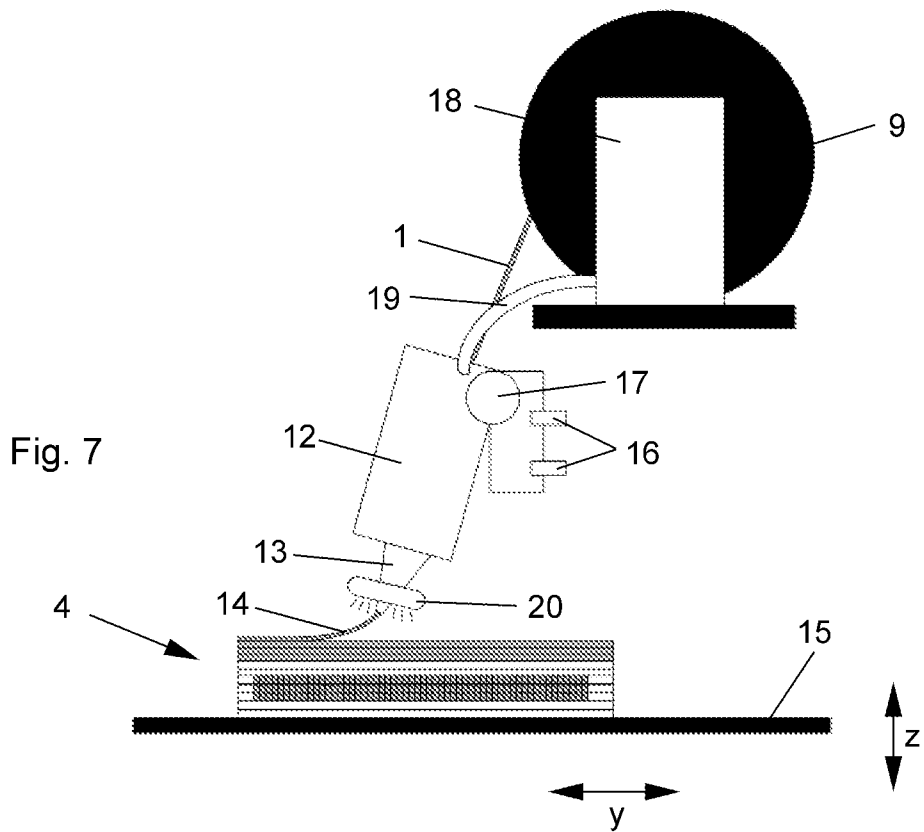


Fig. 7

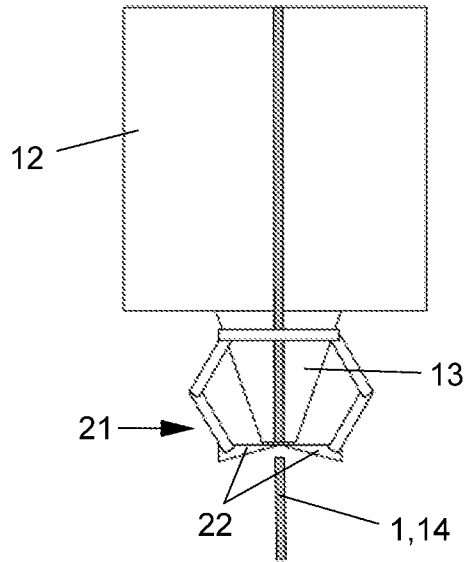


Fig. 8

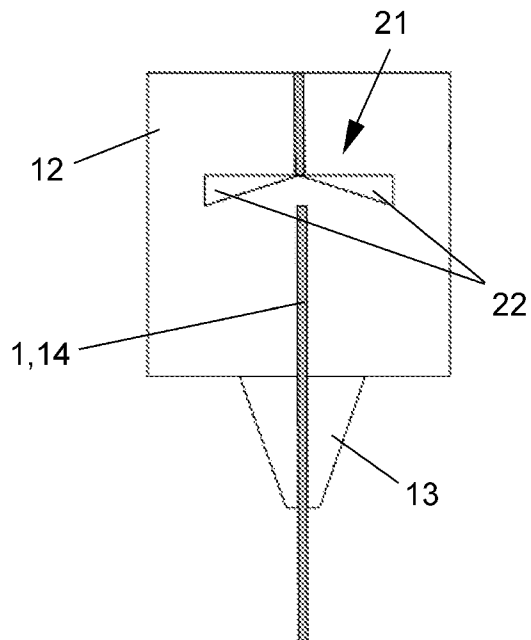


Fig. 9

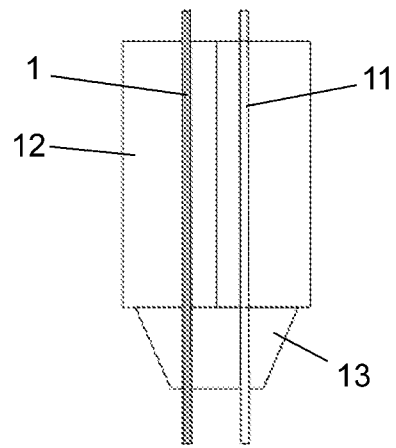


Fig. 10

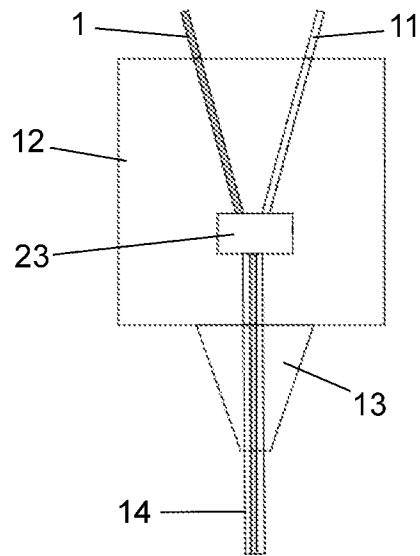


Fig. 11

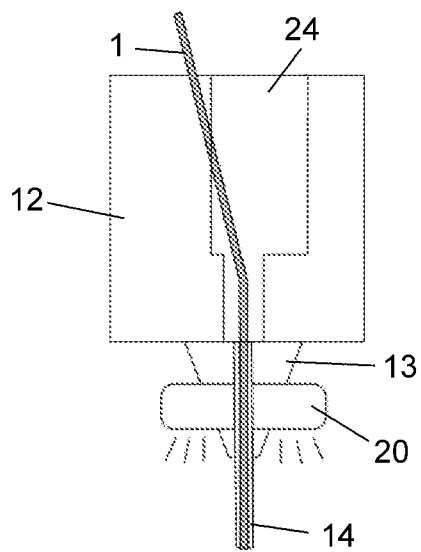


Fig. 12

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: B29C 64/10 (2017.01); B33Y 10/00 (2015.01); B29C 64/118 (2017.01); B29C 64/307 (2017.01); B29C 64/321 (2017.01); B29C 64/336 (2017.01); B29C 48/00 (2019.01); B29C 64/393 (2017.01); B33Y 50/02 (2015.01); G01R 33/58 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC: B29C 64/10 (2021.08); B33Y 10/00 (2015.01); B29C 64/118 (2021.08); B29C 64/307 (2017.08); B29C 64/321 (2017.08); B29C 64/336 (2017.08); B29C 48/00 (2019.02); B29C 64/393 (2021.08); B33Y 50/02 (2015.01); B29C 2793/00 (2013.01); B29C 2793/0027 (2013.01); B29C 2948/92		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): B29C, B33Y, G01R		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, PATENW		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 07.12.2023 eingereichten Ansprüchen 1-18 erstellt.		
Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y	US 2009058417 A1 (YANASAK NATHAN E., HU TOM C.) 05. März 2009 (05.03.2009) gesamtes Dokument, insbesondere die Absätze [0007], [0030], [0036] und [0039], Figuren 1-5 sowie die dazugehörige ausführliche Beschreibung; in Zusammenschau mit D2	1-7, 9-11, 13-17
Y	in Zusammenschau mit D3	1, 8, 12, 18
Y	DE 102018114008 A1 (HERRMANN MARCUS) 12. Dezember 2019 (12.12.2019) gesamtes Dokument, insbesondere die Absätze [0026]-[0033], [0035], [0037], [0039], [0040]-[0042], [0044], [0045], [0058] und [0061] der Beschreibung, Ansprüche 1, 4-8 und 10 und Figuren 1-4; in Zusammenschau mit D1	1-7, 9-11, 13-17
Y	WO 2017222600 A1 (RAYTHEON CO) 28. Dezember 2017 (28.12.2017) gesamtes Dokument, insbesondere die Absätze [0007], [0008], [0050], [0056], [0063]-[0069], [0072] und [0079]-[0086] der Beschreibung und die Figuren 1 und 2; in Zusammenschau mit D1	1, 8, 12, 18
A	EP 3150361 A1 (UNIV NIHON, UNIV TOKYO SCIENCE FOUND) 05. April 2017 (05.04.2017) gesamtes Dokument, insbesondere die Absätze [0042], [0090], [0091], [0095], [0097] und [0099]-[0101] der Beschreibung und die Figuren 1 und 4	1-3, 5-9, 11-18
A	US 2017157851 A1 (NARDIELLO JERRELL A. ET AL.) 08. Juni 2017 (08.06.2017) gesamtes Dokument, insbesondere Absatz [0047] und die Figuren 8 und 9	13

Datum der Beendigung der Recherche: 23.07.2024	Seite 1 von 2	Prüfer(in): MIRESCU Gloria
^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.		A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „ älteres Recht “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	US 10571642 B1 (COHEN ADAM ET AL.) 25. Februar 2020 (25.02.2020) gesamtes Dokument	2, 3, 5, 6, 7, 9, 10-12, 15- 18