



(10) **DE 10 2018 121 552 A1** 2020.03.05

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 121 552.5**

(22) Anmeldetag: **04.09.2018**

(43) Offenlegungstag: **05.03.2020**

(51) Int Cl.: **B01D 39/16 (2006.01)**

**B33Y 80/00 (2015.01)**

(71) Anmelder:

**Karl Leibinger Medizintechnik GmbH & Co. KG,  
78570 Mühlheim, DE**

(72) Erfinder:

**Aksu, Adem, 78054 Villingen-Schwenningen, DE;  
Reinauer, Frank, 78576 Emmingen-Liptingen, DE;  
Wolfram, Tobias, 63303 Dreieich, DE**

(74) Vertreter:

**Winter, Brandl, Fürniss, Hübner, Röss, Kaiser,  
Polte Partnerschaft mbB, Patentanwälte, 85354  
Freising, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>10 2016 110 500</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2013 / 0 046 040</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2013/ 165 996</b>	<b>A2</b>
<b>WO</b>	<b>2018/ 078 578</b>	<b>A1</b>

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Lasergesinterter Filter, Verfahren zum Herstellen des Filters sowie Verfahren zum Flüssigkeitstransport**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Filter zum Reinigen von Fluiden, mit einem Hauptkörper aus Polyethylen-Partikeln, die mittels eines generativen Herstellungsverfahrens miteinander so verbunden sind, dass sich eine vordefinierte Makro- und Mikrostruktur einstellt. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Herstellen eines Filters, wobei der Filter generativ durch selektives Lasersintern von Polyethylen-Partikeln hergestellt wird. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Flüssigkeitstransport.

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Filter zum Reinigen von Fluiden, d.h. von Flüssigkeiten und/oder Gasen. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Filters. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Flüssigkeitstransport beispielsweise mittels eines solchen Filters.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind bereits Filter zum Filtern von flüssigem Medium bekannt. Zum Beispiel offenbart die DE 10 2007 049 658 A1 einen Filter zum Filtern von flüssigem Medium mit einer Filterkammer, in die mindestens ein rückspülbares Filterelement in Form eines hohlzylindrischen Filterkörpers, dessen Umfangswand von dem zu filtrierenden Medium durchströmbar ist unter Ausbildung einer Anströmseite und einer Abströmseite, einsetzbar ist und die Filterkammer mindestens einen Filtratauslass, einen Unfiltrateinlass sowie einen Rückspülauslass aufweist, wobei zum Rückspülen Filtrat durch einen Filtratauslass zum Anströmen der Abströmseite einleitbar ist, wobei der Filterkörper des Filterelements ein stabiler, poröser Formkörper aus einem durch Sintern verschmolzenen Polyethylen-Granulat ist und für ein zweistufiges Rückspülen die Filterkammer zusätzlich einen Drucklufteinlass zum beaufschlagen der Abströmseite des Filterelementes mit Druckluft aufweist.

**[0003]** Solche Filter sind oftmals aus Polyethylen (PE) aufgebaut, da Polyethylen, insbesondere Ultra-High-Molecular-Weight-Polyethylen (UHMWPE) oder High-Density-Polyethylen (HDPE), aber auch Polypropylen (PP) eine besonders gute Verträglichkeit und chemische Beständigkeit besitzen. Filtertechnologien werden vielfältig eingesetzt, beispielsweise in der Medizintechnik, der Fahrzeugtechnik, der Haushaltstechnik, der Industrietechnik oder in der Schreibwarenindustrie. Es werden dabei maximale Anforderungen in mikroskopisch kleinen Bereichen gestellt. Aus verunreinigten Substanzen können durch die Filter kleinste Partikel, wie Blut, Wasser, Luft oder Öl, herausgefiltert werden.

**[0004]** Bisher werden solche Filter oftmals durch Sintern, insbesondere durch Formpressen, hergestellt. Dabei werden die PE-Partikel in Pulverform bzw. als Pulverkörner in einer Form gepresst, d.h. unter Druck verfestigt, und anschließend gesintert. Nachteilig ist daran jedoch, dass die Geometrie des Filters dadurch formgebunden ist und daher beschränkt ist. Zum Beispiel ist es nicht möglich, Sinterfilter mit Hinterschneidungen/Hinterschnitten oder einer komplizierten Geometrie mit verhältnismäßigem Aufwand herzustellen. Auch muss zum Herstellen der Sinterfilter zuerst eine entsprechende Werkzeugform hergestellt werden, was sich nachteilig auf die Flexibilität in der Herstellung, die Kosten sowie die Herstellungszeit auswirkt. Zudem muss bei einer form-

gebundenen Herstellung, wie dem Sintern, eine Entformbarkeit des Werkstücks, also des Filters, beachtet werden, was zu weiteren Einschränkungen der geometrischen Ausgestaltung des Filters führt.

**[0005]** Es ist also die Aufgabe der Erfindung, die Nachteile aus dem Stand der Technik zu vermeiden oder wenigstens zu verringern. Insbesondere soll ein Filter aus Polyethylen-Partikeln sowie ein Herstellungsverfahren bereitgestellt werden, das die oben genannten Nachteile beseitigt. Insbesondere soll ein einfach herstellbarer, kostengünstig herstellbarer und mit komplexen Geometrien herstellbarer Filter entwickelt werden.

**[0006]** Die Aufgabe der Erfindung wird durch einen Filter zum Reinigen von Fluiden, d.h. Flüssigkeiten und Gase, gelöst, mit einem Hauptkörper aus Polyethylen-Partikeln, die mittels eines generativen Herstellungsverfahrens miteinander so verbunden sind, dass sich eine vordefinierte Makro- und Mikrostruktur einstellt. Dabei wird unter einer Mikrostruktur bzw. unter einer Mikroporosität eine Struktur des Hauptkörpers verstanden, die prozessbedingt durch die Herstellung des Filters aus einem zumeist pulverartigen Material entsteht. Das heißt also, dass die Mikroporosität durch Prozessparameter wie beispielsweise eine Partikelgröße festgelegt ist. Unter einer Makrostruktur bzw. unter einer Makroporosität wird eine Struktur des Hauptkörpers verstanden, die konstruktionsbedingt entsteht. Das heißt also, dass insbesondere die Makroporosität gezielt eingestellt werden kann, um beispielsweise die Außen- und/oder Innengeometrie, das Erscheinungsbild, die Oberflächenbeschaffenheit und/oder das Schlibbild des Hauptkörpers festzulegen.

**[0007]** Dies hat den Vorteil, dass bei einem erfindungsgemäßen Filter die Mikroporosität und die Makroporosität in nahezu beliebiger Weise kombiniert bzw. eingestellt werden können. Zudem kann der Filter (werkzeug-)formfrei gefertigt werden, was beispielsweise die Notwendigkeit, bei der konstruktiven Ausgestaltung die Entformbarkeit des Filters zu beachten, obsolet macht. Es sind also beliebige konstruktive Ausgestaltungen des Filters, beispielsweise mit Hinterschneidungen/Hinterschnitten, mit beliebigen Porositäten, die abschnittsweise, insbesondere schichtweise variieren, wählbar. Auch kann der Filter direkt aus einem Rechnermodell, wie einer CAD-Konstruktion, gefertigt werden, ohne dass zuvor eine Form für die zugehörige Geometrie erstellt werden muss, was sich günstig auf die Herstellungskosten und die Herstellungszeit für den Filter auswirkt.

**[0008]** Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen beansprucht und werden nachfolgend näher erläutert.

**[0009]** Zudem ist es zweckmäßig, wenn das generative Herstellungsverfahren einen Lasereinsatz beinhaltet. Dadurch können die Polyethylen-Partikel gezielt, insbesondere lokal, aufgeschmolzen werden und zu einem Körper neuer Geometrie miteinander verschmolzen werden.

**[0010]** Ferner ist es von Vorteil, wenn der Filter als ein Lasersinter-Bauteil ausgebildet ist. Dadurch kann das Auftreten von Materialverzug weitestgehend verhindert werden. Außerdem ist im Bereich des selektiven Lasersinterns bereits viel Fachwissen aus anderen technischen Gebieten bekannt, das für das technische Gebiet der Filtertechnologie adaptiert werden kann.

**[0011]** Zum Beispiel ist der Einsatz von Polyethylen aufgrund seiner inerten Eigenschaften und seiner guten Verträglichkeit insbesondere aus dem Bereich der Medizintechnik bekannt. Dazu offenbart die DE 10 2016 110 500 A1 ein Verfahren zum Herstellen eines Implantats, wobei Partikel der Gruppe aus Ultra-High-Molecular-Weight Polyethylene (UHMWPE) und/oder High-Density Polyethylene (HDPE) und/oder Polypropylen (PP) mittels eines selektiven Lasersinterverfahrens (Selective Laser Sintering Verfahren, SLS-Verfahren) schichtweise miteinander verschmolzen bzw. versintert werden.

**[0012]** Auch ist es vorteilhaft, wenn die Partikel des Hauptkörpers in Schichten verteilt sind, wobei die Partikel einer Schicht untereinander mittels eines Lasers miteinander verschmolzen bzw. versintert werden und die Partikel aus unterschiedlichen Schichten mittels eines Lasers miteinander verschmolzen bzw. versintert sind. Dadurch lassen sich von Schicht zu Schicht unterschiedliche Eigenschaften, insbesondere hinsichtlich der verwendeten Korngröße und/oder Kornform bzw. der eingestellten Porosität, im Hauptkörper des Filters einstellen. Der Filter kann somit auch teils massiv, teils porös ausgebildet werden, so dass sich die Festigkeits- und/oder Filtereigenschaften an den jeweiligen Bedarfsfall anpassen lassen.

**[0013]** Zudem ist es zweckmäßig, wenn jede der Schichten eine poröse Schicht ist und/oder nahezu vollständig, d.h. zu mehr als 98%, aus PE-Partikeln, insbesondere aus UHMWPE, HDPE, alternativ auch aus PP-Partikeln, aufgebaut ist.

**[0014]** Bevorzugt ist es, wenn eine Schichtdicke des Hauptkörpers 70 bis 300 µm, vorzugsweise etwa 120 µm, beträgt. Somit lässt sich die Struktur des Hauptkörpers in ausreichend kleinen Bereichen variieren, um nahezu jegliche Makroporosität des Hauptkörpers einstellen zu können.

**[0015]** In einer bevorzugten Ausführungsform können die Partikel in Pulverform einen Durchmesser zwischen 20 und 400 µm besitzen. Das heißt also,

dass die als Pulverkörner vorliegenden Partikel beispielsweise einen Durchmesser zwischen 40 und 200 µm, vorzugsweise etwa 130 bis 155 µm, besitzen. Es werden also besonders feinkörnige Polyethylen-Partikel verwendet, die beispielsweise in einem vorgelagerten Prozess zu grobkörnigeren Partikeln, d.h. Partikeln mit einem größeren Durchmesser, zusammengesmolzen werden, je nachdem, welche Korngröße der Partikel für eine gewünschte (Mikro-)Porosität für den jeweiligen Anwendungsfall benötigt wird. Vorzugsweise beträgt die Porengröße des Filters zwischen 1 und 3500 µm.

**[0016]** Besonders bevorzugt ist es, wenn eine Korngröße der Partikel innerhalb eines Hauptkörpers des Filters variiert wird. Vorzugsweise werden also unterschiedlich große Partikel verwendet. Dadurch kann eine prozessbedingte Mikroporosität eingestellt werden.

**[0017]** Auch ist es von Vorteil, wenn der Hauptkörper Bereiche besitzt, in denen die Porosität gezielt unterschiedlich eingestellt ist. Das heißt also, dass der Hauptkörper in ersten Bereichen eine andere Porosität aufweist als in zweiten Bereichen des Hauptkörpers, die zu den ersten Bereichen beabstandet sind. Die ersten Bereiche und die zweiten Bereiche können sogar benachbart zueinander sein. Vorzugsweise besitzt der Hauptkörper des Filters eine Gesamtporosität, die zwischen 1 % und 60 % liegt. Dadurch wird gewährleistet, dass die Filtereigenschaften gut sind und gleichzeitig ausreichend Fluid durch den Filter hindurchströmen kann.

**[0018]** Zudem ist es vorteilhaft, wenn die Partikel zum Ausbilden eines massiven Körpers oder eines Porositäten aufweisenden (porösen) Körpers miteinander verschmolzen bzw. versintert werden. So entsteht eine interkonnektierende Porenstruktur des Filters. So kann vorteilhafterweise aus den PE-Partikeln eine komplexe Geometrie, beispielsweise mit variierender Wandstärke und/oder mit Hinterschneidungen, ausgebildet werden. Durch die urformende, formfreie Herstellung sind kaum Einschränkungen für die Geometrie des Filters gegeben.

**[0019]** Ferner ist es bevorzugt, wenn der Filter Hinterschneidungen/Hinterschnitte und/oder Hohlräume aufweist. Je nach Verwendungszweck lassen sich so auch bisher nicht herstellbare Geometrien für den Filter ausbilden. Dadurch können zum Beispiel auch Befestigungsvorrichtung an dem Filter integral ausgebildet werden, so dass der Filter besonders einfach in seiner Endposition in einem Filtersystem angebracht werden kann.

**[0020]** Um jegliche Körnchen, Partikel und/oder Pulverrestbestandteile von dem Filter entfernen zu können, ist es von Vorteil, wenn eine Oberflächenbehandlung nach Art einer Plasmabehandlung, ei-

nes Schneestrahles, eines druckbeaufschlagten Beschießens mit gefrorenen CO<sub>2</sub> Flocken oder eines Ultraschallbadens durchgeführt wird. Auch kann eine Oberfläche des gesinterten Filters bzw. des gesinterten Filtersystems leicht angeraut werden, so dass beispielsweise Haftigenschaften verbessert sind.

**[0021]** Alternativ kann der Filter auch einer Oberflächenreinigung mittels Heißluft, Explosionsentgraten und/oder chemischen Behandlung unterworfen werden, so dass vorteilhafterweise jegliche Restpartikel auf der Oberfläche, die beispielsweise Poren des Filters verschließen könnten, entfernt werden.

**[0022]** Zudem ist es bevorzugt, wenn der Filter einer Wärmebehandlung zur Festigkeitssteigerung unterworfen wird. Vorzugsweise enthält der Filter eine Festigkeitssteigerung zwischen den interkonnektierenden Porensträngen. So können vorteilhafterweise die Festigkeit und/oder Steifigkeit des Filters angepasst werden. Beispielsweise ist es möglich, trotz der porösen Struktur des Filters eine hohe Belastbarkeit zu erzielen, so dass der Filter in vielen Anwendungsbereichen eingesetzt werden kann.

**[0023]** Besonders bevorzugt ist es, wenn das Wärmebehandeln dem Oberflächenbehandeln nachgeschaltet ist. So kann gewährleistet werden, dass die Poren des Filters offen bzw. unverschlossen bleiben, was sich günstig auf die Stabilität des Filters auswirkt.

**[0024]** Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Polyethylen-Partikel und/oder der Hauptkörper des Filters mit einer Metall-Dotierung oder einer keramischen Dotierung versehen sind. In einer bevorzugten Weiterbildung ist der Hauptkörper des Filters mit einer Partikel-Dotierung versehen, so dass er antimikrobielle Eigenschaften besitzt. Das heißt also, dass den PE-Partikeln beim Herstellungsprozess Partikel in geringen Mengen, d.h. < 1%, beigemischt werden, um die Eigenschaften des Filters zu beeinflussen, so dass beispielsweise Keimwachstum, Bakterien und Viren vorgebeugt werden kann. Es können aber auch andere Partikel-Dotierungen vorgesehen werden, wie beispielsweise Magnesium, Kalium, Natrium oder Salze.

**[0025]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Filter antistatisch ausgebildet. Dadurch werden vorteilhafterweise explosionsfähige Staube abgeschieden, so dass eine Explosionsgefahr gesenkt wird.

**[0026]** Auch ist es zweckmäßig, wenn die Partikel des Hauptkörpers rund, kartoffelförmig, eckig, polyederförmig, mit Abrisskante geschert, geschreddert, spanartig und/oder oval ausgebildet sind. Sie können also nahezu mit beliebiger Form ausgebildet sein, da die Kornform im Herstellungsprozess maßgeblich beeinflusst wird und die gewünschte Struktur erreicht

wird. Vorzugsweise werden besonders feine Korngrößen bis maximal 130 µm verwendet.

**[0027]** Weiterhin ist es von Vorteil, wenn die Oberfläche des Hauptkörpers plasmabehandelt, insbesondere niederdruckplasmabehandelt, ist. Dies hat den Vorteil, dass eine Hydrophilie und/oder Hydrophobie der Oberfläche des Filters eingestellt werden kann. Bei einer hydrophilen Ausbildung werden beispielsweise die Filtrationseigenschaften des Filters verbessert. Besonders bevorzugt ist es, wenn eine Seite des Filters hydrophil ausgebildet ist und/oder eine andere Seite, insbesondere eine gegenüberliegende Seite, hydrophob ausgebildet ist.

**[0028]** Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch ein Verfahren zum Herstellen eines Filters gelöst, wobei der Filter generativ durch selektives Lasersintern von Polyethylen-Partikeln hergestellt wird. Dabei gelten oben in Zusammenhang mit dem Filter beschriebene vorteilhafte Ausgestaltungen äquivalent für das erfindungsgemäße Verfahren.

**[0029]** So ist es bevorzugt, wenn der Filter durch Lasersintern hergestellt wird und anschließend einer Wärmebehandlung und/oder einer Oberflächenbehandlung und/oder einer Niederdruckplasmabehandlung und/oder einer Oberflächenreinigung unterzogen wird.

**[0030]** Erfindungsgemäß wird auch vorgeschlagen, zum Herstellen des Filters folgende Schritte umzusetzen: Bereitstellen (einer bestimmten Menge, beispielsweise gemessen am Volumen und/oder am Gewicht) eines vorzugsweise rieselfähigen PE-Pulvers; Erhitzen und Verpressen des PE-Pulvers unter Ausbildung zumindest eines Zwischenstücks; Mechanisches Zerkleinern des zumindest einen Zwischenstücks zu Granulat, beispielsweise mit vorbestimmter Korngröße und/oder Kornform; und Verbinden des Granulats zu dem Hauptkörper des Filters.

**[0031]** Durch die genannten Verfahrensschritte kann das PE-Granulat und dadurch der Hauptkörper des Filters überwiegend bzw. vollständig durch mechanische Bearbeitungsschritte bereitgestellt werden. Durch das Verpressen des PE-Pulvers in Zwischenstücke sowie das anschließende mechanische Zerkleinern können definierte sowie einheitliche Partikel als Granulat verwendet werden, so dass ein möglichst reproduzierbares Herstellungsverfahren bereitgestellt wird. Dadurch kann beispielsweise eine Mikroporosität des Filters gezielt eingestellt werden.

**[0032]** Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Flüssigkeitstransport, bei dem ein aus Polyethylen-Partikeln lasergesintertes Bauteil mit einer Flüssigkeit an einem ersten Bereich des Bauteils in Kontakt gebracht wird, um die Flüssigkeit an einen zweiten Bereich des Bauteils zu verbringen. Durch die gezielt

te Einstellbarkeit der Mikro- und/oder Makrostruktur des lasergesinterten Bauteils lässt sich der Kapillareffekt besonders geeignet nutzen, so dass der Flüssigkeitstransport je nach Anwendungsfall sogar bereichsweise beschleunigt und/oder verlangsamt werden kann.

**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 102007049658 A1 [0002]
- DE 102016110500 A1 [0011]

### Patentansprüche

1. Filter zum Reinigen von Fluiden, mit einem Hauptkörper aus Polyethylen-Partikeln, die mittels eines generativen Herstellungsverfahrens so miteinander verbunden sind, dass sich eine vordefinierte Makro- und Mikrostruktur einstellt.
2. Filter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das generative Herstellungsverfahren einen Lasereinsatz beinhaltet.
3. Filter nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hauptkörper als ein Lasersinter-Bauteil ausgebildet ist.
4. Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel des Hauptkörpers in Schichten verteilt sind, wobei die Partikel einer Schicht untereinander mittels eines Lasers miteinander verschmolzen/versintert werden und die Partikel aus unterschiedlichen Schichten mittels eines Lasers miteinander verschmolzen/versintert sind.
5. Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hauptkörper Bereiche besitzt, in denen die Porosität gezielt unterschiedlich eingestellt ist.
6. Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Polyethylen-Partikel und/oder der Hauptkörper des Filters mit einer Metall-Dotierung und/oder einer keramischen Dotierung versehen sind/ist.
7. Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel des Hauptkörpers rund, kartoffelförmig, eckig, polyederförmig, spanartig und/oder oval ausgebildet sind.
8. Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Oberfläche des Hauptkörpers plasmabehandelt ist.
9. Verfahren zum Herstellen eines Filters, wobei der Filter generativ durch selektives Lasersintern von Polyethylen-Partikeln hergestellt wird.
10. Verfahren zum Flüssigkeitstransport, bei dem ein aus Polyethylen-Partikeln lasergesintertes Bauteil mit einer Flüssigkeit an einem ersten Bereich des Bauteils in Kontakt gebracht wird, um die Flüssigkeit an einen zweiten Bereich des Bauteils zu verbringen.

Es folgen keine Zeichnungen