



(10) **DE 10 2014 004 121 A1** 2015.09.24

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 004 121.2**

(22) Anmeldetag: **24.03.2014**

(43) Offenlegungstag: **24.09.2015**

(51) Int Cl.: **F04D 29/44 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Heraeus Deutschland GmbH & Co. KG, 63450
Hanau, DE**

(74) Vertreter:

**Herzog Fiesser & Partner Patentanwälte PartG
mbB, 40210 Düsseldorf, DE**

(72) Erfinder:

**Schibli, Stefan, 60326 Frankfurt, DE; Gebert,
Jörg-Martin, Dr., 76185 Karlsruhe, DE; Hausch,
Ulrich, 60318 Frankfurt, DE; Keitel, Oliver, 63741
Aschaffenburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**DE 11 2011 102 354 T5
US 8 864 643 B2**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

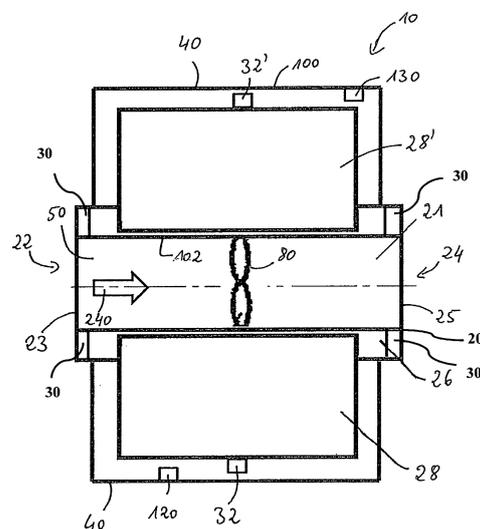
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Pumpengehäuse aus mindestens drei unterschiedlichen versinterbaren Materialien**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Pumpvorrichtung, beinhaltend i. einen Impeller; ii. ein Pumpengehäuse, beinhaltend eine Wand, die einen Innenbereich umgibt, mit einem Einlass und einem Auslass, wobei der Impeller im Innenbereich des Pumpengehäuses vorgesehen ist; wobei das Pumpengehäuse mindestens einen ersten Teilbereich, mindestens zwei weitere Teilbereiche und mindestens einen dritten Teilbereich beinhaltet; wobei der mindestens eine erste Teilbereich zu mindestens 60 Gew.-% bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten Teilbereiches, mindestens ein nicht-magnetisches Material beinhaltet, wobei die mindestens zwei weiteren Teilbereiche zu mindestens 25 Gew.-% bezogen auf das Gesamtgewicht der weiteren Teilbereiche mindestens ein ferromagnetisches Material Metall beinhaltet, wobei der mindestens eine dritte Teilbereich einen Metallgehalt in einem Bereich von 40 bis 90 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des dritten Teilbereiches, beinhaltet, wobei die Wand des Pumpengehäuses in mindestens einer Ebene (Q) senkrecht zur Längsausdehnung des Pumpengehäuses mindestens einen ersten Teilbereich und mindestens zwei weitere Teilbereiche aufweist, wobei der mindestens eine erste Teilbereich und mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche miteinander stoffschlüssig verbunden sind.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung eines Pumpengehäuses, beinhaltend die Schritte: a. Bereitstellen eines ersten Materials; b. Bereitstellen eines weiteren Materials; c. Bilden eines Pumpengehäusevorläufers, wobei ein erster Teilbereich des Pumpengehäuses aus dem ersten Material und wobei ein weiterer Teilbereich des Pumpengehäuses aus dem weiteren Material gebildet wird; und d. Behandeln des Pumpengehäusevorläufers bei einer Temperatur von mindestens 300°C. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Pumpengehäuse für eine Pumpvorrichtung erhältlich nach dem Verfahren sowie ein Gehäuse mit mindestens drei Teilbereichen. Außerdem betrifft die Erfindung

eine Pumpvorrichtung beinhaltend das zuvor erwähnte Gehäuse oder das zuvor erwähnte Pumpengehäuse.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Pumpvorrichtung, beinhaltend i. einen Impeller; ii. ein Pumpengehäuse, beinhaltend eine Wand, die einen Innenbereich umgibt, mit einem Einlass und einem Auslass, wobei der Impeller im Innenbereich des Pumpengehäuses vorgesehen ist; wobei das Pumpengehäuse mindestens einen ersten Teilbereich, mindestens zwei weitere Teilbereiche und mindestens einen dritten Teilbereich beinhaltet; wobei der mindestens eine erste Teilbereich zu mindestens 60 Gew.-% bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten Teilbereiches, mindestens ein nicht-magnetisches Material beinhaltet, wobei die mindestens zwei weiteren Teilbereiche jeweils zu mindestens 25 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des jeweiligen weiteren Teilbereiches mindestens ein ferromagnetisches Material beinhaltet, wobei der mindestens eine dritte Teilbereich einen Metallgehalt in einem Bereich von 40 bis 90 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des dritten Teilbereiches, beinhaltet, wobei die Wand des Pumpengehäuses in mindestens einer Ebene (Q) senkrecht zur Längsausdehnung des Pumpengehäuses mindestens einen ersten Teilbereich und mindestens zwei weitere Teilbereiche aufweist, wobei der mindestens eine erste Teilbereich und mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche miteinander stoffschlüssig verbunden sind.

[0002] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung eines Pumpengehäuses, beinhaltend die Schritte: a. Bereitstellen eines ersten Materials; b. Bereitstellen eines weiteren Materials; c. Bilden eines dritten Materials, d. Bilden eines Pumpengehäusevorläufers, wobei ein erster Teilbereich des Pumpengehäuses aus dem ersten Material und wobei mindestens zwei weiterer Teilbereiche des Pumpengehäuses aus dem weiteren Material gebildet werden; und e. Behandeln des Pumpengehäusevorläufers bei einer Temperatur von mindestens 300°C. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Pumpengehäuse für eine Pumpvorrichtung erhältlich nach dem Verfahren sowie ein Gehäuse mit mindestens drei Teilbereichen. Außerdem betrifft die Erfindung eine Pumpvorrichtung beinhaltend das zuvor erwähnte Gehäuse oder das zuvor erwähnte Pumpengehäuse.

[0003] Pumpvorrichtungen mit Rotoren oder Impellern sind bekannt. Manche Pumpvorrichtungen weisen als Förderstrecke für ein zu förderndes Fluid ein Pumpengehäuse in Form eines Rohres auf. Darin befindet sich oftmals ein Impeller, der zum Beispiel von einem außerhalb der Förderstrecke gelegenen Motor über eine Antriebswelle angetrieben wird. Das Pumpengehäuse ist über ein oder mehrere Halteelemente an der Pumpvorrichtung befestigt. Diese Art der Halterung kann verschiedene Nachteile beinhalten. Zum einen wird ein zusätzlicher Arbeitsschritt zum Anbringen der Halterung benötigt. Das erhöht die Herstell-

lungskosten und ist ressourcenineffizient. Weiterhin ist die Verbindung zwischen dem Pumpengehäuse und der Halterung herstellungsbedingt oder aufgrund der eingesetzten Verbindungsmittel, z. B. Schrauben oder Nieten, nicht ohne Spannung. Dies liegt daran, dass für die Halterungen und/oder Verbindungsmittel meist andere Materialien ausgewählt werden als für das Pumpengehäuse. Durch diese Spannungen verschlechtern sich die Verbindungen der Halterung mit dem Pumpengehäuse mit der Zeit. Darüber hinaus ist es vor allem für sehr kleine Pumpen äußerst wichtig platzsparend hergestellt zu werden. Dies gilt insbesondere für Pumpen, die in einen Körper implantiert werden sollen. Eine platzsparende Konstruktion ist für Pumpen mit einer Vielzahl von Einzelteilen schwerer realisierbar als bei einer Pumpe mit einer kleineren Anzahl von Einzelteilen.

[0004] Allgemein liegt eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, die sich aus dem Stand der Technik ergebenden Nachteile zumindest teilweise zu überwinden.

[0005] Eine weitere Aufgabe besteht darin, eine Pumpvorrichtung bereitzustellen deren Materialien möglichst biokompatibel, leicht verarbeitbar, korrosionsbeständig und dauerhaft miteinander verbindbar sind.

[0006] Eine weitere Aufgabe besteht darin, eine Pumpvorrichtung bereitzustellen, die möglichst platzsparend ausgestaltet ist.

[0007] Eine weitere Aufgabe besteht darin, eine Pumpvorrichtung bereitzustellen, die energiesparend betrieben werden kann.

[0008] Weiterhin besteht eine Aufgabe darin, eine möglichst spannungsfreie Pumpvorrichtung bereitzustellen, insbesondere mit einem möglichst spannungsfreien Gehäuse bzw. Pumpengehäuse, und insbesondere einen möglichst spannungsfreien Übergang vom Pumpengehäuse zum restlichen Teil der Pumpvorrichtung bereitzustellen.

[0009] Es besteht zudem eine Aufgabe darin, eine Pumpvorrichtung bereitzustellen, die einen möglichst geringen Abrieb der beweglichen Teile und deren Halterungen bei Benutzung aufweist.

[0010] Darüber hinaus besteht eine Aufgabe darin, ein Pumpengehäuse für eine Pumpvorrichtung bereitzustellen, die einfach und platzsparend in andere Bauteile, z. B. ein Bauteilgehäuse der Pumpvorrichtung integrierbar ist.

[0011] Darüber hinaus besteht eine Aufgabe darin, ein Pumpengehäuse für eine Pumpvorrichtung bereitzustellen, das hermetisch dicht mit einem Bau-

teilgehäuse der Pumpvorrichtung verbunden werden kann.

[0012] Weiterhin besteht eine Aufgabe darin, ein Gehäuse oder Pumpengehäuse bereitzustellen, das möglichst frei von inneren und/oder äußeren Spannungen ist.

[0013] Weiterhin besteht eine Aufgabe darin, ein Verfahren bereitzustellen, um ein Pumpengehäuse möglichst kosten- und zeitsparend herstellen zu können.

[0014] Es ist weiterhin eine Aufgabe, ein Bauteilgehäuse bereitzustellen, das möglichst platzsparend ausgestaltet ist.

[0015] Eine weitere Aufgabe ist ein Gehäuse bereitzustellen, das hermetisch dicht mit anderen Bauteilen verbunden werden kann.

[0016] Ein erster Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Pumpvorrichtung, beinhaltend:

- i. einen Impeller;
- ii. ein Pumpengehäuse, beinhaltend eine Wand, die einen Innenbereich umgibt, mit einem Einlass und einem Auslass, wobei der Impeller im Innenbereich des Pumpengehäuses vorgesehen ist; wobei das Pumpengehäuse mindestens einen ersten Teilbereich, mindestens zwei weitere Teilbereiche und mindestens einen dritten Teilbereich beinhaltet; wobei der mindestens eine erste Teilbereich zu mindestens 60 Gew.-%, bevorzugt zu mindestens 70 Gew.-%, oder bevorzugt zu mindestens 80 Gew.-% bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten Teilbereiches, mindestens ein nicht-magnetisches Material beinhaltet, wobei die mindestens zwei weiteren Teilbereiche jeweils zu mindestens 25 Gew.-%, bevorzugt zu mindestens 40 Gew.-%, oder bevorzugt zu mindestens 60 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des jeweiligen weiteren Teilbereiches, mindestens ein ferromagnetisches Material beinhalten, wobei der mindestens eine dritte Teilbereich einen Metallgehalt in einem Bereich von 40 bis 90 Gew.-%, bevorzugt in einem Bereich von 50 bis 85 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 60 bis 80 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des dritten Teilbereiches, beinhaltet, wobei die Wand des Pumpengehäuses in mindestens einer Ebene (Q) senkrecht zur Längsausdehnung des Pumpengehäuses mindestens einen ersten Teilbereich und mindestens zwei weitere Teilbereiche aufweist,

wobei der mindestens eine erste Teilbereich und mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche miteinander stoffschlüssig verbunden sind.

[0017] Die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung ist bevorzugt dazu geeignet in den Körper eines Menschen oder eines Tieres eingebracht zu werden. Die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung ist ferner bevorzugt dazu ausgelegt, Körperflüssigkeiten wie Blut, Serum, Plasma, interstitielle Flüssigkeit, Speichel oder Urin zu fördern. Insbesondere ist es bevorzugt, die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung zum Fördern von Blut in den Blutkreislauf eines Menschen oder Tieres einzubringen. Das Einbringen der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung kann beispielsweise ein Implantieren in den Körper, ein Aufsetzen auf den Körper oder ein Verbinden mit dem Körper beinhalten.

[0018] Das Pumpengehäuse der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung kann jede Form aufweisen, die der Fachmann für den Einsatz in einer Pumpvorrichtung auswählen würde. Das Pumpengehäuse weist bevorzugt mindestens eine Wand des Pumpengehäuses, im Folgenden auch als Pumpengehäusewand bezeichnet, auf. Die mindestens eine Wand des Pumpengehäuses umgibt den Innenbereich des Pumpengehäuses. Das Pumpengehäuse weist mindestens zwei Enden auf, wobei mindestens ein Einlass an dem einen Ende und mindestens ein Auslass an dem anderen Ende angeordnet sind. Der Innenbereich des Pumpengehäuses ist, außer an dem Einlass und Auslass des Pumpengehäuses, von der Wand vollständig umgeben.

[0019] Die dem Innenbereich abgewandte Seite des Pumpengehäuses wird als Außenseite des Pumpengehäuses bezeichnet. Das Pumpengehäuse weist bevorzugt eine längliche Form auf. Das Pumpengehäuse wird in seiner Form durch eine Längsausdehnung und mindestens einen Querschnitt definiert. Ein Querschnitt des Pumpengehäuses wird immer in einer Ebene bestimmt, die senkrecht zu der Pumpengehäusewand steht. Ist die Pumpengehäusewand in der Längsausdehnung gekrümmt, so wird ein Querschnitt senkrecht zur Tangente an einem Punkt auf der Pumpengehäusewand ermittelt. Als Längsausdehnung wird die Ausdehnung des Pumpengehäuses in Pumpenrichtung angesehen. Es gilt stets die kürzeste, gedachte Verbindung von Einlass und Auslass innerhalb des Pumpengehäuses. Die Pumpengehäusewand, auch als Wand bezeichnet, erstreckt sich in Richtung der Längsausdehnung des Pumpengehäuses. Die mindestens eine Wand kann eine oder mehrere Wandflächen aufweisen. Weist das Pumpengehäuse mehr als eine Wandfläche auf, sind diese über Ecken, an denen die Wandflächen zusammenlaufen, miteinander verbunden. Die Wand, sowie bevorzugt auch die Wandflächen, des Pumpengehäuses ver-

laufen bevorzugt parallel zur Längsausdehnung des Pumpengehäuses.

[0020] Ist das Pumpengehäuse röhrenförmig ausgestaltet, befinden sich der Einlass an dem ersten Ende und der Auslass an dem gegenüberliegenden Ende des Pumpengehäuses. An den Enden des Pumpengehäuses endet bevorzugt mindestens ein Teil der Pumpengehäusewand. Der Teil des Pumpengehäuses, der über den Innenbereich in die Umgebung hinaus ragt, wird auch als Pumpengehäusezunge bezeichnet. In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung weist das Pumpengehäuse an dem ersten Ende, dem Einlass, eine erste Öffnung zu dem Innenbereich und an dem weiteren Ende, dem Auslass, eine weitere Öffnung zu dem Innenbereich auf. Über Einlass und Auslass ist das Pumpengehäuse mit seiner Umgebung fluidleitend verbunden. Die Öffnungen an den Enden des Pumpengehäuses ermöglichen ein Durchfließen eines Fluids durch den Innenbereich des Pumpengehäuses. Das Fluid ist beispielsweise ein Gas, eine Flüssigkeit, wie Blut, oder einer Mischung hieraus. Bevorzugt dient die erste Öffnung als Zuleitung des zu fördernden Fluids in den Innenbereich des Pumpengehäuses und die weitere Öffnung als Ableitung des zu fördernden Fluids. Das Pumpengehäuse kann weitere Öffnungen aufweisen, beispielsweise in der Wand des Pumpengehäuses. Diese weiteren Öffnungen können zum zusätzlichen Zuleiten von Fluid oder auf der anderen Seite zum verzweigten Ableiten von Fluid dienen. Wird die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung in einen Körper implantiert, um beispielsweise den Blutkreislauf zu unterstützen und damit das Herz zu entlasten, so wird die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung über Leitungen an Blutgefäße des Körpers angeschlossen.

[0021] Das Pumpengehäuse beinhaltet mindestens einen ersten Teilbereich, mindestens zwei weitere Teilbereiche sowie mindestens einen dritten Teilbereich. Der erste, die weiteren sowie der dritte Teilbereich unterscheiden sich untereinander bevorzugt durch ihre Zusammensetzung. Weiterhin bevorzugt unterscheiden sich der mindestens eine erste, die weiteren sowie der mindestens eine dritte Teilbereich in ihrer Form.

[0022] Der mindestens eine erste Teilbereich weist bevorzugt mindestens eine, besonders bevorzugt alle der folgenden Eigenschaften auf:

- möglichst hohe thermische Beständigkeit;
- möglichst hohe Druckbeständigkeit;
- möglichst hohe Härte;
- möglichst hohe Beständigkeit gegen Säuren und Basen;
- möglichst geringe Rauigkeit;
- möglichst spannungsfreie Verbindbarkeit mit einem Metall-Keramik-Gemisch (Cermet);

- möglichst gute Versinterbarkeit mit einem Metall oder einem Metall-Keramik-Gemisch (Cermet);
- möglichst geringe elektrische Leitfähigkeit;
- möglichst geringe magnetische Permeabilität.

[0023] Die mindestens zwei weiteren Teilbereiche weisen bevorzugt mindestens eine, bevorzugt mehrere, besonders bevorzugt alle der folgenden Eigenschaften auf:

- möglichst hohe thermische Beständigkeit;
- möglichst hohe Druckbeständigkeit;
- möglichst hohe Härte;
- möglichst hohe Beständigkeit gegen Säuren und Basen;
- möglichst geringe Rauigkeit;
- möglichst gute Versinterbarkeit mit einem keramischen Material oder einem Metall-Keramik-Gemisch (Cermet);
- möglichst hohe elektrische Leitfähigkeit;
- möglichst hohe magnetische Permeabilität.

[0024] Der mindestens eine dritte Teilbereich weist bevorzugt mindestens eine, bevorzugt mehrere, besonders bevorzugt alle der folgenden Eigenschaften auf

- möglichst hohe thermische Beständigkeit;
- möglichst hohe Druckbeständigkeit;
- möglichst hohe Härte;
- möglichst hohe Beständigkeit gegen Säuren und Basen;
- möglichst geringe Rauigkeit;
- möglichst spannungsfreie Verbindbarkeit mit einem Metall-Keramik-Gemisch (Cermet);
- möglichst gute Versinterbarkeit mit einer Keramik oder einem Metall-Keramik-Gemisch (Cermet);
- möglichst gute Verbindbarkeit mit einem Metall;
- möglichst gute Verschweißbarkeit mit einem Metall;
- möglichst geringe magnetische Permeabilität.

[0025] Werden der mindestens eine erste, die weiteren sowie der mindestens eine dritte Teilbereich bei der Herstellung des Pumpengehäuses zusammengebracht, so wird ein Pumpengehäuse erhalten, das die für den mindestens einen ersten Teilbereich, die mindestens zwei weiteren Teilbereiche sowie den mindestens einen dritten Teilbereich eine oder mehrere der aufgelisteten Eigenschaften vereinigt. Bevorzugt ist mindestens ein Teil des mindestens einen ersten Teilbereiches mit mindestens einem Teil der weiteren Teilbereiche verbunden. Weiterhin bevorzugt ist mindestens ein Teil des mindestens einen ersten Teilbereiches mit mindestens einem Teil des mindestens einen dritten Teilbereichs verbunden. Die Verbindung kann eine unmittelbare Verbindung der jeweiligen Teilbereiche sein oder eine mittelbare. Der mindestens eine erste Teilbereich und mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche sind stoffschlüssig miteinander verbunden.

Bevorzugt sind der mindestens eine erste und der mindestens eine dritte Teilbereich stoffschlüssig miteinander verbunden. Erfindungsgemäß sind der mindestens eine erste Teilbereiche und mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche miteinander stoffschlüssig verbunden.

[0026] Eine stoffschlüssige Verbindung liegt vor, wenn die stofflichen Eigenschaften des einen Teilbereiches, beispielsweise des ersten Teilbereiches, fließend in die stofflichen Eigenschaften eines anderen Teilbereiches, beispielsweise des weiteren Teilbereiches bzw. des dritten Teilbereiches, übergehen. Es liegt keine scharfe Grenze zwischen den beiden angrenzenden Teilbereichen vor. Vielmehr besteht ein Übergangsbereich in dem sich die Eigenschaften der beiden angrenzenden Teilbereiche mischen. Dieser Übergangsbereich wird bei einer mittelbaren Verbindung auch als Mischteilbereich bezeichnet. In diesem Mischteilbereich liegen sowohl die Materialien des einen, beispielsweise des ersten Teilbereiches als auch mindestens zum Teil die Materialien des zweiten, beispielsweise des weiteren Teilbereiches oder des dritten Teilbereiches nebeneinander vor. Der Mischteilbereich bildet bevorzugt eine Vermischung der Materialien und damit meist auch der Eigenschaften der beiden gemischten Teilbereiche. Bevorzugt gehen die Materialien der beiden Teilbereiche Verbindungen auf atomarer oder molekularer Ebene ein. Es wirken Kräfte auf atomarer oder molekularer Ebene der Materialien der ersten und weiteren oder dritten Teilbereiche. Eine solche stoffschlüssige Verbindung kann in der Regel nur durch Zerstörung des Pumpengehäuses gelöst werden. Meist werden stoffschlüssige Verbindungen durch Sintern oder durch Verkleben von Materialien erreicht. Bevorzugt wird die stoffschlüssige Verbindung durch Sintern erreicht.

[0027] Der mindestens eine erste Teilbereich beinhaltet zu mindestens 60 Gew.-%, bevorzugt zu mindestens 70 Gew.-%, oder bevorzugt zu mindestens 90 Gew.-%, oder bevorzugt zu 100 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten Teilbereiches ein nicht-magnetisches Material. Dies ist bevorzugt eine nicht-magnetische Keramik oder ein nicht-magnetisches Metall. Unter einem nicht-magnetischen Material wird ein Material verstanden, das eine magnetische Permeabilität von weniger als 2μ aufweist. Ein solches Material weist regelmäßig keine ferromagnetischen Eigenschaften auf. Unter einem ferromagnetischen Material wird ein Material verstanden, das eine magnetische Permeabilität von mehr als 2μ aufweist.

[0028] Bevorzugt beinhaltet der mindestens eine erste Teilbereich die nicht-magnetische Keramik in einem Bereich von 60 bis 100 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 70 bis 100 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 80 bis 100 Gew.-%,

bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten Teilbereiches. Weiterhin bevorzugt beinhaltet der mindestens eine erste Teilbereich die nicht-magnetische Keramik zu 100 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten Teilbereiches.

[0029] Die nicht-magnetische Keramik kann jede Keramik sein, die der Fachmann für die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung auswählen würde. Die Keramik ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einer Oxidkeramik, einer Silikatkeramik, einer Nichtoxid-Keramik oder einer Mischung aus mindestens zwei davon.

[0030] Die Oxidkeramik ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem Metalloxid, einem Halbmetalloxid oder einer Mischung davon. Das Metall des Metalloxids kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus Aluminium, Beryllium, Barium, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Eisen, Zirkonium, Titan oder einer Mischung von mindestens zwei davon. Das Metalloxid ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Aluminiumoxid (Al_2O_3), Magnesiumoxid (MgO), Zirkoniumoxid (ZrO_2), Yttriumoxid (Y_2O_3), Aluminiumtitanat (Al_2TiO_5), einer Piezokeramik wie Blei-Zirconat (PbZrO_3), Blei-Titanat (PbTiO_3) sowie Blei-Zirconat-Titanat (PZT) oder einer Mischung von mindestens zwei hiervon. Das Halbmetall des Halbmetalloxids ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Bor, Silicium, Arsen, Tellur oder einer Mischung von mindestens zwei davon.

[0031] Die Silikatkeramik ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem Steatit ($\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$), Cordierit ($\text{Mg, Fe}^{2+})_2(\text{Al}_2\text{Si})[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{18}]$), Mullit ($\text{Al}_2\text{Al}_{2+2x}\text{Si}_{2-2x}\text{O}_{10-x}$ mit $x = \text{Sauerstoffleerstellen pro Elementarzelle}$), Feldspat ($\text{Ba, Ca, Na, K, NH}_4)(\text{Al, B, Si})_4\text{O}_8$) oder einer Mischung aus mindestens zwei davon.

[0032] Die Nichtoxid-Keramik ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem Carbid, einem Nitrid oder einer Mischung daraus. Das Carbid ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Siliciumcarbid (SiC), Borcarbid (B_4C), Titancarbid (TiC), Wolframcarbid, Zementit (Fe_3C). Das Nitrid ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Siliciumnitrid (Si_3N_4), Aluminiumnitrid (AlN), Titanitrid (TiN), Siliciumaluminiumoxinitrid (SIALON) oder einer Mischung aus mindestens zwei davon.

[0033] Die mindestens zwei weiteren Teilbereiche beinhalten zu mindestens 25 Gew.-%, bevorzugt zu mindestens 30 Gew.-%, bevorzugt zu mindestens 40 Gew.-%, oder bevorzugt zu mindestens 60 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der weiteren Teilbereiche, mindestens ein ferromagnetisches Material. Das ferromagnetische Material ist bevorzugt gleich-

mäßig in mindestens einem Teil der mindestens zwei weiteren Teilbereiche verteilt.

[0034] Alternativ oder zusätzlich kann mindestens ein weiterer Teilbereich der mindestens zwei weiteren Teilbereiche mindestens einen ersten Unterbereich und mindestens einen zweiten Unterbereich aufweisen. Der mindestens eine erste Unterbereich und der mindestens eine zweite Unterbereich beinhalten bevorzugt das ferromagnetische Material in unterschiedlichen Mengen. Bevorzugt wechseln sich mehrere erste und zweite Unterbereiche ab. Die ersten Unterbereiche beinhalten einen geringeren Gehalt an ferromagnetischem Material als die zweiten Unterbereiche. Bevorzugt sind die ersten und zweiten Unterbereiche mit unterschiedlichem Gehalt an ferromagnetischem Material in Form von Schichten in mindestens einem der mindestens zwei weiteren Teilbereiche angeordnet. Bevorzugt wechseln sich innerhalb des mindestens einen weiteren Teilbereichs mindestens zwei Unterbereiche, oder bevorzugt mindestens drei oder mehr Unterbereiche, oder bevorzugt mindestens fünf oder mehr Unterbereiche unterschiedlichen Gehalts an ferromagnetischem Material ab. Weiterhin bevorzugt wechseln sich erste und zweite Unterbereiche schichtförmig ab. Bevorzugt beinhaltet mindestens einer der mindestens zwei Teilbereiche den mindestens einen ersten Unterbereich in einer Anzahl in einem Bereich von 5 bis 100, oder bevorzugt in einem Bereich von 10 bis 80, oder bevorzugt in einem Bereich von 15 bis 60. Weiterhin bevorzugt beinhaltet mindestens einer der mindestens zwei Teilbereiche den mindestens einen zweiten Unterbereich in einer Anzahl in einem Bereich von 5 bis 100, oder bevorzugt in einem Bereich von 10 bis 80, oder bevorzugt in einem Bereich von 15 bis 60. Der mindestens eine erste Unterbereich, der mehr des ferromagnetischen Materials beinhaltet als der mindestens eine zweite Unterbereich, beinhaltet das ferromagnetische Material bevorzugt zu mindestens 50 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 60 bis 100 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 70 bis 95 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 75 bis 90 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten Unterbereiches. Der mindestens eine zweite Unterbereich, mit geringerem ferromagnetischem Material, beinhaltet das ferromagnetische Material bevorzugt in einem Bereich von 0 bis 40 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 0 bis 30 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 0 bis 20 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des zweiten Unterbereichs. Weiter bevorzugt beträgt der Widerstand zwischen zwei benachbarten ersten Unterbereichen, gebildet durch einen dazwischen liegenden zweiten Unterbereich, mehr als 1000 Ohm, oder bevorzugt mehr als 10000 Ohm, oder bevorzugt mehr als 100000 Ohm. Der Widerstand zwischen zwei benachbarten ersten Unterbereichen kann als Durchgangswiderstand bestimmt werden. Hierbei stehen die beiden kontaktierten ers-

ten Unterbereiche nicht in direktem Kontakt miteinander. Sie sind von einem zweiten Unterbereich getrennt.

[0035] Weiterhin beinhalten die mehr und weniger ferromagnetisches Material beinhaltenden Unterbereiche bevorzugt weiterhin ein keramisches Material. Als keramisches Material eignet sich dasselbe, wie für den ersten Teilbereich beschrieben. Die mindestens 25 Gew.-% an ferromagnetischem Material der mindestens zwei weiteren Teilbereiche ermitteln sich jeweils für jeden weiteren Teilbereich durch Mittelung des Gehaltes der ersten Unterbereiche und des Gehaltes der zweiten Unterbereiche an ferromagnetischem Material. Die mindestens zwei weiteren Teilbereiche beinhalten im Mittel das ferromagnetische Material in einem Bereich von 25 bis 100 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 40 bis 95 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 60 bis 90 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des jeweiligen weiteren Teilbereiches. Der zweite Unterbereich steht in einer bevorzugten Ausgestaltung der Pumpvorrichtung mit dem ersten Unterbereich in direktem Kontakt. Bevorzugt steht der zweite Unterbereich mit mindestens 20% der Oberfläche, bevorzugt mit mindestens 40%, oder bevorzugt mit mindestens 60% des jeweiligen Unterbereiches mit einem ersten Unterbereich in Kontakt.

[0036] Weiterhin bevorzugt sind der mindestens eine erste Unterbereich und der mindestens eine zweite Unterbereich in Form von Schichten ausgestaltet. Die Dicke der Schichten liegt bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 1000 µm, oder bevorzugt in einem Bereich von 10 bis 500 µm, oder bevorzugt in einem Bereich von 50 bis 250 µm. Der mindestens eine erste Unterbereich und der mindestens eine zweite Unterbereich weist bevorzugt zwei parallel zu einander verlaufende Oberflächen auf. Bevorzugt steht mindestens eine der Oberflächen des ersten Unterbereiches mit mindestens einer Oberfläche des zweiten Unterbereiches in Kontakt. Diese Oberfläche wird auch als Kontaktfläche bezeichnet. Bevorzugt steht der zweite Unterbereich mit mindestens 50%, bevorzugt mit mindestens 60%, oder bevorzugt mit mindestens 70% der jeweiligen Kontaktfläche des jeweiligen Unterbereiches mit einem ersten Unterbereich in Kontakt.

[0037] Der mindestens eine dritte Teilbereich beinhaltet einen Metallgehalt in einem Bereich von 40 bis 90 Gew.-%, bevorzugt in einem Bereich von 45 bis 85 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 50 bis 80 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des dritten Teilbereiches.

[0038] Der mindestens eine erste Teilbereich, die mindestens zwei weiteren Teilbereiche sowie der mindestens eine dritte Teilbereich können auf unterschiedliche Weise innerhalb des Pumpengehäu-

ses angeordnet sein. Bevorzugt besteht zwischen dem mindestens einen dritten Teilbereich und den mindestens zwei weiteren Teilbereichen kein direkter Kontakt. Bevorzugt sind der mindestens eine dritte Teilbereich und die mindestens zwei weiteren Teilbereiche durch mindestens einen ersten Teilbereich voneinander getrennt. Weiterhin bevorzugt ist jeweils ein dritter Teilbereich an dem Einlass und dem Auslass des Pumpengehäuses der Pumpvorrichtung angeordnet.

[0039] Bevorzugt weist das Gehäuse die Form eines Rohres mit gerade verlaufender Innenwand auf. An der Außenwand des Gehäuses können Ausstülpungen herausragen, die entweder aus mindestens einem der mindestens einen ersten Teilbereiche gebildet wird oder aus mindestens einem der mindestens zwei weiteren Teilbereiche oder aus einer Kombination aus beiden Arten von Teilbereichen. Beispiele für die Anordnung der verschiedenen Teilbereiche im Querschnitt inklusive der Ausstülpungen sind in **Fig. 3a**, **Fig. 3b**, **Fig. 3c**, **Fig. 4a** und **Fig. 4b** gezeigt.

[0040] Jeder Übergang von einem Teilbereich zu einem anderen Teilbereich kann entlang einer geraden oder gebogenen Linie erfolgen. Alternativ oder zusätzlich kann der Übergang von einem Teilbereich zu einem anderen Teilbereich unregelmäßig, beispielsweise in Form einer oder mehrerer Stufen oder einer Zickzacklinie erfolgen.

[0041] Bevorzugt weist mindestens eine Oberfläche des mindestens einen ersten Teilbereichs zum Innenbereich des Pumpengehäuses hin. Weiterhin weist mindestens eine Oberfläche des mindestens einen dritten Teilbereichs zum Innenbereich des Pumpengehäuses hin. Der mindestens eine erste Teilbereich, die mindestens zwei weiteren Teilbereiche oder der mindestens eine dritte Teilbereich können jeweils die gesamte Wandstärke in einem Querschnitt in der Ebene des Pumpengehäuses an mindestens einer Position entlang der Längsausdehnung des Pumpengehäuses bilden. Alternativ kann ein Teil der Wandstärke den ersten Teilbereich beinhalten und der andere Teil dieser Wandstärke mindestens einen weiteren Teilbereich oder mindestens einen dritten Teilbereich beinhalten. Bevorzugt sind der mindestens eine erste Teilbereich und die mindestens zwei weiteren Teilbereiche sowie der mindestens eine dritte Teilbereich als Abschnitte senkrecht oder parallel zur Längsausdehnung des Pumpengehäuses ausgestaltet.

[0042] In einer bevorzugten Ausgestaltung des Pumpengehäuses der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung umgibt der mindestens eine erste Teilbereich mindestens einen der mindestens zwei weiteren Teilbereiche vollständig. Bevorzugt umgibt der mindestens eine erste Teilbereich alle der mindestens zwei weiteren Teilbereiche vollständig. In einer be-

vorzugten Ausgestaltung des Pumpengehäuses der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung weist mindestens eine Oberfläche des ersten Teilbereichs zur Außenseite des Pumpengehäuses.

[0043] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des Pumpengehäuses der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung weist mindestens eine Oberfläche des mindestens einen ersten Teilbereichs und mindestens eine Oberfläche mindestens eines der weiteren Teilbereiche zur Außenseite des Pumpengehäuses.

[0044] Weiterhin bevorzugt weist mindestens eine Oberfläche des mindestens einen dritten Teilbereichs zur Innenseite des Pumpengehäuses. Bevorzugt weist mindestens eine Oberfläche des mindestens einen dritten Teilbereichs zur Außenseite des Pumpengehäuses.

[0045] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des Pumpengehäuses der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung weisen mindestens die mindestens zwei weiteren Teilbereiche in Form von Ausstülpungen in verschiedene Raumrichtungen von dem bevorzugt zylindrischen Grundkörper des Pumpengehäuses weg. Weiterhin bevorzugt sind die Ausstülpungen sternförmig um den Grundkörper des Pumpengehäuses angeordnet.

[0046] Die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung beinhaltet zudem einen Rotor in Form des Impellers. Der Impeller kann jede Form aufweisen, die der Fachmann hierfür auswählen würde.

[0047] Der Impeller weist bevorzugt einen Durchmesser in einem Bereich von 1 mm bis 10 cm, bevorzugt in einem Bereich von 3 mm bis 5 cm, oder bevorzugt in einem Bereich von 5 mm bis 3 cm auf. Der Impeller weist bevorzugt eine Dicke in einem Bereich von 0,1 bis 50 mm, bevorzugt in einem Bereich von 0,5 bis 20 mm, oder bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 15 mm auf. Der Durchmesser des Impellers ist bevorzugt kleiner als der Durchmesser des Pumpengehäuses in der Ebene des Impellers. Der Durchmesser des Impellers ist bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 10%, oder bevorzugt in einem Bereich von 1,5 bis 8%, oder bevorzugt in einem Bereich von 2 bis 7%, bezogen auf den Durchmesser des Pumpengehäuses in der Ebene des Impellers, kleiner als der Durchmesser des Pumpengehäuses.

[0048] Der Impeller weist bevorzugt mindestens zwei Rotorblätter auf, bevorzugt mindestens drei Rotorblätter, oder bevorzugt mindestens fünf Rotorblätter. Besonders bevorzugt weist der Impeller eine Anzahl von Rotorblättern in einem Bereich von 2 bis 20, bevorzugt in einem Bereich von 5 bis 15, oder bevorzugt in einem Bereich von 8 bis 13 auf. Der Impeller weist bevorzugt eine zentrale Drehachse auf,

um die der Impeller gedreht werden kann. Die Drehachse wird auch als Rotationsachse bezeichnet. Die mindestens zwei Rotorblätter sind bevorzugt symmetrisch um die Drehachse des Impellers angeordnet. Der Impeller ist bevorzugt im Innerbereich des Pumpengehäuses angeordnet, wobei die Rotationsachse des Impellers parallel zur Längsausdehnung der Wand des Rohres vorgesehen ist.

[0049] Der Impeller kann aus jedem Material hergestellt sein, das der Fachmann für einen Einsatz in der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung auswählen würde.

[0050] Der Impeller beinhaltet mindestens ein Element, wobei das Element hartmagnetische Eigenschaften aufweist. Eine hartmagnetische Eigenschaft bedeutet, dass ein Material eine dauerhafte Magnetisierung nach Aussetzen dieses Materials in einem Magnetfeld erhält. Nach Abfall des Magnetfeldes besteht die Magnetisierung des hartmagnetischen Materials weiter. Materialien mit hartmagnetischen Eigenschaften können als Dauermagnete eingesetzt werden. Das mindestens eine Element ist bevorzugt so an dem Impeller angeordnet, dass der Impeller bewegt wird, wenn das mindestens eine Element alternierend von zwei voneinander unabhängigen elektrischen bzw. magnetischen Feldern angezogen oder abgestoßen wird. Der Impeller beinhaltet bevorzugt mindestens zwei Elemente mit hartmagnetischen Eigenschaften. Weiterhin kann durch mindestens ein optionales Element der Impeller in seiner radialen aber auch axialen Ausrichtung gesteuert werden. Bevorzugt werden die Elemente mit hartmagnetischen Eigenschaften dazu genutzt, den Impeller ohne weitere Hilfsmittel, wie Lagerungen oder sonstige Fixierungen in dem Pumpengehäuse möglichst kontaktlos im Pumpengehäuse zu lagern. Dies ermöglicht einen besonders reibungsarmen und besonders verschleißarmen Betrieb.

[0051] Das mindestens eine Element kann beispielsweise durch mindestens ein Rotorblatt verwirklicht werden, das ein hartmagnetisches Material beinhaltet. Alternativ kann an mindestens einem Rotorblatt ein hartmagnetisches Element angeordnet sein. Bevorzugt ist das hartmagnetische Element im Kern des Impellers vorgesehen. Das mindestens eine hartmagnetische Element beinhaltet bevorzugt mindestens ein magnetisierbares Material, z. B. ein Material ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Eisen, Kobalt, Nickel, Chromdioxid oder eine Mischung von mindestens zwei hiervon. Das mindestens eine Element kann beispielsweise in Form einer Beschichtung aus hartmagnetischem Material auf mindestens einem Rotorblatt oder im Innern des Impellers angeordnet sein. Bevorzugt beinhalten mindestens 50%, oder bevorzugt mindestens 70%, oder bevorzugt 100% der Rotorblätter ein hartmagnetisches Material. Bevorzugt beinhaltet das Element zu min-

destens 10 Gew.-%, oder bevorzugt zu mindestens 20 Gew.-%, oder bevorzugt zu mindestens 30 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Elementes ein hartmagnetisches Metall. Weiterhin bevorzugt beinhaltet das Element eine Kobalt-Chrom-Legierung oder eine Platin-Kobalt-Legierung, insbesondere eine Platin-Kobalt-Legierung (PtCo₂₃) mit einem Anteil an Kobalt von 23 Gew.-% bezogen auf das Gesamtgewicht der Legierung. in einem Bereich von 10 bis 100 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 20 bis 100 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 30 bis 100 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Elementes.

[0052] Weiterhin bevorzugt kann der Impeller an seiner Außenseite, insbesondere an der Außenfläche der Rotorblätter, mit einem biokompatiblen Material beschichtet sein. Geeignete biokompatible Materialien werden weiter im Folgenden beschrieben.

[0053] Der Impeller ist bevorzugt in dem Innenbereich des Pumpengehäuses angeordnet, das bevorzugt von dem ersten Teilbereich umgeben ist. Der Impeller ist bevorzugt mit seiner Rotationsachse parallel zur Längsausdehnung der Wand angeordnet. Weiterhin kann der Impeller durch ein Magnetfeld in dem Pumpengehäuse ausgerichtet werden.

[0054] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung beinhaltet der mindestens eine dritte Teilbereich zu mindestens 60 Gew.-%, bevorzugt zu mindestens 70 Gew.-%, oder bevorzugt zu mindestens 80 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des dritten Teilbereiches, mindestens ein nicht-magnetisches Material. Bevorzugt beinhaltet das nicht-magnetische Material ein nicht-magnetisches Metall.

[0055] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung ist das nicht-magnetische Metall des dritten Teilbereiches ausgewählt aus der Gruppe bestehend Platin (Pt), Palladium (Pd), Edelstahl (AISI 304, AISI 316 L) Iridium (Ir), Niob (Nb), Molybdän (Mo), Wolfram (W), Titan (Ti), Chrom (Cr), Tantal (Ta) und Zirkonium (Zr) oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon. Bevorzugt ist das Metall ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Titan, Niob, Molybdän, Kobalt, Chrom, Tantal und deren Legierungen oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon.

[0056] Weiterhin kann der mindestens eine dritte Teilbereich weitere Materialien aufweisen. Das weitere Material kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus einer Keramik, einem Cermet oder einer Mischung hiervon.

[0057] Die Keramik des dritten Teilbereiches kann jede Keramik sein, die der Fachmann für eine Pumpvorrichtung auswählen würde. Die Keramik ist be-

vorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einer Oxidkeramik, einer Silikatkeramik, einer Nixtoxid-Keramik oder einer Mischung aus mindestens zwei davon. Die Keramik des mindestens einen dritten Teilbereiches kann aus der gleichen Gruppe ausgewählt sein wie die für den ersten Teilbereich aufgeführten Keramiken. Bevorzugt weist der mindestens eine dritte Teilbereich die gleiche Keramik auf wie der mindestens eine erste Teilbereich. Der mindestens eine dritte Teilbereich beinhaltet die Keramik bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 60 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 5 bis 55 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 10 bis 45 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des dritten Teilbereiches. Die Summe aller Bestandteile des mindestens einen dritten Teilbereiches ergibt stets 100 Gew.-%.

[0058] Eine Auswahl für die keramischen Bestandteile und die metallischen Bestandteile des Cermets können sich aus denen zusammensetzen, die für den mindestens einen ersten oder den mindestens zwei weiteren Teilbereiche angegeben werden.

[0059] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Pumpvorrichtung beinhaltet der mindestens eine dritte Teilbereich mindestens 5 Gew.-%, bevorzugt mindestens 7 Gew.-%, oder bevorzugt mindestens 10 Gew.-%, mehr Metallgehalt als der mindestens eine erste Teilbereich, bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten Teilbereichs.

[0060] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Pumpvorrichtung beinhaltet das Pumpengehäuse mindestens 10 Gew.-%, bevorzugt mindestens 15 Gew.-%, oder bevorzugt mindestens 20 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Pumpengehäuses, mehr an dem mindestens einen ersten Teilbereich als an dem mindestens einen dritten Teilbereich.

[0061] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Pumpvorrichtung beinhaltet das Pumpengehäuse einen ersten Teilbereich, mindestens zwei weitere Teilbereiche und zwei dritte Teilbereiche. Die zwei dritten Teilbereiche erstrecken sich bevorzugt über die gesamte Dicke der Pumpengehäusewand. Bevorzugt sind die beiden dritten Teilbereiche an dem Einlass und dem Auslass angeordnet.

[0062] Der mindestens eine erste Teilbereich weist bevorzugt eine Breite, bezogen auf die Längsausdehnung des Pumpengehäuses, in einem Bereich von 1 bis 100 mm, bevorzugt in einem Bereich von 2 bis 70 mm, oder bevorzugt in einem Bereich von 3 bis 50 mm auf. Der mindestens eine dritte Teilbereich weist bevorzugt eine Breite, bezogen auf die Längsausdehnung des Pumpengehäuses, in einem Bereich von 0, 25 bis 80 mm, bevorzugt in einem Bereich von 0,5 bis

60 mm, oder bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 40 mm auf.

[0063] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung beinhaltet das Pumpengehäuse mindestens ein Rohr. Bevorzugt ist das Rohr gerade. Alternativ kann das Rohr mindestens eine Biegung aufweisen. Das Rohr ist bevorzugt bis auf den Einlass sowie den Auslass geschlossen. Das bedeutet, dass das Rohr außer den beiden Öffnungen am Einlass und Auslass bevorzugt keine weiteren Öffnungen aufweist. Die Dimensionen, Materialien und Ausgestaltungen entsprechen bevorzugt ansonsten denen des zuvor beschriebenen Pumpengehäuses.

[0064] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung ist mindestens ein dritter Teilbereich an dem Einlass oder dem Auslass vorgesehen. Weiterhin bevorzugt ist je ein dritter Teilbereich an dem Einlass und dem Auslass vorgesehen. Weiterhin bevorzugt beinhaltet das Pumpengehäuse an seinen beiden Enden jeweils einen gleich großen dritten Teilbereich. Diese stehen bevorzugt über mindestens einen ersten Teilbereich miteinander in Verbindung. Bevorzugt weisen die beiden dritten Teilbereiche eine Breite in einem Bereich von 1 bis 10 mm, oder bevorzugt in einem Bereich von 2 bis 8 mm, oder bevorzugt in einem Bereich von 2,5 bis 6 mm auf. Weiterhin bevorzugt weist der eine erste Teilbereich eine Breite von 5 bis 40 mm, bevorzugt in einem Bereich von 10 bis 30 mm, oder bevorzugt in einem Bereich von 15 bis 25 mm auf.

[0065] Bevorzugt weist das Pumpengehäuse am Einlass und/oder Auslass mindestens einen unterschiedlichen Innendurchmesser gegenüber dem sonstigen Innendurchmesser des Pumpengehäuses auf. Der unterschiedliche Innendurchmesser kann entweder durch unterschiedlich dicke Wandstärken oder durch unterschiedliche Anordnung bzw. Geometrie der dritten Teilbereiche in Bezug auf den mindestens einen ersten Teilbereich erreicht werden. Das Pumpengehäuse beinhaltet mindestens einen Querschnitt, der bevorzugt ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus kreisförmig, rechteckig, viereckig oder ellipsoid. Bevorzugt weist das Pumpengehäuse eine längliche Form mindestens in einem ersten Abschnitt auf. Weiterhin kann das Pumpengehäuse mindestens einen weiteren Abschnitt beinhalten, dessen Form von dem ersten Abschnitt des Pumpengehäuses abweicht.

[0066] Bevorzugt ist die Gesamtlänge des Pumpengehäuses 1,5- bis 10-mal, bevorzugt 2- bis 9-mal, oder bevorzugt 2,5- bis 8,5-mal länger als der Durchmesser des Pumpengehäuses. Die Länge des Pumpengehäuses wird entlang der Außenwand des Pumpengehäuses in Pumpenrichtung bestimmt. Das Pumpengehäuse weist bevorzugt eine Länge in einem Be-

reich von 1 mm bis 10 cm, oder bevorzugt in einem Bereich von 2 mm bis 8 cm, oder bevorzugt in einem Bereich von 5 mm bis 5 cm auf. Das Pumpengehäuse weist bevorzugt einen Innendurchmesser in einem Bereich von 0,1 bis 50 mm, oder bevorzugt in einem Bereich von 0,5 bis 30 mm, oder bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 20 mm auf.

[0067] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung weist das Pumpengehäuse ein Volumen in einem Bereich von 0,1 cm³ bis 10 cm³, bevorzugt in einem Bereich von 0,2 bis 9 cm³, oder bevorzugt in einem Bereich von 0,5 bis 5 cm³ auf. Das Volumen des Pumpengehäuses ist durch den vom Pumpengehäuse umgebenen Innenraum definiert.

[0068] Die Wand des Pumpengehäuses weist bevorzugt eine Stärke bzw. Dicke in einem Bereich von 0,1 bis 10 mm, oder bevorzugt in einem Bereich von 0,3 bis 8 mm, oder bevorzugt in einem Bereich von 0,4 bis 6 mm auf. Im Folgenden wird in diesem Zusammenhang entweder von Wandstärke oder Wanddicke gesprochen. An der Innenfläche des Pumpengehäuses können in mindestens einem der ersten, der weiteren oder der dritten Teilbereiche die Wanddicken variieren. Eine Erhöhung der Wanddicke an mindestens einem Punkt des Pumpengehäuses kann dazu dienen, den Impeller mindestens in eine Richtung an seiner Position im Pumpengehäuse zu halten.

[0069] Die Wand, insbesondere die mindestens eine Wandfläche des Pumpengehäuses, ist bevorzugt glatt. Glatt bedeutet, dass die Wand des Pumpengehäuses eine Rauheit in einem Bereich von 0,025 bis 4 Ra, oder bevorzugt in einem Bereich von 0,05 bis 3 Ra, oder bevorzugt in einem Bereich von 0,07 bis 1 Ra aufweist. Die Methode zur Bestimmung der Rauheit ist in den Messmethoden beschrieben und wird in DIN EN ISO 4288 angegeben.

[0070] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung ist zumindest ein Teil jedes weiteren Teilbereichs von jeweils mindestens einer elektrischen Spule umgeben.

[0071] Der Impeller in dem Innenbereich des Pumpengehäuses wird bevorzugt von magnetischen Feldern von den elektrischen Spulen an der Außenseite des Pumpengehäuses ausgerichtet. Die Spulen beinhalten bevorzugt ein elektrisch leitendes Material. Bevorzugt ist das elektrisch leitende Material der Spulen ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Eisen (Fe), Kupfer (Cu), Gold (Au), Silber (Ag), Platin (Pt), Palladium (Pd), Titan (Ti), Chrom (Cr), Kobalt (Co), Wolfram (W) oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon. Weiterhin bevorzugt beinhaltet das elektrisch leitende Material Kupfer (Cu). Die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung beinhaltet bevorzugt mindestens zwei Spulen, bevorzugt mindestens

drei Spulen, oder bevorzugt mindestens vier Spulen. Die Spulen sind bevorzugt an der Außenseite des Pumpengehäuses angeordnet, wobei die Spulen und der Impeller bevorzugt in einer Ebene liegen. Sie sind dann an der Außenseite des Pumpengehäuses um den Impeller herum angeordnet.

[0072] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung ist das nicht-magnetische Material des mindestens einen ersten Teilbereichs ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem Cermet, Aluminiumoxid (Al₂O₃), Zirkoniumdioxid (ZrO₂), einem ein Aluminiumoxid enthaltendes Zirkoniumoxid (ATZ), einem ein Zirkoniumoxid enthaltendes Aluminiumoxid (ZTA), einem ein Yttrium enthaltendes Zirkoniumoxid (Y-TZP), Aluminiumnitrid (AlN), Magnesiumoxid (MgO), einer Piezokeramik, Barium(Zr, Ti)oxid, Barium(Ce, Ti)oxid und Natrium-Kalium-Niobat, einer Platin-Legierung, einer Palladium-Legierung, einer Titan-Legierung, einer Niob-Legierung, einer Tantal-Legierung, einer Molybdän-Legierung, einem Edelstahl (AISI 304, AISI 316 L) oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon. Die Summe aller Bestandteile des mindestens einen ersten Teilbereiches ergibt stets 100 Gew.-%.

[0073] Im Rahmen der Erfindung wird als „Cermet“ ein Verbundwerkstoff aus einem oder mehreren keramischen Werkstoffen in mindestens einer metallischen Matrix oder ein Verbundwerkstoff aus einem oder mehreren metallischen Werkstoffen in mindestens einer keramischen Matrix verstanden. Zur Herstellung eines Cermets kann beispielsweise ein Gemisch aus mindestens einem keramischen Pulver und mindestens einem metallischen Pulver verwendet werden, welches beispielsweise mit mindestens einem Bindemittel und gegebenenfalls mindestens einem Lösungsmittel versetzt werden kann. Eine Auswahl für die keramischen Bestandteile und die metallischen Bestandteile des Cermets können sich aus denen zusammensetzen, die für den ersten Teilbereich angegeben sind. Ein nicht-magnetisches Cermet ist ein Verbundwerkstoff aus einer nicht-magnetischen Keramik und einem nicht-magnetischen Metall, wie später noch erwähnt. In dem Cermet liegt das Metall bevorzugt weiterhin als metallische Komponente vor und kann als solche nachgewiesen werden. Aufgrund dieser metallischen Komponente weist ein Cermet in der Regel eine höhere elektrische Leitfähigkeit auf als die reinen Keramiken.

[0074] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung beinhaltet der mindestens eine erste Teilbereich ein nicht-magnetisches Metall in einem Bereich von 40 bis 90 Gew.-%, bevorzugt in einem Bereich von 50 bis 90 Gew.-%, oder bevorzugt von 60 bis 90 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des mindestens einen ersten Teilbereiches.

[0075] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung ist das nicht-magnetische Metall ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Platin (Pt), Palladium (Pd), Iridium (Ir), Niob (Nb), Molybdän (Mo), Wolfram (W), Titan (Ti), Chrom (Cr), Tantal (Ta), Zirkonium (Zr), Legierungen aus den vorgenannten Metallen, Gold (Au), nicht-magnetischer Edelstahl (z. B. AISI 304, AISI 316 L) oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon. Das nicht-magnetische Metall kann bevorzugt ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus Titan (Ti), Platin (Pt), Tantal (Ta), Niob (Nb) oder einer Mischung von mindestens zwei hiervon.

[0076] Liegt der Gehalt des nicht-magnetischen Metalls für den mindestens einen ersten Teilbereich unterhalb von 60 Gew.-% des ersten Teilbereichs, kann das weitere nicht-magnetische Material bevorzugt durch eine nicht-magnetische Keramik oder ein nicht-magnetisches Cermet, wie zuvor beschrieben auf mindestens 60 Gew.-% nicht-magnetisches Material, bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten Teilbereiches ergänzt werden.

[0077] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung ist das ferromagnetische Material der mindestens zwei weiteren Teilbereiche ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), Chromdioxid (CrO_2), einer Eisen-Legierung, einer Eisen-Nickel-Legierung, einer Eisen-Silizium-Legierung, einer Eisen-Kobalt-Legierung, einer Nickel-Legierung, einer Aluminium-Nickel-Legierung, einer Kobalt-Legierung, einer Kobalt-Platin-Legierung, einer Kobalt-Chrom-Legierungen, einer Neodym-Eisen-Bor-Legierung, einer Samarium-Kobalt-Legierung oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon.

[0078] Die mindestens zwei weiteren Teilbereiche des Pumpengehäuses beinhalten bevorzugt einen Metallgehalt in einem Bereich von 25 bis 90 Gew.-%, bevorzugt in einem Bereich von 40 bis 85 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 50 bis 80 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des jeweiligen weiteren Teilbereiches.

[0079] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung beinhaltet mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche weiterhin eine Komponente ausgewählt aus einer Keramik, einem Metall oder einer Mischung hieraus. Die Keramik ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe der Keramiken, die für den ersten Teilbereich angegeben sind. Bevorzugt weist mindestens einer der mindestens zwei Teilbereiche die gleiche Keramik auf wie der erste Teilbereich. Die mindestens zwei weiteren Teilbereiche beinhalten die Keramik bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 75 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 2 bis 70 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 5 bis 60 Gew.-%, be-

zogen auf das Gesamtgewicht des jeweiligen weiteren Teilbereiches. Das weitere Metall kann ein Metall beinhalten, das keine ferromagnetischen Eigenschaften aufweist. Dies sind bevorzugt die Metalle, die auch für den ersten oder den dritten Teilbereich angegeben wurden. Die Summe aller Bestandteile des weiteren Teilbereiches ergibt stets 100 Gew.-%.

[0080] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung ist das weitere Metall mindestens eines der mindestens zwei weiteren Teilbereiche ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Platin (Pt), Palladium (Pd), Iridium (Ir), Niob (Nb), Molybdän (Mo), Wolfram (W), Titan (Ti), Chrom (Cr), eine Kobalt-Chrom-Legierung, Tantal (Ta) und Zirkonium (Zr) oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon.

[0081] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung beinhaltet der mindestens eine erste Teilbereich weniger als 10 Gew.-%, bevorzugt weniger als 8 Gew.-%, oder bevorzugt weniger als 5 Gew.-% an Metall, bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten Teilbereiches.

[0082] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Pumpvorrichtung ist der mindestens eine erste Teilbereich und/oder mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche mit mindestens einem dritten Teilbereich stoffschlüssig verbunden. Bevorzugt ist mindestens ein erster Teilbereich mit zwei weiteren Teilbereichen stoffschlüssig verbunden. Weiterhin bevorzugt ist mindestens ein erster Teilbereich mit allen weiteren Teilbereichen stoffschlüssig verbunden. Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass der mindestens eine erste Teilbereich mit mindestens einem dritten Teilbereich stoffschlüssig verbunden ist. Bevorzugt ist der mindestens eine erste Teilbereich mit zwei, oder bevorzugt mit allen dritten Teilbereichen stoffschlüssig verbunden.

[0083] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung ist die Pumpvorrichtung zumindest zu einem Teil von einem Bauteilgehäuse umgeben, wobei bevorzugt mindestens ein Teil des mindestens einen dritten Teilbereiches der Pumpvorrichtung mit dem Bauteilgehäuse verbunden ist. Die Verbindung des Bauteilgehäuses mit mindestens einem Teil des dritten Teilbereiches des Pumpengehäuses führt bevorzugt zu einem abgeschlossenen Raum zwischen dem Bauteilgehäuse und dem Pumpengehäuse. Bevorzugt ist das Innere des Bauteilgehäuses der Pumpvorrichtung hermetisch gegen die Umwelt abgeschlossen.

[0084] Die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung kann insbesondere in einen Körper eines menschlichen oder tierischen Benutzers, insbesondere eines Patienten, eingesetzt werden. Eine eingesetzte Pumpvorrichtung ist in der Regel einer Flüssigkeit ei-

nes Körpergewebes des Körpers ausgesetzt. Somit ist es in der Regel von Bedeutung, dass weder Körperflüssigkeit in die medizinisch implantierbare Vorrichtung eindringt, noch das Flüssigkeiten aus der medizinisch implantierbaren Vorrichtung austreten. Um dieses sicherzustellen, sollte das Bauteilgehäuse der medizinisch implantierbaren Vorrichtung, und somit auch das Bauteilgehäuse sowie das Pumpengehäuse der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung, eine möglichst vollständige Undurchlässigkeit aufweisen, insbesondere gegenüber Körperflüssigkeiten.

[0085] Die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung, insbesondere die Verbindung von Bauteilgehäuse mit Pumpengehäuse ist bevorzugt hermetisch dicht. So ist der Innenraum der Pumpvorrichtung hermetisch dicht gegenüber dem Außenraum abgedichtet. Im Rahmen der Erfindung bedeutet der Begriff „hermetisch dicht“, dass bei einem bestimmungsgemäßen Gebrauch innerhalb eines üblichen Zeitraums von 5 Jahren keine Feuchtigkeit und/oder Gase die hermetisch dichte Verbindung durchdringen können. Eine physikalische Größe zum Bestimmen der Dichtheit einer Verbindung oder eines Bauteils ist die Leckrate. Dichtheiten können durch Lecktests bestimmt werden. Entsprechende Lecktests werden mit Heliumlecktestern und/oder Massenspektrometern durchgeführt werden und sind im Standard MIL-STD-883G Method 1014 spezifiziert. Die maximal zulässige Helium-Leckrate wird dabei abhängig vom internen Volumen der zu prüfenden Vorrichtung festgelegt. Nach den in MIL-STD-883G, Method 1014, in Absatz 3.1 spezifizierten Methoden, und unter Berücksichtigung der in der Anwendung der vorliegenden Erfindung vorkommenden Volumina und Kavitäten der zu prüfenden Vorrichtungen, beträgt die maximal zulässige Helium-Leckrate für die erfindungsgemäßen Pumpengehäuse 10^{-7} atm·cm³/sec. Das bedeutet, dass die zu prüfende Vorrichtung (beispielsweise das Bauteilgehäuse und/oder die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung oder das Bauteilgehäuse mit dem verbundenen Pumpengehäuse) eine Helium-Leckrate von weniger als 1×10^{-7} atm·cm³/sec aufweist. In einer besonders vorteilhaften Ausführung beträgt die Helium-Leckrate weniger als 1×10^{-8} atm·cm³/sec, insbesondere weniger als 1×10^{-9} atm·cm³/sec. Zum Zweck der Standardisierung können die genannten Helium-Leckraten auch in die äquivalente Standard-Luft-Leckrate konvertiert werden. Die Definition für die äquivalente Standard-Luft-Leckrate (Equivalent Standard Air Leak Rate) sowie die Umrechnung sind im Standard ISO 3530 angegeben. Luftleckrate = 0,37 mal Heliumleckrate.

[0086] Die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung weist bevorzugt neben dem Impeller, dem Pumpengehäuse mit mindestens einem ersten, mindestens zwei weiteren Teilbereich sowie mindestens einem dritten Teilbereich bevorzugt ein Bauteilgehäuse auf, in dem sich weitere Bauteile der Pumpvorrichtung be-

finden können. Die weiteren Bauteile der Pumpvorrichtung sind bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einer Batterie, einer Spule, einer Steuereinheit, einer Gefäßverbindungseinheit oder einer Kombination aus mindestens zwei hieraus.

[0087] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäße Pumpvorrichtung beinhaltet das Bauteilgehäuse Titan zu mindestens 30 Gew.-%, bevorzugt mindestens 50 Gew.-%, oder bevorzugt mindestens 80 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht des Bauteilgehäuses. Weiter bevorzugt beinhaltet das Bauteilgehäuse Titan zu mindestens 99 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Bauteilgehäuses. Weiterhin kann das Bauteilgehäuse bevorzugt mindestens ein anderes Metall beinhalten. Das andere Metall kann aus der gleichen Gruppe ausgewählt sein, wie das Metall des weiteren Teilbereiches. Das andere Metall ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Fe, Al, V, Sn, Co, Cr, CoCr, Nb, Edelstahl, Mb, TiNb oder einer Mischung von mindestens zwei hiervon. Das Bauteilgehäuse kann das weitere Metall bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 70 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 5 bis 50 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 10 bis 20 Gew.-% beinhalten. Die Summe aller Bestandteile des Bauteilgehäuses ergibt stets 100 Gew.-%. Geeignete Titanqualitäten sind in ASTM B265-05, : 2011 angegeben, zum Beispiel Grade 1 bis 6.

[0088] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung weist die Wand des Pumpengehäuses eine magnetische Permeabilität von weniger als 2 μ , bevorzugt weniger als 1,9 μ , oder bevorzugt weniger als 1,8 μ auf. Die magnetische Permeabilität wird gemäß der Norm ASTM 773, : 2009, Variante 01 bestimmt.

[0089] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung weist eine Oberfläche der Wand, die dem Innenbereich des Pumpengehäuses zugewandt ist, eine Härte nach Vickers von mindestens 330 HV, bevorzugt mindestens 350 HV, oder bevorzugt mindestens 370 HV auf. Bevorzugt weist die gesamte Wand eine Härte in den angegebenen Bereichen auf. Mindestens die Oberfläche des mindestens einen ersten und des mindestens einen dritten Teilbereiches weisen ebenfalls eine Härte nach Vickers von mindestens 330 HV, bevorzugt mindestens 350 HV, oder bevorzugt mindestens 370 HV auf. Oftmals ist die Härte nicht höher als 2000 HV, oder bevorzugt nicht höher als 1500 HV. Bevorzugt liegt die Härte mindestens der Oberfläche des mindestens einen ersten Teilbereiches in einem Bereich von 330 bis 2000 HV, oder bevorzugt in einem Bereich von 350 bis 1800 HV. Weiterhin bevorzugt weist mindestens die Oberfläche des mindestens einen ersten Teilbereiches eine Härte auf, die mindestens so groß ist wie die Härte der Rotoroberflächen

des Impellers. Siehe Messmethoden (DIN ISO 6507 aus März 2006, Prüfkraft: 1 Kg; Einwirkdauer: 15 sec; Prüftemperatur: 23°C +/-1°C)

[0090] Bevorzugt weist mindestens die Oberfläche des mindestens einen ersten Teilbereiches eine Härte auf, die um mindestens 20 HV, oder bevorzugt um mindestens 30 HV, oder bevorzugt um mindestens 40 HV höher liegt als die Härte nach Vickers der Rotoroberflächen des Impellers. Als Oberfläche des mindestens einen Teilbereiches, des mindestens einen weiteren Teilbereiches sowie des Impellers wird die oberflächennahe Materialschicht in einem Bereich von 0,01 bis 2,5 mm, bevorzugt in einem Bereich von 0,05 bis 1,0 mm, oder bevorzugt in einem Bereich von 0,1 bis 0,5 mm, jeweils senkrecht zur Oberfläche verstanden. Weiterhin bevorzugt weist mindestens die Oberfläche des mindestens einen dritten Teilbereiches eine Härte auf, die um mindestens 20 HV, oder bevorzugt um mindestens 30 HV, oder bevorzugt um mindestens 40 HV höher liegt als die Härte nach Vickers der Rotoroberflächen des Impellers. Weist ein Teil eines weiteren Teilbereiches zum Innenbereich des Pumpengehäuses hin, so weist bevorzugt mindestens die Oberfläche dieses mindestens einen weiteren Teilbereiches eine Härte auf, die um mindestens 20 HV, oder bevorzugt um mindestens 30 HV, oder bevorzugt um mindestens 40 HV höher liegt als die Härte nach Vickers der Rotoroberflächen des Impellers.

[0091] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung sind zumindest die Außenflächen des Bauteilgehäuses und die dem Innenbereich des Pumpengehäuses zugewandte Oberfläche biokompatibel. Dies ist insbesondere bevorzugt, wenn die Pumpvorrichtung für die Implantation in einen lebenden Körper, wie beispielsweise den eines Menschen oder Tieres. Die Biokompatibilität wird ermittelt und beurteilt gemäß der Norm ISO 10993: 2002, Teil 4.

[0092] In der Regel kommen die dem Innenbereich des Pumpengehäuses zugewandten Oberflächen und die Außenflächen des Bauteilgehäuses nach Implantieren der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung in einen lebenden Körper mit dessen Körperflüssigkeit in Kontakt. Die Biokompatibilität der mit Körperflüssigkeit in Berührung kommenden Oberflächen trägt dazu bei, dass der Körper beim Kontakt mit diesen Oberflächen keinen Schaden nimmt.

[0093] Als biokompatible Materialien kommen alle für den ersten Teilbereich erwähnten Keramiken in Frage. Ein Material ist biokompatibel, wenn es den Ansprüchen der Norm 10993-4: 2002, wie in den Messmethoden für die Biokompatibilität erwähnt, genügt.

[0094] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung eines Pumpengehäuses für eine Pumpvorrichtung beinhaltend die Schritte:

- a. Bereitstellen eines ersten Materials;
- b. Bereitstellen eines weiteren Materials;
- c. Bereitstellen eines dritten Material
- d. Bilden eines Pumpengehäusevorläufers, wobei ein erster Teilbereich des Pumpengehäuses aus dem ersten Material und wobei mindestens zwei weitere Teilbereiche des Pumpengehäuses aus dem weiteren Material gebildet werden und wobei mindestens ein dritter Teilbereich des Pumpengehäuses aus dem dritten Material gebildet wird;
- e. Behandeln des Pumpengehäusevorläufers bei einer Temperatur von mindestens 300°C.

[0095] Das Bereitstellen des ersten Materials in Schritt a., des weiteren Materials in Schritt b. und des dritten Materials in Schritt c. kann auf jede beliebige Art und Weise erfolgen, die der Fachmann für diesen Zweck auswählen würde.

[0096] Das Bilden des Pumpengehäusevorläufers in Schritt d. kann auf jede beliebige Art und Weise erfolgen, die der Fachmann für den Zweck der Bildung eines ersten Teilbereiches und eines weiteren Teilbereiches auswählen würde.

[0097] In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens beinhaltet Schritt d. einen Formgebungsprozess, bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem lithographischen Prozess, einem Spritzgießen, einem Zerspanen, einem Extrudieren oder einer Kombination von mindestens zwei hiervon.

[0098] In einem lithographischen Prozess werden verschiedene Schichten eines oder mehrerer Materialien nacheinander in eine Form eingebracht. Der lithographische Prozess entspricht bevorzugt einem schichtweisen Siebdruckverfahren. Beim Siebdruckverfahren wird ein Sieb, bestehend aus einem möglichst formstabilen Material, wie Holz; Metall, bevorzugt Stahl; einer Keramik oder einem Kunststoff mit einer ausgewählten Maschenweite auf das zu überlagernde oder über dem zu überlagernden Objekt, angeordnet. Auf dieses Sieb wird über eine Düse oder aus einem Behälter die zum Aufbringen oder Überlagern verwendete Druckmasse, beispielsweise in Form eine Paste oder eines Pulvers, aufgebracht und mit einer Rakel durch die Maschen des Siebs gedrückt. Dabei kann aufgrund eines Musters in dem Sieb an unterschiedlichen Stellen unterschiedlich viel, zum Aufbringen oder Überlagern verwendete Druckmasse aufgebracht werden. So kann durch die Geometrie und Anordnung der Maschen entweder ein gleichmäßiger Film der zum Überlagern verwendeten Druckmasse aufgebracht werden oder Bereiche mit keiner oder wenig zum Aufbringen verwendeten Druckmasse mit Bereichen mit viel

zum Aufbringen verwendeten Druckmasse abwechseln. Bevorzugt wird ein gleichmäßiger Film der zum Überlagern verwendeten Druckmasse auf die Oberfläche übertragen. Die Siebmaschen können auch durch entsprechend aufgebrachte Materialien (Kopierschichten, Siebdruckschablonen) teilweise geschlossen sein, so dass die Druckmasse nur in definierten Bereichen mit offenen Maschen auf die zu beschichtende Oberfläche übertragen wird, um so beispielsweise eine definierte Struktur wie ein Muster zu erhalten. Weiterhin können statt Sieben auch dünne Filme mit definierten Öffnungen (Stencil) zum Übertragen der Druckmasse verwendet werden. Durch Wiederholung dieses Vorgangs mit ein und demselben Material oder auch unterschiedlichen Materialien können 3-D Strukturen erhalten werden.

[0099] Das Spritzgießen, oder auch Spritzgussverfahren genannt, ist ein Formungsprozess für mindestens ein Material, um einen geformten Festkörper zu erhalten. Dem Fachmann sind unterschiedliche Spritzgießverfahren sowie bei Spritzgießen verwendeten Werkzeuge und Bedingungen aus dem Stand der Technik bekannt. Das Spritzgießen kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus einem Mehrkomponenten-Spritzgießen, einem Pulverspritzgießen, einem Spritzprägen, einem Extrusions-spritzgießen, einem Unterdruckspritzgießen oder einer Kombination aus mindestens zwei hiervon.

[0100] Das Zerspanen kann mit jedem anderen Formgebungsprozess kombiniert werden. Beim Zerspanen wird ein massiver Körper durch Einsatz von Zerspanungshilfsmitteln, wie einem Bohrer oder einem Stempel strukturiert. Bei dem Strukturieren wird ein Teil des Materials abgetragen. Hierdurch können massive Körper beispielsweise zu Hohlkörpern geformt werden. Beispielsweise kann durch Zerspanen in den Pumpengehäusevorläufer ein Hohlraum geformt werden, wenn der Pumpengehäusevorläufer massiv ausgestaltet ist. Das Zerspanen kann jedoch auch ein Bearbeitungsschritt nach der Herstellung eines Pumpengehäuses oder Gehäuses sein. Zusätzlich zum Zerspanen kann im Anschluss an die Herstellung des Pumpengehäuses auch ein Polieren stattfinden.

[0101] Bei dem Bilden des Pumpengehäusevorläufers in Schritt d. wird ein erstes Material zum Bilden eines ersten Teilbereiches mit einem weiteren Material zum Bilden des weiteren Teilbereiches sowie ein drittes Material zum Bilden eines dritten Teilbereiches in Kontakt gebracht. Das Inkontaktbringen findet bevorzugt in Form eines Spritzgießens statt, bei dem nacheinander zunächst das weitere Material in eine Form aus Metall gespritzt wird und anschließend das erste sowie das dritte Material. Bevorzugt wird das weitere Material in mehreren Schritten in die Form eingebracht. Weiterhin bevorzugt wird ein erstes weiteres Material mit einem geringen Gehalt an ferromagneti-

ischem Material abwechselnd zu einem zweiten weiteren Material mit einem hohen Gehalt an ferromagnetischem Material eingebracht. Wie bereits für die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung erwähnt, weist das erste weitere Material das ferromagnetische Material in einem Bereich von 20 bis 100 Gew.-% mehr auf als das zweite weitere Material, bezogen auf das Gesamtgewicht des zweiten weiteren Materials. Die weiteren Komponenten, wie beispielsweise die keramische Komponente des ersten weiteren und des zweiten weiteren Materials können ebenfalls der Beschreibung für die Pumpvorrichtung entnommen werden. Das abwechselnde Formen von erstem weiteren Material und zweitem weiteren Material bildet bevorzugt die mindestens zwei weiteren Teilbereiche des Pumpengehäusevorläufers aus. Der Gehalt an ferromagnetischem Material ergibt sich aus der Mittelung des Gehaltes der ersten weiteren Materialien und des Gehaltes der zweiten weiteren Mischung an ferromagnetischem Material. Aus den ersten und den zweiten weiteren Materialien entstehen bei der Behandlung in Schritt e. die bereits bei der Pumpvorrichtung beschriebenen Unterbereiche der mindestens zwei weiteren Teilbereiche mit unterschiedlichem Gehalt an ferromagnetischem Material.

[0102] Je nach Ausgestaltung der Form kann auch zunächst das dritte Material in die Form eingespritzt werden, anschließend das weitere, z. B. in Form von Schichten aus erstem weiteren und zweitem weiteren Material, und schließlich das erste Material. Die Mengenverhältnisse an erstem, weiteren und drittem Material entsprechen bevorzugt den Mengenverhältnissen im ersten, weiteren und dritten Teilbereich, wie sie oben im Zusammenhang mit dem ersten Gegenstand, der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung, beschrieben wurden. Weiterhin können das erste, das weitere und das dritte Material Additive enthalten. Bevorzugt weist der Pumpengehäusevorläufer nach dem Inkontaktbringen bereits die Form des Pumpengehäuses auf. Bevorzugt bilden die drei Materialien eine kontinuierliche Form. Das Inkontaktbringen kann noch einen oder mehrere weitere Schritte beinhalten.

[0103] Als Additiv kann jede Substanz ausgewählt sein, die der Fachmann als Zusatz für das erste Material, das weitere oder das dritte Material auswählen würde. Das Additiv ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Wasser, einem Dispergiermittel, einem Bindemittel oder einer Mischung von mindestens zwei hiervon.

[0104] Das Dispergiermittel beinhaltet bevorzugt mindestens eine organische Substanz. Die organische Substanz weist bevorzugt mindestens eine funktionale Gruppe auf. Die funktionale Gruppe kann ein hydrophobe oder eine hydrophile funktionale Gruppe sein. Die funktionale Gruppe kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus einer Ammonium-Gruppe, einer Carboxylat-Gruppe, einer

Sulfat-Gruppe, einer Sulfonat-Gruppe, einer Alkohol-Gruppe, einer Mehrfachalkohol-Gruppe, einer Ether-Gruppe oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon. Das Dispergiermittel weist funktionale Gruppen bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 100, oder bevorzugt in einem Bereich von 2 bis 50, oder bevorzugt in einem Bereich von 2 bis 30 auf. Bevorzugte Dispergiermittel sind unter den Handelsnamen DISPERBYK® 60 von Byk-Chemie GmbH, DOLAPIX CE 64 von Zschimmer & Schwarz GmbH & Co KG erhältlich.

[0105] Das Bindemittel ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einer Methylcellulose, einem thermoplastischen Polymer, einem duroplastischen Polymer und einem Wachs oder einer Mischung von mindestens zwei hiervon.

[0106] Die Methylcellulose ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), Hydroxyethylmethylcellulose (HEMC), Ethylmethylcellulose (EMC) oder einer Mischung daraus. Die Methylcellulose beinhaltet bevorzugt Hydroxypropylmethylcellulose (HPMC) Weiterhin bevorzugt beinhaltet die Methylcellulose Hydroxypropylmethylcellulose in einem Bereich von 80 bis 100 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 90 bis 100 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 95 bis 100 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht an Methylcellulose. Bevorzugt weist die Methylcellulose einen Anteil an -OCH₃ Gruppen in einem Bereich von 20 bis 40 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 23 bis 37 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 25 bis 35 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht an Methylcellulose auf. Weiterhin bevorzugt weist die Methylcellulose einen Anteil an -OC₃H₆OH Gruppen in einem Bereich von 1 bis 12 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 3 bis 9 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 4 bis 8 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht an Methylcellulose auf.

[0107] Das thermoplastische Polymer kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), Polyamide (PA), Polylactat (PLA), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polycarbonat (PC), Polyethylenterephthalat (PET), Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS), Polyetheretherketon (PEEK) und Polyvinylchlorid (PVC) oder einer Mischung von mindestens zwei davon. Das duroplastische Polymer kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus einem Aminoplasten, einem Epoxidharz, einem Phenolharz, einem Polyester-Harz oder einer Mischung aus mindestens zwei davon. Wachse sind Kohlenwasserstoffverbindungen, die oberhalb 40°C ohne Zersetzung schmelzen. Hierunter können sich auch Polyester, Paraffine, Polyethylene oder Copolymere aus mindestens zwei daraus befinden.

[0108] Das erste Material für den mindestens einen ersten Teilbereich beinhaltet mindestens eines der vorgenannten Additive bevorzugt in einem Bereich von 0,1 bis 10 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 0,2 bis 8 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 0,5 bis 5 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten Materials.

[0109] Das weitere Material für die mindestens zwei weiteren Teilbereiche beinhaltet mindestens eines der vorgenannten Additive bevorzugt in einer Menge in einem Bereich von 0,1 bis 5 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 0,2 bis 2 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 0,3 bis 1 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht des weiteren Materials.

[0110] Das dritte Material für den mindestens einen dritten Teilbereich beinhaltet mindestens eines der vorgenannten Additive bevorzugt in einem Bereich von 0,1 bis 10 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 0,2 bis 8 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 0,5 bis 5 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des dritten Materials.

[0111] Das Behandeln des Pumpengehäusevorläufers in Schritt e. kann auf jede beliebige Art und Weise erfolgen, die der Fachmann für den Zweck der Erwärmung des Pumpengehäusevorläufers auf mindestens 300°C auswählen würde. Bevorzugt findet mindestens ein Teil des Behandeln des Pumpengehäusevorläufers bei einer Temperatur in einem Bereich von 300 bis 2500°C, oder in einem Bereich von 500 bis 2000°C, oder in einem Bereich von 700 bis 1800°C statt. Bei der Behandlung des Pumpengehäusevorläufers bei erhöhter Temperatur entweicht bevorzugt mindestens ein Teil des Bindemittels. Es sind verschiedene Temperaturprofile beim Behandeln in Schritt e. des Pumpengehäusevorläufers aus Schritt d. möglich. Das Behandeln des Pumpengehäusevorläufers kann beispielsweise in einer oxidativen Atmosphäre, einer reduktiven Atmosphäre oder unter einer Schutzatmosphäre erfolgen. Eine oxidative Atmosphäre kann beispielsweise Sauerstoff enthalten, wie Luft oder ein Sauerstoff/Luft Gemisch. Eine reduktive Atmosphäre kann beispielsweise Wasserstoff enthalten. Eine Schutzatmosphäre beinhaltet bevorzugt weder Sauerstoff noch Wasserstoff. Beispiele für Schutzatmosphären sind Stickstoff, Helium, Argon, Krypton oder deren Gemische. Die Wahl der Atmosphäre kann abhängig von den zu behandelnden Materialien sein. Dem Fachmann ist die geeignete Wahl der Atmosphäre für die erwähnten Materialien bekannt. Es können auch bevorzugt nacheinander Kombinationen von unterschiedlichen Atmosphären für verschiedene Zeiträume gewählt werden.

[0112] Das Behandeln des Pumpengehäusevorläufers in Schritt e. kann entweder in einem Schritt erfolgen oder bevorzugt in mehr als einem Schritt. Be-

vorzugt wird der Pumpengehäusevorläufer in einem ersten Teilschritt des Schrittes e. auf eine Temperatur in einem Bereich von 301 bis 600°C, oder bevorzugt in einem Bereich von 350 bis 550°C, oder bevorzugt in einem Bereich von 400 bis 500°C behandelt. Dieser erste Teilschritt des Behandlungsschrittes e. kann über einen Zeitraum in einem Bereich von 1 bis 180 min, bevorzugt in einem Bereich von 10 bis 120 min, oder bevorzugt in einem Bereich von 20 bis 100 min erfolgen. Dieser Teilschritt kann entweder durch Einbringen des Pumpengehäusevorläufers aus Schritt d. in eine vorgeheizte Atmosphäre erfolgen oder durch langsames schrittweises oder stetig erhöhtes Erhitzen des Pumpengehäusevorläufers. Bevorzugt wird das Behandeln in dem ersten Teilschritt des Schrittes e. des Pumpengehäusevorläufers in einem Schritt auf eine Temperatur in einem Bereich von 301 bis 600°C vorgenommen.

[0113] In einem zweiten Teilschritt des Behandelns aus Schritt e., der sich bevorzugt an den ersten Teilschritt anschließt, wird der Pumpengehäusevorläufer bevorzugt auf eine Temperatur in einem Bereich von 800 bis 2500°C, oder bevorzugt in einem Bereich von 1000 bis 2000°C, oder bevorzugt in einem Bereich von 1100 bis 1800°C erhitzt. Auch dieser Teilschritt kann entweder durch Einbringen des Pumpengehäusevorläufers aus dem ersten Teilschritt des Schritt e. in eine vorgeheizte Atmosphäre erfolgen oder durch langsames schrittweises oder stetig erhöhtes Erhitzen des Pumpengehäusevorläufers. Bevorzugt wird das Behandeln in dem zweiten Teilschritt des Schritt e. des Pumpengehäusevorläufers in einem Schritt auf eine Temperatur in einem Bereich von 800 bis 2500°C vorgenommen. Die Behandlung des Pumpengehäusevorläufers in dem zweiten Teilschritt des Schrittes e. wird bevorzugt über einen Zeitraum in einem Bereich von 1 bis 180 min, bevorzugt in einem Bereich von 10 bis 120 min, oder bevorzugt in einem Bereich von 20 bis 100 min vorgenommen.

[0114] Die Form des Pumpengehäuses nach dem Herstellungsprozess ist bevorzugt kontinuierlich. Das bedeutet, dass das Pumpengehäuse neben dem Auslass und dem Einlass keine weiteren Öffnungen oder Auslässe, oder sonstige Aussparungen aufweist. Bevorzugt weist das Pumpengehäuse eine geradlinige Außenfläche auf. An der Innenfläche des Pumpengehäuses können in mindestens einem der ersten oder der weiteren Teilbereiche die Wandstärken variieren. Eine Erhöhung der Wandstärke an mindestens einem Punkt des Pumpengehäuses kann dazu dienen, den Impeller mindestens in eine Richtung an seiner Position im Pumpengehäuse zu halten. Die Verdickung der Wandstärke kann dabei entweder bereits während des Herstellprozesses stattfinden oder im Anschluss daran. Ergänzend oder alternativ kann das Pumpengehäuse Einschnürungen aufweisen.

[0115] Eine erfindungsgemäße Pumpvorrichtung ist erhältlich durch Einsetzen eines Impellers in ein Pumpengehäuse, Anordnen von Elektromagneten mit Spulen um das Pumpengehäuse, Herstellen eines Stromkreises unter Einbeziehen einer Steuervorrichtung und einer Stromquelle, z. B. einer Batterie. Bevorzugt wird die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung von einem Bauteilgehäuse umgeben und die dritten Teilbereiche des Pumpengehäuses mit dem Bauteilgehäuse stoffschlüssig verbunden. Dies kann zum Beispiel durch eine Lötverbindung entlang der Berührungspunkt von Pumpengehäuses und Bauteilgehäuse durchgeführt werden.

[0116] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Pumpengehäuse für eine Pumpvorrichtung erhältlich nach dem zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren.

[0117] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Gehäuse, beinhaltend eine Wand, die einen Innenbereich umgibt, wobei das Gehäuse einen Einlass und einen Auslassaufweist, wobei das Gehäuse mindestens einen ersten Teilbereich, mindestens zwei weitere Teilbereiche und mindestens einen dritten Teilbereich aufweist; wobei die Wand des Gehäuses in mindestens einer Ebene (Q) senkrecht zur Längsausdehnung des Gehäuses mindestens einen ersten Teilbereich und mindestens einen weiteren Teilbereich aufweist; wobei der mindestens eine erste Teilbereich zu mindestens 60 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des mindestens einen ersten Teilbereichs, mindestens ein nicht-magnetisches Material beinhaltet, wobei die mindestens zwei weiteren Teilbereiche zu mindestens 25 Gew.-%, oder bevorzugt zu mindestens 40 Gew.-%, oder bevorzugt zu mindestens 60 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der mindestens zwei weiteren Teilbereiche, mindestens ein ferromagnetisches Material beinhaltet, wobei der mindestens eine dritte Teilbereich einen Metallgehalt in einem Bereich von 40 bis 90 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des dritten Teilbereichs, beinhaltet, wobei der mindestens eine erste Teilbereich und mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche miteinander stoffschlüssig verbunden sind.

[0118] Das Gehäuse entspricht in seiner Form, seiner Zusammensetzung und seiner sonstigen Ausgestaltung dem Pumpengehäuse, das zuvor im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung beschrieben wurde.

[0119] In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Gehäuses ist der mindestens eine erste Teilbereich und/oder mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche mit mindestens einem dritten Teilbereich stoffschlüssig verbunden ist. Bevorzugt ist mindestens ein erster Teilbe-

reich mit zwei weiteren Teilbereichen stoffschlüssig verbunden. Weiterhin bevorzugt ist mindestens ein erster Teilbereich mit allen weiteren Teilbereichen stoffschlüssig verbunden. Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass der mindestens eine erste Teilbereich mit mindestens einem dritten Teilbereich stoffschlüssig verbunden ist. Bevorzugt ist der mindestens eine erste Teilbereich mit zwei, oder bevorzugt mit allen dritten Teilbereichen stoffschlüssig verbunden.

[0120] In einer bevorzugten Ausgestaltung des Gehäuses ist in dem Gehäuse zumindest in einem Teil des Gehäuses ein verschiebbares Element vorgesehen ist. Weitere bevorzugte Ausführungsformen des Gehäuses entsprechen den zuvor beschriebenen Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung.

[0121] Das verschiebbare Element kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus einer Kugel, einem Zylinder, einer Luftblase oder einer Kombination aus mindestens zwei hiervon. Das verschiebbare Element weist bevorzugt eine Form auf, die dem Durchmesser des Pumpengehäuses entspricht. Das Material des verschiebbaren Elements kann jedes sein, das der Fachmann hierfür verwenden würde. Bevorzugt beinhaltet das verschiebbare Element ein Metall, ein Polymer, eine Keramik oder eine Mischung hieraus. Das Metall oder das Polymer kann ausgewählt sein aus einem Metall, einem Polymer oder einer Keramik wie sie für den ersten Teilbereich für das Pumpengehäuse beschrieben wurde. Das verschiebbare Element kann dazu dienen beispielsweise durch eine Änderung des Fluidstroms in dem Gehäuse in seiner Position in dem Gehäuse verschoben zu werden. Bei Änderung der Position des verschiebbaren Elements kann ein Stromfluss in einer Spule ausgelöst und mittels einer Stromflussmessung aufgezeichnet werden.

[0122] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Pumpvorrichtung beinhaltend mindestens ein zuvor beschriebenes Gehäuse oder ein Pumpengehäuse erhältlich nach dem zuvor beschriebenen Verfahren.

Messmethoden

1. Bestimmung der Härte nach Vickers (HV): Die Prüfkräfte und Materialien wurden gemäß der Norm nach DIN EN ISO 6507-März 2006 bestimmt. Es wurden folgende Prüfkräfte und Einwirkdauern verwendet: 1 kg, 15 Sekunden. Die Prüftemperatur betrug $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
2. Bestimmung der magnetischen Permeabilität: Die magnetische Permeabilität wurde gemäß der Norm ASTM A773/A773 – 01(2009) bestimmt.
3. Bestimmung der Biokompatibilität: Die Biokompatibilität wird gemäß der Norm nach 10993-4: 2002 bestimmt.

4. Bestimmung der hermetischen Verbindung: Lecktests werden mit Heliumlecktestern und/oder Massenspektrometern durchgeführt werden. Ein Standardmessverfahren ist im Standard Mil-STD-883G Method 1014 spezifiziert. Die maximal zulässige Helium-Leckrate wird dabei abhängig vom internen Volumen der zu prüfenden Vorrichtung festgelegt. Nach den in MIL-STD-883G, Method 1014, in Absatz 3.1 spezifizierten Methoden, und unter Berücksichtigung der in der Anwendung der vorliegenden Erfindung vorkommenden Volumina und Kavitäten der zu prüfenden Vorrichtungen, beträgt die maximal zulässige Helium-Leckrate für die erfindungsgemäßen Pumpengehäuse $10^{-7} \text{ atm}\cdot\text{cm}^3/\text{sec}$ oder weniger. Das bedeutet, dass die zu prüfende Vorrichtung (beispielsweise das Bauteilgehäuse und/oder die Pumpvorrichtung oder das Bauteilgehäuse mit dem verbundenen Pumpengehäuse) eine Helium-Leckrate von weniger als $1 \times 10^{-7} \text{ atm}\cdot\text{cm}^3/\text{sec}$ aufweist. Für Vergleichszwecke können die genannten Helium-Leckraten auch in die äquivalente Standard-Luft-Leckrate konvertiert werden. Die Definition für die äquivalente Standard-Luft-Leckrate (Equivalent Standard Air Leak Rate) und die Umrechnung sind im Standard ISO 3530 angegeben. Luftleckrate = 0,37 mal Heliumleckrate.

5. Bestimmung der Rauheit: DIN EN ISO 4288. Weitere Parameterangaben: Maximaler Tastspitzenradius = $2 \mu\text{m}$; Messstrecke = 1,25 mm; Grenzwellenlänge = 250 μm .

6. Bestimmung des Widerstandes zwischen zwei ersten Unterbereichen bzw. Schichten: Zur Bestimmung des Widerstandes wird ein Querschliff durch einen Probekörper hergestellt, so dass die zu messenden Schichten offen gelegt werden. Die Schliffoberfläche wird gereinigt, um Strombrücken durch Schliffpartikel auszuschließen. Es wird jeweils ein Kontakt eines Voltmeters (Benning MM 1-1) auf jeweils einen Anschnitt der zu messenden Schichten gedrückt und der Widerstand abgelesen. Dies wird zehnmal wiederholt und der Mittelwert der Messungen gebildet.

Beispiele

Beispiel 1 für erstes Material:

[0123] Das erste Material enthält 45 Gew.-% Platinpulver der Firma Heraeus Precious Metals GmbH & Co. KG mit einer Korngröße $D_{50} = 50 \mu\text{m}$ und 45 Gew.-% Aluminiumoxid (Al_2O_3) der Firma Ceram-Tech GmbH mit einer Korngröße von $D_{90} = 2 \mu\text{m}$ sowie 10 Gew.-% eines Bindemittels METAWAX P-50 erhältlich bei der Firma Zschimmer & Schwarz GmbH & Co. KG.

Beispiel 2 für weiteres Material:

[0124] Das weitere Material enthält eine Mischung aus 45 Gew.-% eines Pt-Co-23 Materials der Firma Heraeus Holding GmbH sowie 45 Gew.-% Aluminiumoxid (Al_2O_3) erhältlich bei der Firma CeramTech GmbH, sowie 10 Gew.-% des Bindemittels METAWAX P-50 erhältlich bei der Firma Zschimmer & Schwarz GmbH & Co. KG.

Beispiel 3 für drittes Material:

[0125] Das dritte Material enthält eine Mischung aus 57 Gew.-% eines Platinpulvers der Firma Heraeus Precious Metals GmbH & Co. KG mit einer Korngröße $D_{50} = 50 \mu\text{m}$, und 38 Gew.-% Aluminiumoxid (Al_2O_3) der Firma CeramTech GmbH mit einer Korngröße von $D_{90} = 2 \mu\text{m}$ sowie 5 Gew.-% eines Bindemittels METAWAX P-50 erhältlich bei der Firma Zschimmer & Schwarz GmbH & Co. KG.

Beispiel 4 für ersten Teilbereich:

[0126] Der erste Teilbereich enthält 50 Gew.-% Platinpulver der Firma Heraeus Precious Metals GmbH & Co. KG und 50 Gew.-% Aluminiumoxid (Al_2O_3) der Firma CeramTech GmbH.

Beispiel 5 für weiteren Teilbereich:

[0127] Der weitere Teilbereich enthält 50 alternierende Schichten aus jeweils 60 Gew.-% eines Pt-Co-23 Materials der Firma Heraeus Holding GmbH sowie jeweils 40 Gew.-% Aluminiumoxid (Al_2O_3) erhältlich bei der Firma CeramTech GmbH für alle geradzahigen Schichten. Die ungeradzahigen Schichten bestehen aus 100 Gew.-% Aluminiumoxid (Al_2O_3) erhältlich bei der Firma CeramTech GmbH. Die geradzahigen Schichten entsprechen demnach den ersten Unterbereichen des Teilbereiches und die ungeradzahigen Schichten den zweiten Unterbereichen des Teilbereiches. Die Schichten sind in diesem Beispiel $100 \mu\text{m}$ dick. Die weiteren Teilbereiche beinhalten in diesem Beispiel das ferromagnetische Material im Mittel zu mindestens 25 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmenge der jeweiligen weiteren Teilbereiche.

Beispiel 6 für dritten Teilbereich:

[0128] Der dritte Teilbereich enthält zu 60 Gew.-% Platin und zu 40 Gew.-% Aluminiumoxid (Al_2O_3) der Firma CeramTech GmbH.

[0129] Falls hier nicht spezifiziert, können die Korngrößen der Materialien dem Produktdatenblatt entnommen werden, das beim Rohstofflieferanten verfügbar und oftmals einer Lieferung beigefügt ist.

[0130] Das erste Material aus Beispiel 1 wird gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren für die Her-

stellung eines Pumpengehäuses zunächst in einem Behälter bereitgestellt. Das weitere Material aus Beispiel 2 wird ebenfalls in einem Behälter bereitgestellt. Das dritte Material aus Beispiel 3 wird ebenfalls in einem Behälter bereitgestellt. In abwechselnder Reihenfolge können die Pulver des dritten, des weiteren Materials und des ersten Materials in die Form, wie in **Fig. 5** gezeigt gegeben werden und mit einem Stempel, wie in **Fig. 6** gezeigt, zusammengedrückt werden. Auf diese Weise erhält man einen Pumpengehäusevorläufer, der in einem Ofen zunächst bei einer Temperatur von 400°C behandelt und anschließend bei einer Temperatur von 1700°C gesintert wird, um ein Pumpengehäuse mit mindestens einem ersten Teilbereich mit der Zusammensetzung gemäß Beispiel 4, mindestens zwei weiteren Teilbereichen mit der Zusammensetzung aus Beispiel 5 und mindestens einem dritten Teilbereich mit der Zusammensetzung aus Beispiel 6 zu erhalten.

Figuren

[0131] Im Folgenden wird in

[0132] **Fig. 1** eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung;

[0133] **Fig. 2** ein Schema eines Verfahrens zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Pumpengehäuses;

[0134] **Fig. 3a** eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Pumpengehäuses mit einem ersten und mehreren weiteren Teilbereichen benachbart zueinander angeordnet;

[0135] **Fig. 3b** eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Pumpengehäuses mit einem ersten und mehreren weiteren Teilbereichen, wobei der erste die weiteren Teilbereiche umschließt;

[0136] **Fig. 3c** eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Pumpengehäuses mit einem ersten und mehreren weiteren Teilbereichen, wobei die Teilbereiche als alternierende Schichtenfolge ausgebildet sind;

[0137] **Fig. 4a** eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Pumpengehäuses mit einem ersten und mehreren weiteren Teilbereichen, wobei zwei dritte Teilbereiche benachbart zu dem ersten Teilbereich angeordnet sind;

[0138] **Fig. 4b** eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Pumpengehäuses mit mehreren ersten und mehreren weiteren Teilbereich benachbart zu zwei dritten Teilbereichen angeordnet;

[0139] Fig. 5 ein Schema einer Pressvorrichtung zum Herstellen eines Pumpengehäusevorläufers ohne Stempel;

[0140] Fig. 6 ein Schema einer Pressvorrichtung zum Herstellen eines Pumpengehäusevorläufers mit Stempel; gezeigt.

[0141] In Fig. 1 ist schematisch eine Pumpvorrichtung **10** gezeigt, die ein Pumpengehäuse **20**, in Form eines Rohres aufweist, sowie ein Bauteilgehäuse **40**. Die Außenflächen **100** des Bauteilgehäuses **40** kommen insbesondere für eine implantierbare Pumpvorrichtung **10** mit dem Körper in Kontakt und sind daher bevorzugt biokompatibel ausgestaltet. Das Pumpengehäuse **20** weist eine Wand **21** auf, die einen Innenbereich **50** umgibt. Die zum Innenbereich **50** weisende Fläche des Pumpengehäuses **20** wird als zugewandte Oberfläche **102** bezeichnet. Die zugewandte Oberfläche **102** kommt mit dem Fluid in Kontakt und ist daher insbesondere für eine implantierbare Pumpvorrichtung **10** bevorzugt biokompatibel ausgestaltet. In dem Innenbereich **50** des Pumpengehäuses **20** befindet sich mindestens ein Impeller **80** in dem Pumpengehäuse **20**. Das Pumpengehäuse **20** weist einen ersten Teilbereich **26** in der Mitte der Wand **21** auf. An dem ersten Ende **22**, das gleichzeitig den Einlass **22** durch die Öffnung **23** definiert, weist die Wand **21** bzw. das Pumpengehäuse **20** einen ersten dritten Teilbereich **30** auf. Auf der gegenüberliegenden Seite des Pumpengehäuses **20** befindet sich das weitere Ende **24**, in Form des Auslasses **25**, beinhaltend die weitere Öffnung **25**. An diese Öffnung **25** grenzt ebenfalls ein dritter Teilbereich **30**. Angrenzend an den ersten Teilbereich **26** ragen zwei weitere Teilbereiche **28** und **28'** von dem Rohr nach oben und nach unten weg. Mittels des Impellers **80** kann ein Fluid in Pumprichtung **240** von dem Einlass **22** zum Auslass **24** gepumpt werden. Zwischen dem Bauteilgehäuse **40** und dem Pumpengehäuse **20** befinden sich weitere Bauteile, wie eine Batterie **120** sowie eine Steuereinheit **130**. Weiterhin befinden sich zwei Spulen **32** und **32'** in dem Bauteilgehäuse **40**. Die Spulen **32** und **32'** können entweder um die mindestens zwei weiteren Teilbereiche **28**, **28'** angeordnet sein oder sich an einer anderen Stelle im Bauteilgehäuse **40** befinden. Die weiteren Teilbereich **28**, **28'** sind als Ausstülpungen aus dem ansonsten röhrenförmigen Pumpengehäuse **20** ausgestaltet.

[0142] In Fig. 2a und Fig. 2b ist schematisch der Ablauf des Verfahrens zur Herstellung eines Pumpengehäuses gezeigt. In dem Schritt a. **200** wird ein erstes Material **60** bereitgestellt. Das erste Material **60** ist beispielsweise eine Mischung aus mindestens zwei Pulvern. Das erste Material enthält bevorzugt die Zusammensetzung aus Beispiel 1.

[0143] Das weitere Material **70** wird beispielsweise in Form einer Mischung aus Beispiel 2 in Schritt b. **210** bereitgestellt, wie dies in Fig. 2a gezeigt ist. Alternativ, wie in Fig. 2b gezeigt, kann das weitere Material **70** auch in Form von zwei unterschiedlichen Mischungen bereitgestellt werden, wobei ein erstes weiteres Material **72** das ferromagnetische Material in Form von Pt-Co-23 Pulver zu 90 Gew.-% und zu 10 Gew.-% das Bindemittel METAWAX P-50 enthält. Das zweite weitere Material **74** beinhaltet 90 Gew.-% Aluminiumoxid (Al_2O_3) Pulver und 10 Gew.-% das Bindemittel METAWAX P-50. Die beiden Mischungen, also das erste weitere Material **72** und das zweite weitere Material **74** werden in dieser Alternative abwechselnd in gleichen Mengen zu dem weiteren Teilbereich **28**, **28'** geformt.

[0144] Die Materialien **70**, **72** und **74** werden über Behälter in eine Form gegeben. Der Behälter kann jeweils ein Metallbehälter mit einem Siebausgang sein. Bevorzugt weisen die Pulverkörner eine runde bis ovale Ausdehnung auf. Die Korngrößenangabe D_{50} bedeutet, dass nicht mehr als 50% der Teilchen größer sind als der angegebene Durchmesser. Die Korngrößenangabe D_{90} bedeutet, dass nicht mehr als 90% der Teilchen größer sind als der angegebene Durchmesser. Die Korngröße kann mit verschiedenen Methoden bestimmt werden. Bevorzugt wird die Korngröße mit Hilfe von Laserbeugung, Lichtmikroskopie, optische Einzelpartikelzählung oder einer Kombination mindestens zwei hiervon bestimmt. Weiterhin bevorzugt wird die Bestimmung der Korngröße so wie der Korngrößenverteilung anhand von optischer Einzelauswertung von Aufnahmen mittels Transmissions-Elektronen-Mikroskopie (TEM) vorgenommen.

[0145] Das dritte Material **75** wird in Form einer Mischung aus Beispiel 3 in Schritt c. **220** bereitgestellt. Der Behälter kann auch hier ein Metallbehälter mit einem Siebausgang sein.

[0146] In einem Schritt d. **230** wird aus dem ersten Material **60**, dem weiteren Material **70** und dem dritten Material **75** ein Pumpengehäusevorläufer **90** gebildet.

[0147] Schritt d. **230** kann auf zwei alternativen Wegen zur Bildung des Pumpengehäusevorläufers **90** erfolgen. In der ersten Alternative des Schrittes d. wird zunächst ein weiterer Teilbereich **28** durch das weitere Material **70**, bzw. das erste weitere Material abwechselnd mit dem zweiten weiteren Material, gebildet. Hierbei wird das weitere Material **70**, bzw. das erste weitere Material und das zweite weitere Material abwechselnd, mit Hilfe einer Teflonrakel mit den Dimensionen 10 mm·4 mm·2 mm und einer Rakelhärte von 50 shore in eine erste Form aus einer Aluminiumoxidkeramik, gedruckt. Die erste Form ist an einer Seite offen. Anschließend oder gleichzeitig wird

das erste Material **60** in eine weitere Form und das dritte Material **75** in eine dritte Form, wie für das weitere Material beschrieben gedrückt. Auch die weitere Form und die dritte Form sind zu einer Seite hin offen. Mit einem Stempel aus Edelstahl werden das erste Material **60**, das dritte Material **75** und das weitere Material **70** unter einem Druck von einem Gewicht von 10 kg zusammengedrückt. Es entstehen drei Rohlinge, die bei einer Temperatur von 400°C in einem Heizofen von Heraeus Holding GmbH für 10 Stunden behandelt werden.

[0148] Anschließend werden die drei Rohlinge zu einem Pumpengehäusevorläufer **90** an den offenen Seiten der Form zusammengefügt. Der Pumpengehäusevorläufer wird bei einer Temperatur von 400°C an Luft behandelt. Diese Behandlung findet in einem Heizofen der Firma Heraeus Holding GmbH für einen Zeitraum von 160 min statt. Direkt im Abschluss an diesen Behandlungsschritt wird der Pumpengehäusevorläufer **90** bei einer Temperatur von 1700°C in dem gleichen Ofen für 180 min behandelt, wobei die Teilbereiche **30** mit **26** und **26** mit **28** zusammen sintern und ein Pumpengehäuse entsteht. Es entsteht ein Pumpengehäuse in Form eines runden Rohres aus mindestens einem ersten Teilbereich sowie mindestens einem dritten Teilbereich und Ausstülpungen mindestens aus zwei weiteren Teilbereichen. Der Innendurchmesser des Pumpengehäuses beträgt beispielsweise 9 mm.

[0149] In der zweiten Alternative des Schrittes d. werden die Teilbereiche **30**, **26** und **28**, **28'** in einer Form **150** wie in **Fig. 5** gezeigt zusammen gebildet. Zunächst wird hierzu das Material **75** für einen dritten Teilbereich **30** in die Form gegeben, anschließend wird das Material **60** für einen ersten Teilbereich **26** in die Form eingegeben. Auf diesen ersten Teilbereiche **26** wird Material **70**, z. B. in Form des ersten weiteren Materials **72** abwechselnd mit dem zweiten weiteren Material **74**, für zwei oder mehr weitere Teilbereiche **28**, **28'** in die Form eingegeben. Darauf folgt wiederum ein erster Teilbereich **26** aus Material **60** und ein dritter Teilbereich **30** aus Material **75**. Anschließend wird ein Deckel oder Stempel **160** aus Edelstahl auf die Form **150** gedrückt, um die Teilbereiche zusammenzudrücken, wie in **Fig. 6** gezeigt. Hierbei wird ein Gewicht von 10 kg auf die Teilbereich gedrückt. Anschließend werden die Teilbereiche **26**, **28**, **28'** und **30** zusammen zunächst für 160 min in einem Heizofen der Firma Heraeus Holding GmbH auf 400°C in der Form erhitzt. Direkt im Abschluss an diesen Behandlungsschritt wird der Pumpengehäusevorläufer **90** bei einer Temperatur von 1700°C in dem gleichen Ofen für 180 min behandelt, wobei die Teilbereiche **30** mit **26** und **26** mit **28** zusammen sintern und ein Pumpengehäuse entsteht. Es entsteht ein Pumpengehäuse in Form eines runden Rohres aus mindestens einem ersten Teilbereich und zwei dritten Teilbereichen sowie Ausstülpungen aus dem Rohr

aus mindestens zwei weiteren Teilbereichen. Der Innendurchmesser des Pumpengehäuses beträgt beispielsweise 9 mm.

[0150] In **Fig. 3a** ist ein Querschnitt (in einer Ebene Q) durch ein wie zuvor hergestelltes Pumpengehäuse **20** dargestellt. Der Kern des rohrförmigen Pumpengehäuses **20** wird durch einen ersten Teilbereich **26** gebildet, in den vier weitere Teilbereiche **28** sowie **28'** hineinragen. Die weiteren Teilbereiche **28** und **28'** bilden Ausstülpungen aus dem Pumpengehäuse **20** in alle vier Himmelsrichtungen, in Form eines Sterns. Würden die weiteren Teilbereiche in Form von Schichten aus einem ersten weiteren Material **72** und einem zweiten weiteren Material **74** geformt, so sind die Schichten bevorzugt abwechselnd von der Rohrmitte aus gesehen vorwiegend längs zur Ausrichtung der Ausstülpungen **28**, **28'** ausgebildet. Ein Beispiel für eine der Ausstülpungen **28**, **28'** mit bevorzugter Ausrichtung in Hinblick auf den Innenbereich **50** ist in **Fig. 3c** gezeigt. Bevorzugt weisen die Ausstülpungen **28**, **28'** radial von der Rohrmitte **50** nach außen. Die Oberfläche des Innenbereichs **50**, folglich die dem Innenbereich **50** zugewandte Oberfläche **102** wird in dieser Ausführungsform ausschließlich durch einen ersten Teilbereich **26** und gegebenenfalls ein oder zwei dritte Teilbereiche (hier nicht gezeigt) gebildet.

[0151] In **Fig. 3b** wird ebenfalls ein Querschnitt (in der Ebene Q) durch ein erfindungsgemäßes Pumpengehäuse **20** gezeigt. Die Anordnung der weiteren Teilbereiche **28** und **28'** sind identisch zu denen aus **Fig. 3a** und ragen in alle vier Himmelsrichtungen von dem rohrförmigen Grundkörper des Pumpengehäuses nach außen weg. Im Unterschied zu den weiteren Teilbereichen **28**, **28'** sind die weiteren Teilbereiche **28**, **28'** in der Ausführungsform aus **Fig. 3b** von dem ersten Teilbereich **26** umgeben. Daraus resultiert, dass die gesamte äußere Oberfläche des Pumpengehäuses **20** den ersten Teilbereich **26** beinhaltet und gegebenenfalls ein oder zwei dritte Teilbereiche (hier nicht gezeigt) am Ein- und Auslass.

[0152] **Fig. 3c** zeigt ein Beispiel für eine Ausgestaltungsmöglichkeit der Ausstülpungen **28**, **28'** und damit auch der ersten Unterbereiche **76** und der weiteren Unterbereiche **78** der weiteren Teilbereiche **28**, **28'**. Die Teilbereiche **28**, **28'** weisen radial von dem Innenbereich **50** des rohrförmigen Pumpengehäuses **20** weg. Parallel zu der radialen Ausrichtung der Teilbereiche **28**, **28'** erstrecken sich abwechselnd die ersten Unterbereiche **76** und zweiten Unterbereiche **78** der jeweiligen Ausstülpung **28**, **28'**. Die ersten Unterbereiche **76** und die weiteren Unterbereiche **78** sind in der nach oben weisenden Ausstülpung **28** in Schichten übereinander angeordnet. Es wechseln sich in diesem Beispiel 13 erste Unterbereiche **76** mit 12 zweiten Unterbereichen **78** ab. Die Dicke der ersten Unterbereiche **76** und der weiteren Unterberei-

che **78** können von 1 bis 1000 µm variieren. In diesem Beispiel beträgt die Dicke aller Unterbereiche 100 µm. Bevorzugt weisen sämtliche Ausstülpungen an dem Pumpgehäuse **20** die gleiche Geometrie und die gleiche Anordnung von ersten Unterbereichen **76** und weiteren Unterbereichen **78** auf.

[0153] In **Fig. 4a** ist wiederum ein Pumpengehäuse **20** mit Ausstülpungen aus weiteren Teilbereichen **28**, **28'** aus dem rohrförmigen Grundkörper des Pumpengehäuses **20** gezeigt. Hier ragen die weiteren Teilbereiche **28** und **28'** alle durch die Wandstärke des Pumpengehäuses **20** hindurch bis zum Innenbereich **50**. Der Innenbereich **50** weist folglich an seiner zugewandten Oberfläche **102** sowohl Teile von einem ersten Teilbereich **26**, einem dritten Teilbereich **30** als auch Teile von weiteren Teilbereichen **28**, **28'** auf. Die dritten Teilbereiche **30** ragen dabei an dem Einlass **22** und dem Auslass **24** über den ersten Teilbereich **26** hinaus zu den Öffnungen hin. Die dritten Teilbereiche **30** stehen nur mit dem ersten Teilbereich **26** in direktem Kontakt.

[0154] Die Ausführungsform aus **Fig. 4b** weist die gleiche Form und Anordnung der ersten **26** und weiteren Teilbereiche **28**, **28'** auf, mit dem Unterschied, dass die weiteren Teilbereiche **28** und **28'** sich in der Längsausdehnung des Pumpengehäuses **20** bis zu den dritten Teilbereichen **30** hin erstrecken. Dies hat zur Folge, dass im Bereich der ersten Öffnung **23** des Einlasses **22** und im Bereich der weiteren Öffnung **25** des Auslasses **24** die drei unterschiedlichen Teilbereiche in Form eines dritten Teilbereiches **30**, vier weiterer Teilbereiche **28**, **28'** sowie vier erster Teilbereiche **26** mit einander in Kontakt stehen.

[0155] In **Fig. 5** ist eine Form **150** gezeigt nachdem sie, wie oben bereits beschrieben durch die Materialien **60**, **70** und **75** für die ersten Teilbereiche **26**, die weiteren Teilbereiche **28**, **28'** sowie die dritten Teilbereiche **30** befüllt wurde. Die Form **150** kann beispielsweise eine Form aus Keramik, wie Al_2O_3 sein.

[0156] **Fig. 6** zeigt die Form **150** aus **Fig. 5** durch einen Deckel **160** verschlossen. Der Deckel **160** kann beispielsweise aus Edelstahl gefertigt sein.

Bezugszeichenliste

10	Pumpvorrichtung	50	Innenbereich
20	Gehäuse, Pumpengehäuse	60	erstes Material
21	Wand	70	weiteres Material
22	erstes Ende/Einlass	72	erstes weiteres Material
23	erste Öffnung	74	zweites weiteres Material
24	weiteres Ende/Auslass	75	drittes Material
25	weitere Öffnung	76	erster Unterbereich
26	erster Teilbereich	78	weiterer Unterbereich
28, 28'	weitere Teilbereiche/Ausstülpung	80	Impeller
30	dritter Teilbereich	90	Vorläufer/Pumpengehäusevorläufer
40	Bauteilgehäuse	100	Außenfläche
		102	zugewandte Oberfläche
		110	elektrisches Bauteil
		120	Batterie
		130	Steuereinheit
		150	Form
		152	Aussparung
		160	Stempel
		200	Schritt a.
		210	Schritt b.
		220	Schritt c
		230	Schritt d.
		235	Schritt e.
		240	Pumpvorrichtung

ZITATE ENHALTEN 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 Nicht-Patentliteratur

- AISI 304 [0055]
- AISI 316 L [0055]
- DIN EN ISO 4288 [0069]
- AISI 304 [0072]
- AISI 316 L [0072]
- AISI 304 [0075]
- AISI 316 L [0075]
- Standard Mil-STD-883G Method 1014 [0085]
- MIL-STD-883G, Method 1014, in Absatz 3.1 [0085]
- Standard ISO 3530 [0085]
- ASTM B265-05,: 2011 [0087]
- Norm ASTM 773,: 2009, Variante 01 [0088]
- DIN ISO 6507 aus März 2006 [0089]
- Norm ISO 10993: 2002, Teil 4 [0091]
- Norm 10993-4: 2002 [0093]
- DIN EN ISO 6507-März 2006 [0122]
- Norm ASTM A773/A773 – 01(2009) [0122]
- Norm nach 10993-4: 2002 [0122]
- Standard Mil-STD-883G Method 1014 [0122]
- MIL-STD-883G, Method 1014, in Absatz 3.1 [0122]
- Standard ISO 3530 [0122]
- DIN EN ISO 4288 [0122]

Patentansprüche

1. Eine Pumpvorrichtung (10), beinhaltend:

i. einen Impeller (80);
 ii. ein Pumpengehäuse (20), beinhaltend eine Wand (21), die einen Innenbereich (50) umgibt, mit einem Einlass (22) und einem Auslass (24), wobei der Impeller (80) im Innenbereich (50) des Pumpengehäuses (20) vorgesehen ist; wobei das Pumpengehäuse (20) mindestens einen ersten Teilbereich (26), mindestens zwei weitere Teilbereiche (28, 28') und mindestens einen dritten Teilbereich (30) beinhaltet; wobei der mindestens eine erste Teilbereich (26) zu mindestens 60 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten Teilbereiches (26), mindestens ein nicht-magnetisches Material beinhaltet, wobei die mindestens zwei weiteren Teilbereiche (28, 28') jeweils zu mindestens 25 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des jeweiligen weiteren Teilbereiches (28, 28'), mindestens ein ferromagnetisches Material beinhalten, wobei der mindestens eine dritte Teilbereich (30) einen Metallgehalt in einem Bereich von 40 bis 90 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des dritten Teilbereiches (30), beinhaltet, wobei die Wand (21) des Pumpengehäuses (20) in mindestens einer Ebene (Q) senkrecht zur Längsausdehnung des Pumpengehäuses (20) mindestens einen ersten Teilbereich (26, 26') und mindestens zwei weitere Teilbereiche (28, 28') aufweist, wobei der mindestens eine erste Teilbereich (26) und mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche (28, 28') miteinander stoffschlüssig verbunden sind.

2. Die Pumpvorrichtung (10) nach Anspruch 1, wobei der mindestens eine dritte Teilbereich (30) zu mindestens 60 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des dritten Teilbereiches (30), mindestens ein nicht-magnetisches Material beinhaltet.

3. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Pumpengehäuse (20) ein Rohr beinhaltet.

4. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens ein dritter Teilbereich (30) an dem Einlass (22) oder dem Auslass (24) vorgesehen ist, oder wobei je ein dritter Teilbereich (30) an dem Einlass (22) und dem Auslass (24) vorgesehen sind.

5. Die Pumpvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die mindestens zwei weiteren Teilbereiche jeweils mindestens einen ersten Unterbereich und jeweils einen zweiten Unterbereich beinhalten, wobei der mindestens eine erste Unterbereich mehr ferromagnetisches Material beinhaltet als der mindestens eine zweite Unterbereich.

6. Die Pumpvorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der mindestens eine erste Unterbereich und der mindestens eine zweite Unterbereich als Schicht ausgestaltet sind.

7. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Pumpengehäuse (20) ein Volumen in einem Bereich von 0,1 cm³ bis 10 cm³ aufweist.

8. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest ein Teil jedes weiteren Teilbereichs (28, 28') von jeweils mindestens einer elektrischen Spule (32, 32') umgeben ist.

9. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das nicht-magnetische Material des mindestens einen ersten Teilbereichs (26) oder des mindestens einen dritten Teilbereichs (30) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem Cermet, Aluminiumoxid (Al₂O₃), Zirkoniumdioxid (ZrO₂), einem ein Aluminiumoxid enthaltendes Zirkoniumoxid (ATZ), einem ein Zirkoniumoxid enthaltendes Aluminiumoxid (ZTA), einem ein Yttrium enthaltendes Zirkoniumoxid (Y-TZP), Aluminiumnitrid (AlN), Magnesiumoxid (MgO), einer Piezokeramik, Barium(Zr, Ti)oxid, Barium(Ce, Ti)oxid und Natrium-Kalium-Niobat, einer Platin-Legierung, einer Palladium-Legierung, einer Titan-Legierung, einer Niob-Legierung, einer Tantal-Legierung, einer Molybdän-Legierung, einem Edelstahl (AISI 304, AISI 316 L) oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon.

10. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine erste Teilbereich (26) ein nicht-magnetisches Metall in einem Bereich von 40 bis 90 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des mindestens einen ersten Teilbereiches (26), beinhaltet.

11. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das ferromagnetische Material mindestens eines der mindestens zwei weiteren Teilbereiche (28, 28') ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), Chromdioxid (CrO₂), Ferrit (Fe₂O₃) eine Eisen-Legierung, eine Eisen-Nickel-Legierung, eine Eisen-Silizium-Legierung, eine Eisen-Kobalt-Legierung, eine Nickel-Legierung, eine Aluminium-Nickel-Legierung, eine Kobalt-Legierung, eine Kobalt-Platin-Legierung, eine Kobalt-Chrom-Legierungen, eine Neodym-Eisen-Bor-Legierung, eine Samarium-Kobalt-Legierung oder eine Mischung aus mindestens zwei hiervon.

12. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche (28, 28') weiterhin eine Komponente ausgewählt aus ei-

ner Keramik, oder einem weiteren Metall oder einer Mischung hieraus beinhaltet.

13. Die Pumpvorrichtung (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das weitere Metall mindestens eines der mindestens zwei weiteren Teilbereiche (28, 28') ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Platin (Pt), Palladium (Pd), Iridium (Ir), Niob (Nb), Molybdän (Mo), Wolfram (W), Titan (Ti), Chrom (Cr), eine Kobalt-Chrom-Legierung, Tantal (Ta) und Zirkonium (Zr) oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon.

14. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine erste Teilbereich (26) weniger als 10 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des ersten Teilbereiches (26), an Metall beinhaltet.

15. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine erste Teilbereich (26) und/oder mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche (28, 28') mit mindestens einem dritten Teilbereich (30) stoffschlüssig verbunden ist.

16. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Pumpvorrichtung zumindest zu einem Teil von einem Bauteilgehäuse (40) umgeben ist, wobei mindestens ein Teil des mindestens einen dritten Teilbereiches (30) der Pumpvorrichtung (10) mit dem Bauteilgehäuse (40) verbunden ist.

17. Die Pumpvorrichtung (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Bauteilgehäuse (40) mindestens 30 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Bauteilgehäuses (40) Titan beinhaltet.

18. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Wand (21) des Pumpengehäuses (20) eine magnetische Permeabilität von weniger als 2 μ aufweist.

19. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Oberfläche (102) der Wand (21), die dem Innenbereich (50) des Pumpengehäuses (20) zugewandt ist, eine Härte nach Vickers von mindestens 330 HV, bevorzugt mindestens 350 HV, bevorzugt mindestens 370 HV aufweist.

20. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Oberfläche (102) der Wand (21), die dem Innenbereich (50) des Pumpengehäuses (20) zugewandt ist, eine um mindestens 20 HV höhere Härte nach Vickers aufweist als die zum Innenbereich (50) des Pumpengehäuses (20) weisende Oberfläche (82) des Impellers (80).

21. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest die Außenflächen (100) des Bauteilgehäuses (40) und die dem Innenbereich (50) des Pumpengehäuses (20) zugewandte Oberfläche (102) biokompatibel sind.

22. Ein Verfahren zur Herstellung eines Pumpengehäuses (20) für eine Pumpvorrichtung (10) beinhaltend die Schritte:

- Bereitstellen eines ersten Materials (60);
- Bereitstellen eines weiteren Materials (70);
- Bereitstellen eines dritten Materials (76);
- Bilden eines Pumpengehäusevorläufers (90), wobei ein erster Teilbereich (26) des Pumpengehäuses (20) aus dem ersten Material (60) und wobei mindestens zwei weitere Teilbereiche (28, 28') des Pumpengehäuses (20) aus dem weiteren Material (70) gebildet werden und wobei mindestens ein dritter Teilbereich (30) des Pumpengehäuses (20) aus dem dritten Material (76) gebildet wird;
- Behandeln des Pumpengehäusevorläufers (90) bei einer Temperatur von mindestens 300°C.

23. Das Verfahren nach Anspruch 22, wobei Schritt d. einen Formgebungsprozess beinhaltet, bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem lithographischen Prozess, einem Spritzgießen, einem Zerspanen, einem Extrudieren oder einer Kombination von mindestens zwei hiervon.

24. Ein Pumpengehäuse für eine Pumpvorrichtung (10) erhältlich nach einem Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 22 oder 23.

25. Ein Gehäuse (20), beinhaltend eine Wand (21), die einen Innenbereich (50) umgibt, wobei das Gehäuse einen Einlass (22) und einen Auslass (24) aufweist,

wobei das Gehäuse (20) mindestens einen ersten Teilbereich (26), mindestens zwei weitere Teilbereiche (28, 28') und mindestens einen dritten Teilbereich (30) aufweist;

wobei die Wand (21) des Gehäuses (20) in mindestens einer Ebene (Q) senkrecht zur Längsausdehnung des Gehäuses (20) mindestens einen ersten Teilbereich (26) und mindestens einen weiteren Teilbereich (28, 28') aufweist;

wobei der mindestens eine erste Teilbereich (26, 26') zu mindestens 60 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des mindestens einen ersten Teilbereiches (26, 26'), mindestens ein nicht-magnetisches Material beinhaltet,

wobei die mindestens zwei weiteren Teilbereiche (28, 28') zu mindestens 25 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der mindestens zwei weiteren Teilbereiche (28, 28'), mindestens ein ferromagnetisches Material beinhaltet,

wobei der mindestens eine dritte Teilbereich (30) einen Metallgehalt in einem Bereich von 40 bis 90

Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des dritten Teilbereiches **(30)**, beinhaltet, wobei der mindestens eine erste Teilbereich **(26)** und mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche **(28, 28')** miteinander stoffschlüssig verbunden sind.

26. Das Gehäuse **(20)** gemäß Anspruch 25, wobei der mindestens eine erste Teilbereich **(26)** und/oder mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche **(28, 28')** mit mindestens einem dritten Teilbereich **(30)** stoffschlüssig verbunden ist.

27. Das Gehäuse **(20)** gemäß einem der Ansprüche 25 oder 26, wobei in dem Gehäuse **(20)** zumindest in einem Teil des Gehäuses **(20)** ein verschiebbares Element vorgesehen ist.

28. Eine Pumpvorrichtung **(10)** beinhaltend mindestens ein Gehäuse **(20)** nach Anspruch 25, 26 oder 27, oder ein Pumpengehäuse **(20)** erhältlich nach einem Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 22 oder 23.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

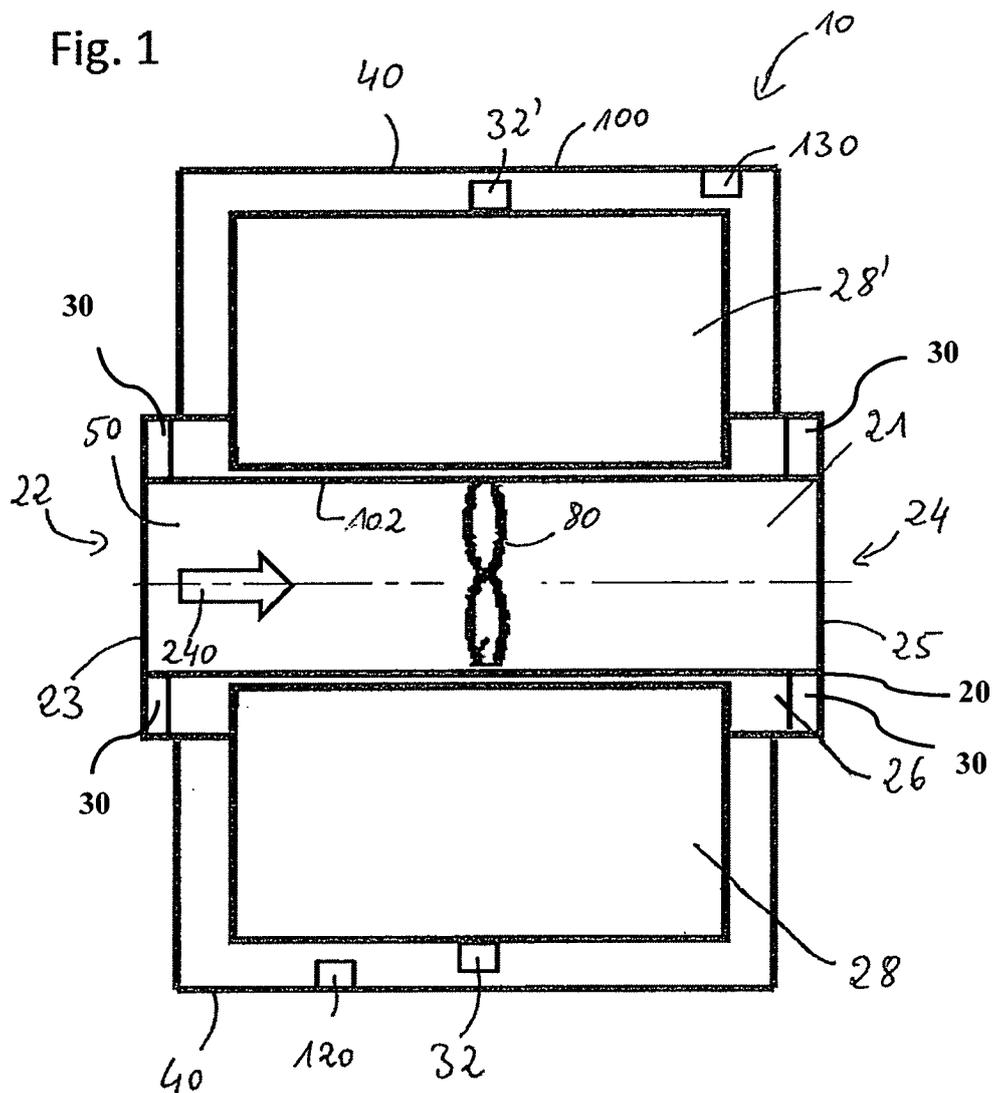


Fig. 2a

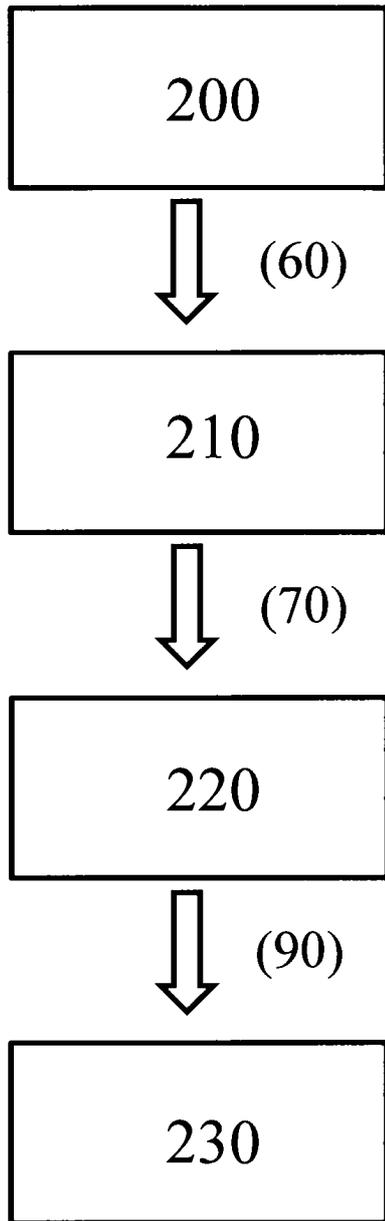


Fig. 2b

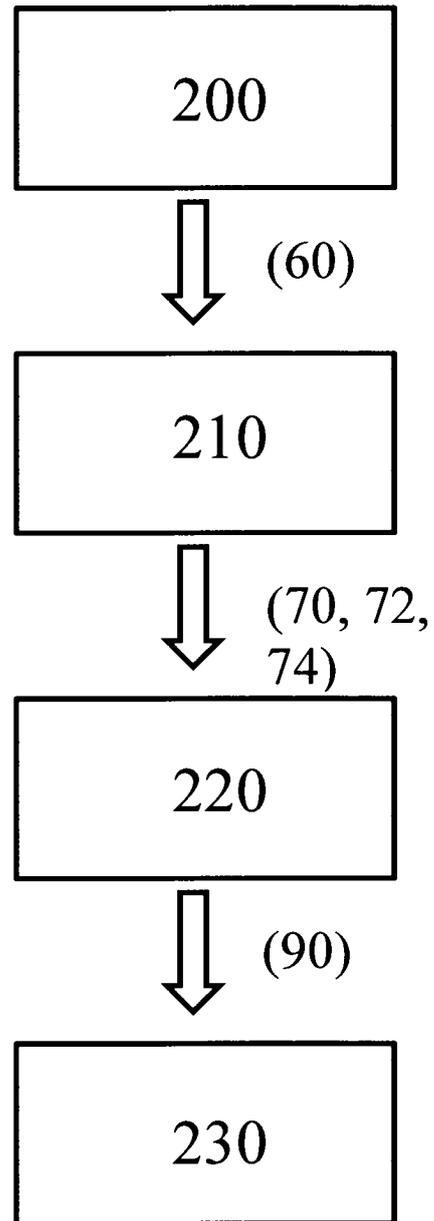


Fig. 3a

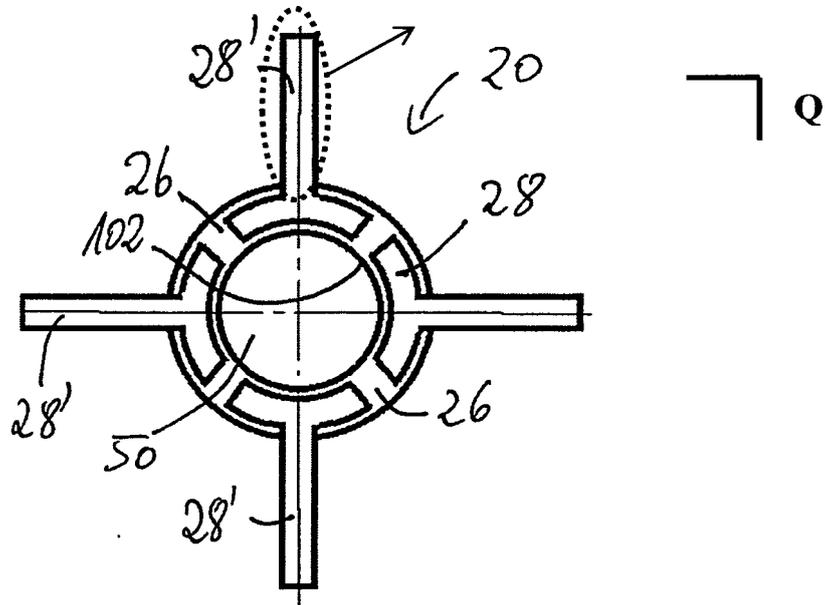


Fig. 3b

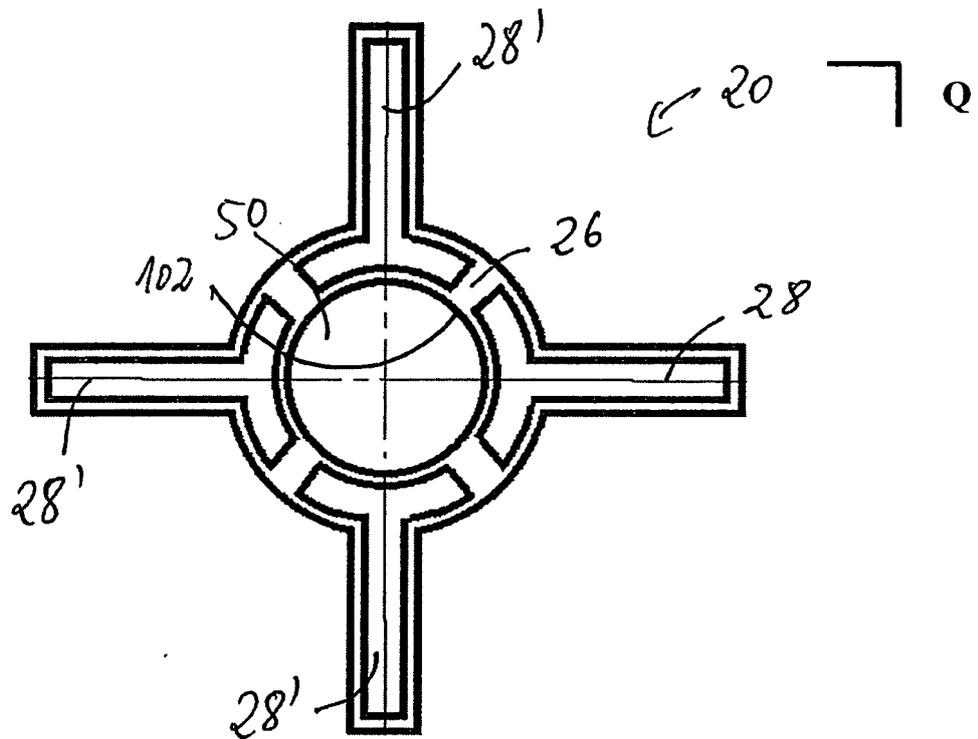


Fig. 3c

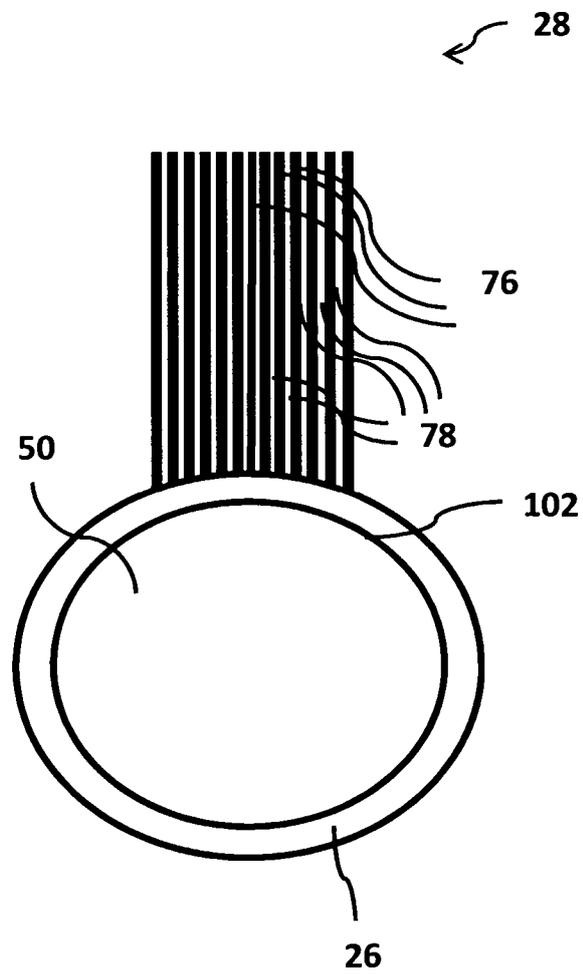


Fig. 4a

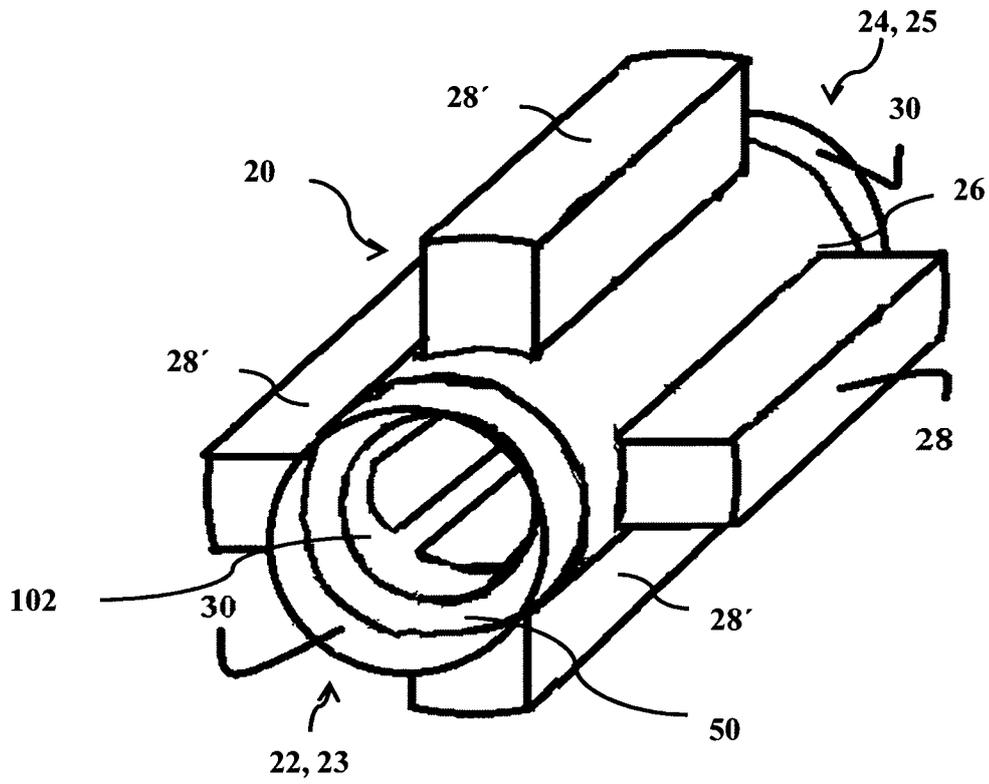


Fig. 4b

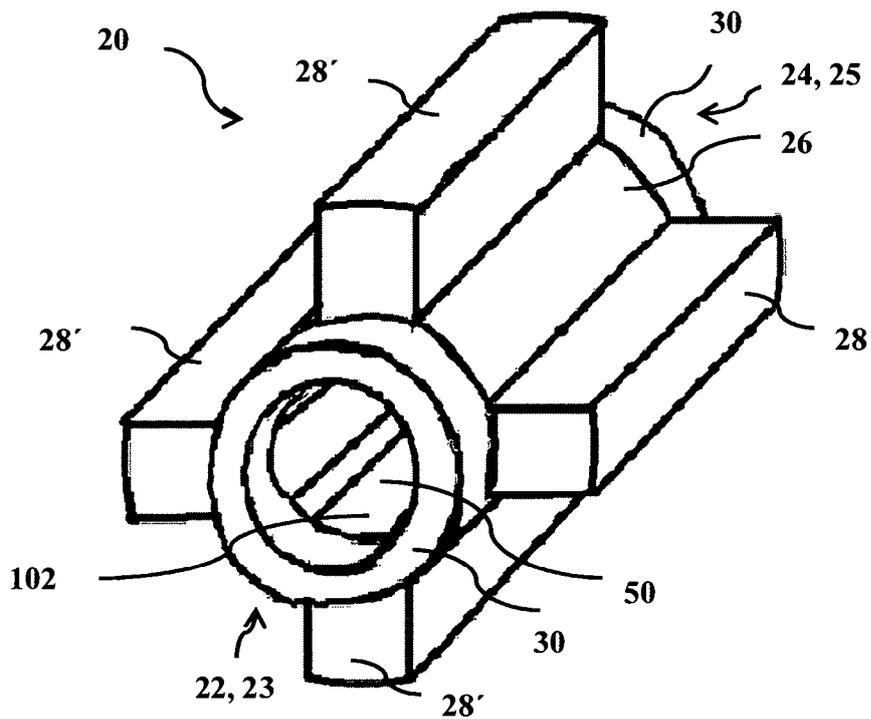


Fig 5

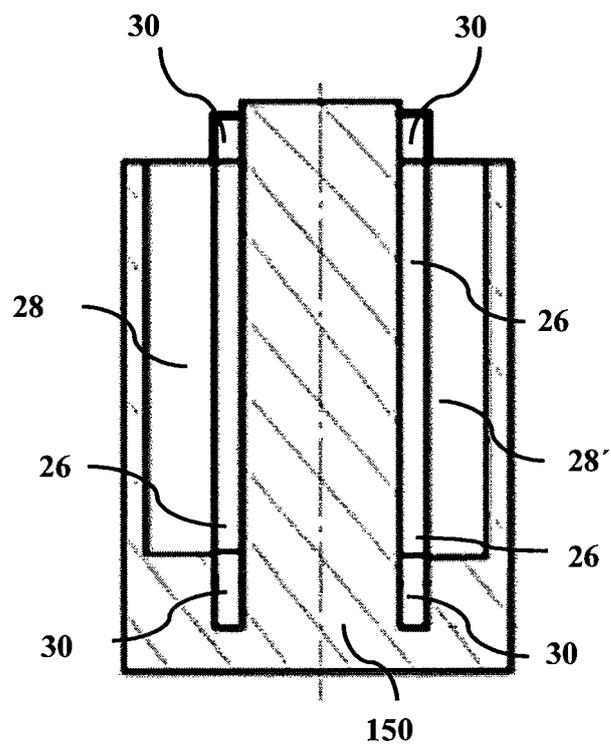


Fig 6

