

Pumpengehäuse aus einem magnetischen und einem nichtmagnetischen Material

Die Erfindung betrifft eine Pumpvorrichtung, beinhaltend i. einen Impeller; ii. ein Pumpengehäuse, das einen Innenbereich zumindest zu einem Teil umgibt, mit einem Einlass und einem Auslass, wobei der Impeller im Innenbereich des Pumpengehäuses vorgesehen ist; 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 mindestens ein nichtmagnetisches Material beinhaltet, wobei die weiteren Teilbereiche jeweils mindestens ein ferromagnetisches Material beinhalten, wobei jeder weitere Teilbereich in der Ebene (Q) zumindest einem ersten Teilbereich benachbart ist, und wobei der mindestens eine erste Teilbereich und die weiteren Teilbereiche miteinander stoffschlüssig verbunden sind. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Gehäuse, das die für das Pumpengehäuse beschriebenen Merkmale beinhaltet.

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 mindestens ein erster Teilbereich des Pumpengehäuses aus dem ersten Material, und wobei mindestens zwei weitere Teilbereiche des Pumpengehäuses aus dem weiteren Material gebildet werden; und d. Behandeln des Pumpengehäusevorläufers bei einer Temperatur von mindestens 300 °C.

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 Herstellungskosten 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.

5

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

10

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

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

15

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

20

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.

25

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

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.

30

Darüber hinaus besteht eine Aufgabe darin, ein Pumpengehäuse für eine Pumpvorrichtung bereitzustellen, das hermetisch dicht mit einem Bauteilgehäuse der Pumpvorrichtung verbunden werden kann.

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

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

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

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

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

- 15 i. einen Impeller;
ii. ein Pumpengehäuse, das einen Innenbereich zumindest zu einem Teil umgibt, mit einem Einlass und einem Auslass,
wobei der Impeller im Innenbereich des Pumpengehäuses vorgesehen ist;
wobei die Wand des Pumpengehäuses in mindestens einer Ebene senkrecht zur
20 Längsausdehnung des Pumpengehäuses mindestens einen ersten Teilbereich und mindestens zwei weitere Teilbereiche aufweist;
wobei der mindestens eine erste Teilbereich zu mindestens 60 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse des mindestens einen ersten Teilbereiches, mindestens ein nicht-magnetisches Material beinhaltet,
25 wobei die weiteren Teilbereiche zu mindestens 41 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse der weiteren Teilbereiche, mindestens ein ferromagnetisches Material beinhalten,
wobei jeder weitere Teilbereich in der Ebene zumindest einem ersten Teilbereich benachbart ist, und
30 wobei der mindestens eine erste Teilbereich und die weiteren Teilbereiche miteinander stoffschlüssig verbunden sind.

Die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung ist bevorzugt dazu geeignet in den Körper eines Menschen oder eines Tieres eingebracht zu werden. Die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung ist
35 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.

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. Das Pumpengehäuse kann sich zum Teil über den Innenbereich des Pumpengehäuses hinaus erstrecken. Bevorzugt endet das Pumpengehäuse an dem Einlass bzw. Auslass.

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 Pumprichtung 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 verlaufen bevorzugt parallel zur Längsausdehnung des Pumpengehäuses. Ein Teil der Pumpengehäusewand kann sich über den Innenbereich des Pumpengehäuses hinaus erstrecken. Bevorzugt erstreckt sich die Pumpengehäusewand über den gesamten Innenbereich des Pumpengehäuses.

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 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.

Das Pumpengehäuse beinhaltet mindestens einen Querschnitt, der bevorzugt ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus kreisförmig, rechteckig oder vieleckig 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.

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 bevorzugt entlang der Außenwand des Pumpengehäuses in Pumprichtung bestimmt. Das Pumpengehäuse weist bevorzugt eine Länge in einem Bereich 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.

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.

5

Das Pumpengehäuse beinhaltet mindestens einen ersten Teilbereich und mindestens einen weiteren Teilbereich. Der erste und der weitere Teilbereich unterscheiden sich durch ihre Zusammensetzung. Der mindestens eine erste Teilbereich weist bevorzugt mindestens eine, besonders bevorzugt alle der folgenden Eigenschaften auf:

10

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

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

25

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

35

Werden der mindestens eine erste und die weiteren Teilbereiche bei der Herstellung des Pumpengehäuses zusammengebracht, so kann ein Pumpengehäuse erhalten werden, das die für den mindestens einen ersten Teilbereich und die mindestens zwei weiteren Teilbereiche eine oder mehrere der aufgelisteten Eigenschaften vereinigt. Mindestens ein Teil des mindestens einen ersten Teilbereiches ist mit mindestens einem Teil der weiteren Teilbereiche verbunden. Die Verbindung kann eine unmittelbare Verbindung der beiden Teilbereiche sein oder eine mittelbare. Der mindestens eine erste Teilbereich und die mindestens zwei weiteren Teilbereiche sind stoffschlüssig miteinander verbunden.

Eine stoffschlüssige Verbindung liegt vor, wenn die stofflichen Eigenschaften des ersten Teilbereiches fließend in die stofflichen Eigenschaften des weiteren 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 dritter Teilbereich bezeichnet. In diesem dritten Teilbereich liegen sowohl die Materialien des ersten Teilbereiches als auch mindestens zum Teil die Materialien des weiteren Teilbereiches nebeneinander vor und bilden bevorzugt eine Vermischung der Materialien. 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 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.

Der mindestens eine erste Teilbereich beinhaltet zu mindestens 60 Gew.-%, bevorzugt zu mindestens 70 Gew.-%, oder bevorzugt zu mindestens 90 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse 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, also keine ferromagnetischen Eigenschaften aufweist. Unter einem ferromagnetischen Material wird ein Material verstanden, das eine magnetische Permeabilität von mehr als 2μ aufweist.

Bevorzugt beinhaltet der mindestens eine erste Teilbereich die 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 die Gesamtmasse des ersten Teilbereiches.

ches. Weiterhin bevorzugt beinhaltet der mindestens eine erste Teilbereich die Keramik zu 100 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse des ersten Teilbereiches.

Die 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.

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-Zirkonat (PbZrO_3), Blei-Titanat (PbTiO_3) sowie Blei-Zirkonat-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.

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.

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

Der mindestens eine erste Teilbereich und die mindestens zwei weiteren Teilbereiche können auf unterschiedliche Weise innerhalb des Pumpengehäuses angeordnet sein. 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 Figuren 3 und 4 gezeigt.

5

Jeder Übergang von einem Teilbereich zu einem anderen Teilbereich kann in Bezug auf einen Querschnitt des Pumpengehäuses rechtwinklig oder in einem von 90 ° verschiedenen Winkel angeordnet sein. Ferner kann jeder Übergang auch unregelmäßig ausgebildet sein, d.h. im Querschnitt kann keine gedachte grade Linie auf dem Übergang angelegt werden. Weiterhin kann jeder Übergang von einem Teilbereich zu einem anderen Teilbereich alternativ oder zusätzlich zu dem vorstehend beschriebenen in Bezug auf einen Längsschnitt durch eine Wand des Pumpengehäuses rechtwinklig oder in einem von 90 ° verschiedenen Winkel angeordnet sein. Ferner kann jeder Übergang auch unregelmäßig ausgebildet sein, d.h. im Längsschnitt kann keine gedachte grade Linie auf dem Übergang angelegt werden. Ferner sind Kombinationen der vorstehend genannten Konfigurationen eines Übergangs im Querschnitt und im Längsschnitt bevorzugt.

10

15

20

25

Bevorzugt weist mindestens eine Oberfläche des mindestens einen ersten Teilbereichs zum Innenbereich hin. Der mindestens eine erste Teilbereich oder die mindestens zwei weiteren Teilbereiche 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 beinhalten. Bevorzugt sind der mindestens eine erste Teilbereich und die mindestens zwei weiteren Teilbereiche als Abschnitte senkrecht oder parallel zur Längsausdehnung des Pumpengehäuses ausgestaltet.

30

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 bevorzugten Ausgestaltung des Pumpengehäuses der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung weist mindestens eine Oberfläche des ersten Teilbereiches zur Außenseite des Pumpengehäuses.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des Pumpengehäuses der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung umgibt der mindestens eine erste Teilbereich mindestens einen der mindestens zwei weiteren Teilbereiche teilweise. Bevorzugt umgibt der mindestens eine erste Teilbereich alle der mindestens zwei weiteren Teilbereiche teilweise. In einer bevorzugten Ausgestaltung des Pumpengehäuses der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung weist mindestens eine Oberfläche des ersten Teilbereiches und des weiteren Teilbereiches zur Außenseite des Pumpengehäuses.

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.

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

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.

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.

Der Impeller kann aus jedem Material hergestellt sein, das der Fachmann für einen Einsatz in der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung auswählen würde. Bevorzugt weist der Impeller mindestens zwei Bereiche auf: Einen ersten Bereich im Zentrum des Impellers um die Rotationsachse herum. Dieser erste Bereich wird auch Kernbereich genannt. Einen zweiten Bereich, auch Rotorbereich genannt. Dieser zweite Bereich weist mindestens zwei Rotorblätter auf, die zur Förderung des zu fördernden Fluids geeignet sind.

Der Impeller beinhaltet mindestens ein Element, wobei das Element hartmagnetische Eigenschaften aufweist. Eine hartmagnetische Eigenschaft bedeutet, dass ein Material eine dauerhafte Magnetisierung in Folge von Aussetzen dieses Materials in einem Magnetfeld erhält. Die Stärke eines magnetisierenden Feldes wird in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Elementes gewählt. Die dazu notwendigen Überlegungen und Berechnungen sind dem Fachmann geläufig. Bevorzugt wird beim Magnetisieren die Induktion des Impellers gesättigt. 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 es den Impeller bewegt, wenn es 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.

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, wie 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 mindestens 10 Gew.-%, oder

bevorzugt zu mindestens 20 Gew.-%, oder bevorzugt zu mindestens 30 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse 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 die Gesamtmasse 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 die Gesamtmasse des Elementes.

Der Impeller kann in seinem Kern, dem Bereich um die Drehachse herum, ein anderes Material aufweisen als in oder an den Rotorblättern. Alternativ kann der Impeller ein einheitliches Material im Kern und den Rotorblättern beinhalten. Das Material der Rotorblätter kann flexibel oder unflexibel sein. Bevorzugt ist das Material des Kerns des Impellers oder der Rotorblätter des Impellers jeweils ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem Polymer, einem Metall, einer Keramik oder einer Kombination oder Mischung aus mindestens zwei hiervon.

Das Polymer kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus einem Chitosan, einem Fibrin, einem Collagen, einem Caprolacton, einem Lactid, einem Glycolid, einem Dioxanon, einem Polyurethan, einem Polyimid, einem Polyamid, einem Polyester, einem Polymethylmethacrylat, einem Polyacrylat, einem Teflon, einem Copolymer aus mindestens zwei hieraus oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon.

Das Metall kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus Eisen (Fe), Edelstahl, Platin (Pt), Iridium (Ir), Niob (Nb), Molybdän (Mo), Wolfram (W), Titan (Ti), Kobalt (Co), Chrom (Cr), eine Kobalt-Chrom-Legierung, Tantal (Ta), Vanadium (V) und Zirkonium (Zr) oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon, wobei insbesondere bevorzugt sind Titan, Niob, Molybdän, Kobalt, Chrom, Tantal, Zirkonium, Vanadium und deren Legierungen.

Die Keramik kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus Aluminiumoxid (Al_2O_3), Zirkoniumdioxid (ZrO_2), Hydroxylapatit, Tricalciumphosphat, Glaskeramik, Aluminiumoxid verstärktes Zirkoniumoxid (ZTA), Zirkoniumoxid enthaltendes Aluminiumoxid (ZTA - Zirconia Toughened Aluminum - $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$), Yttrium enthaltendes Zirkoniumoxid (Y-TZP), Aluminiumnitrid (AlN), Titannitrid (TiN), Magnesiumoxid (MgO), Piezokeramik, Barium(Zr, Ti)oxid, Barium(Ce, Ti)oxid und Natrium-Kalium-Niobat oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon.

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.

5 Der Impeller ist bevorzugt in dem Innenbereich des Pumpengehäuses angeordnet, das 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. Der Impeller in dem Innenbereich des Pumpengehäuses wird bevorzugt von magnetischen Feldern von 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
10 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.

20 In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung ist zumindest ein Teil jedes weiteren Teilbereichs von jeweils mindestens einer elektrischen Spule umgeben. In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung beinhaltet das Pumpengehäuse mindestens als einen Grundkörper ein Rohr. Bevorzugt ist das Rohr gerade. Alternativ kann das Rohr mindestens eine Biegung aufweisen. Das Rohr ist bevorzugt bis auf einen Einlass wie einen Auslass geschlossen. Das bedeutet, dass das Rohr außer den beiden Öffnungen am Einlass und Auslass keine weiteren Öffnungen aufweist. Die Dimensionen, Materialien und Ausgestaltungen entsprechen bevorzugt ansonsten denen des zuvor beschriebenen Pumpengehäuses.

30 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 (Al_2O_3), Zirkoniumdioxid (ZrO_2), einem ein Aluminiumoxid enthaltendes Zirkoniumoxid (ATZ), einem ein Zirkoniumoxid enthaltendes Aluminiumoxid (ZTA), einem ein Yttrium enthaltendes Zirkoniumoxid (Y-TZP), Aluminiumnitrid (AlN),
35

Magnesiumoxid (MgO), einer Piezokeramik, Barium(Zr, Ti)oxid, Barium(Ce, Ti)oxid und Natrium-Kalium-Niobat, einer Platin-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.

5

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.

10

15

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.-%, bezogen auf die Gesamtmasse des mindestens einen ersten Teilbereiches.

20

Weiterhin bevorzugt ist das nicht-magnetische Metall ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Platin (Pt), Iridium (Ir), Niob (Nb), Molybdän (Mo), Wolfram (W), Titan (Ti), Chrom (Cr), Tantal (Ta), Zirkonium (Zr), Legierungen aus den vorgenannten Metallen, Palladium (Pd), 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.

25

Liegt der Gehalt des nicht-metallischen Metalls unterhalb von 60 Gew.-% des ersten Teilbereiches, 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 die Gesamtmasse des ersten Teilbereiches ergänzt werden.

30

35

In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung ist das ferromagnetische Material des weiteren Teilbereichs ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), Chromdioxid (CrO_2), 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.

Die mindestens zwei weiteren Teilbereiche des Pumpengehäuses beinhalten bevorzugt einen Metallgehalt in einem Bereich von 41 bis 90 Gew.-%, bevorzugt in einem Bereich von 45 bis 85 Gew.-%, oder in einem Bereich von 60 bis 80 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse des weiteren Teilbereiches.

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 49 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 2 bis 45 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 5 bis 40 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse 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 Teilbereich angegeben wurden. Die Summe aller Bestandteile des weiteren Teilbereiches ergibt stets 100 Gew.-%.

Das Pumpengehäuse beinhaltet erfindungsgemäß mindestens einen ersten Teilbereich und mindestens zwei weitere Teilbereiche. Das Pumpengehäuse kann mehrere erste Teilbereiche und mehrere weitere Teilbereiche aufweisen. Bevorzugt weist das Pumpengehäuse eine Anzahl an ersten Teilbereichen in einem Bereich von 1 bis 10, bevorzugt von 1 bis 8, oder bevorzugt von 1 bis 5 auf. Bevorzugt weist das Pumpengehäuse eine Anzahl an weiteren Teilbereichen in einem Bereich von 1 bis 10, bevorzugt von 2 bis 8, oder bevorzugt von 2 bis 5 auf. Bevorzugt beinhaltet das Pumpengehäuse einen ersten Teilbereich und drei weitere Teilbereiche. Der mindestens eine erste und die mindestens zwei weiteren Teilbereiche können gleich groß sein oder alternativ unterschiedliche Größen aufweisen. Der mindestens eine erste Teilbereich

und die mindestens zwei weiteren Teilbereiche erstrecken sich bevorzugt über die gesamte Dicke der Pumpengehäusewand. 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. Die mindestens zwei weiteren Teilbereiche weisen bevorzugt eine Breite bezogen auf die Längsausdehnung des Pumpengehäuses, in einem Bereich von 0,5 bis 80 mm, bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 60 mm, oder bevorzugt in einem Bereich von 2 bis 20 mm auf.

10 In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung weist das Pumpengehäuse ein Volumen in einem Bereich von $0,1 \text{ cm}^3$ bis 10 cm^3 , bevorzugt in einem Bereich von $0,2$ bis 9 cm^3 , oder bevorzugt in einem Bereich von $0,5$ bis 5 cm^3 auf. Bevorzugt sind die Dimensionen wie Länge, Durchmesser und Wanddicke des Pumpengehäuses wie bereits oben angegeben. Das Volumen des Pumpengehäuses ist durch den vom Pumpengehäuse umgebenen Innenraum definiert. Die Wand des Pumpengehäuses weist bevorzugt eine Stärke bzw.
15 Dicke in einem Bereich von $0,1$ bis 5 mm , oder bevorzugt in einem Bereich von $0,3$ bis 4 mm , oder bevorzugt in einem Bereich von $0,4$ bis 3 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 oder der weiteren Teilbereiche die
20 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.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung beinhaltet der
25 mindestens eine erste Teilbereich weniger als 10 Gew.-%, bevorzugt von weniger als 5 Gew.-%, oder bevorzugt von weniger als 3 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse des ersten Teilbereiches, an magnetischem Metall. Die Summe aller Bestandteile des ersten Teilbereiches ergibt stets 100 Gew.-%.

30 Das Metall des ersten Teilbereiches ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Platin (Pt), Eisen (Fe), Edelstahl (AISI 304, AISI 316 L), Iridium (Ir), Niob (Nb), Molybdän (Mo), Wolfram (W), Titan (Ti), Kobalt (Co), Chrom (Cr), eine Kobalt-Chrom-Legierung, Tantal (Ta), und Zirkonium (Zr) oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon. Bevorzugt ist das Metall ausgewählt aus der Gruppe bestehen aus Titan, Niob, Molybdän, Kobalt, Chrom, Tantal und
35 deren Legierungen oder einer Mischung aus mindestens zwei hiervon.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung weist der dritte Teilbereich einen Metallgehalt zwischen dem Metallgehalt des ersten Teilbereiches und dem Metallgehalt eines der weiteren Teilbereiche auf. Der dritte Teilbereich kann sich aufgrund des Herstellprozesses des Pumpengehäuses zwischen dem mindestens einen ersten und dem mindestens einen weiteren Teilbereich befinden. Alternativ kann beim Herstellungsprozess ein dritter Teilbereich mindestens zwischen einem ersten und einem weiteren Teilbereich eingebracht worden sein. Der dritte Teilbereich beinhaltet bevorzugt eine Keramik und ein Metall. Die Keramik ist bevorzugt ausgewählt aus den für den ersten Teilbereich aufgelisteten Keramiken. Das Metall ist bevorzugt ausgewählt aus den für den weiteren Teilbereich aufgelisteten Metallen. Der dritte Teilbereich beinhaltet die Keramik bevorzugt in einem Bereich von 10 bis 90 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 20 bis 80 Gew.-% oder bevorzugt in einem Bereich von 30 bis 70 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse des dritten Teilbereiches. Der dritte Teilbereich beinhaltet das Metall bevorzugt in einem Bereich von 10 bis 89 Gew.-%, oder bevorzugt in einem Bereich von 20 bis 80 Gew.-% oder bevorzugt in einem Bereich von 30 bis 70 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse des dritten Teilbereiches. Die Summe aller Bestandteile des dritten Teilbereiches ergibt stets 100 Gew.-%. Der dritte Teilbereich weist bevorzugt einen Metallgehalt auf, der sich aus dem Mittelwert des Metallgehaltes des ersten Teilbereiches und des weiteren Teilbereiches ergibt. Der dritte Teilbereich kann dazu dienen Spannungen zwischen den unterschiedlichen Materialien des ersten und des weiteren Teilbereiches abzubauen oder zu minimieren. Bevorzugt ist die Verbindung zwischen dem ersten und dem dritten Teilbereich stoffschlüssig. Weiterhin bevorzugt ist die Verbindung zwischen dem zweiten und dem dritten Teilbereich ebenfalls stoffschlüssig. Bevorzugt weisen der erste, der weitere und der dritte Teilbereich die gleiche Keramik oder die gleichen Keramiken und das gleiche Metall oder die gleichen Metalle auf.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung weist die Pumpvorrichtung ein Bauteilgehäuse auf, das mit dem Pumpengehäuse hermetisch dicht verbunden ist. Bevorzugt ist zumindest ein Teil des Pumpengehäuses zu einem Teil von einem Bauteilgehäuse umgeben. Es ist bevorzugt, dass mindestens ein Teil des mindestens einen ersten Teilbereiches der Pumpvorrichtung mit dem Bauteilgehäuse verbunden ist. Die Verbindung des Bauteilgehäuses mit mindestens einem Teil 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. Die hier erfindungsgemäß vorgeschlagene medizinisch implantierbare

Pumpvorrichtung kann insbesondere in einen Körper eines menschlichen oder tierischen Benutzers, insbesondere eines Patienten, eingesetzt werden. Eine implantierte Pumpvorrichtung ist in der Regel einer Flüssigkeit eines 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.

Die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung, insbesondere Verbindungen von Bauteilgehäuse mit Pumpengehäuse sind 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 oder weniger. 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 oder weniger 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) und die Umrechnung sind im Standard ISO 3530 angegeben.

Die erfindungsgemäße Pumpvorrichtung weist bevorzugt neben dem Impeller, dem Pumpengehäuse mit einem ersten und den mindestens zwei weiteren Teilbereichen bevorzugt ein Bauteil-

gehäuse auf, in dem sich weitere Bauteile der Pumpvorrichtung befinden 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.

5

In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung beinhaltet das Bauteilgehäuse Titan zu mindestens 30 Gew.-%, bevorzugt mindestens 50 Gew.-%, oder bevorzugt mindestens 80 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse des Bauteilgehäuses. Weiter bevorzugt beinhaltet das Bauteilgehäuse Titan zu mindestens 99 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse 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 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.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung weist der mindestens eine erste Teilbereich 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 773-01:2009 bestimmt.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung weist die Oberfläche der erste Teilbereich, 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 der gesamte mindestens eine erste Teilbereich eine Härte in den angegebenen Bereichen auf. Mindestens die Oberfläche des mindestens einen weiteren Teilbereiches weist 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. 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 Materieschicht 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.

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 10993-4:2002.

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.

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. Bilden eines Pumpengehäusevorläufers, wobei mindestens ein erster Teilbereich des Pumpengehäuses aus dem ersten Material, und wobei mindestens zwei weitere Teilbereiche des Pumpengehäuses aus dem weiteren Material gebildet werdend;
- d. Behandeln des Pumpengehäusevorläufers bei einer Temperatur von mindestens 300 °C.

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

Das Bilden des Pumpengehäusevorläufers kann auf jede beliebige Art und Weise erfolgen, die der Fachmann für den Zweck der Bildung eines ersten Teilbereiches und mindestens zweier weiterer Teilbereiche auswählen würde.

- 5 In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens beinhaltet Schritt c. 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.
- 10 In einem lithographischen Prozess werden verschiedene Schichten eines oder mehrerer Materialien nacheinander in einer Form gebracht. 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
- 15 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
- 20 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
- 25 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
- 30 Wiederholung dieses Vorgangs mit ein und demselben Material oder auch unterschiedlichen Materialien können 3-D Strukturen erhalten werden.

Das Spritzgießen, oder auch Spritzgussverfahren genannt, ist ein Formungsprozess für mindestens ein Material, um einen geformten Festkörper zu erhalten. Dem Fachmann sind unter-

35 schiedliche Spritzgießverfahren sowie bei Spritzgießen verwendeten Werkzeuge und Bedin-

gungen aus dem Stand der Technik bekannt. Das Spritzgießen kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus einem Mehrkomponenten-Spritzgießen, einem Pulverspritzgießen, einem Spritzprägen, einem Extrusionsspritzgießen, einem Unterdruckspritzgießen oder einer Kombination aus mindestens zwei hiervon.

5

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. Beispiels-

10 weise 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.

15

Bei dem Bilden des Pumpengehäusevorläufers in Schritt c. wird ein erstes Material zum Bilden eines ersten Teilbereiches mit einem weiteren Material zum Bilden des weiteren 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

20 anschließend das erste Material. Die Mengenverhältnisse im ersten und weiteren Material entsprechen bevorzugt den Mengenverhältnissen im ersten und im weiteren Teilbereich, wie sie oben im Zusammenhang mit dem ersten Gegenstand, der erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung, beschrieben wurden. Weiterhin können das erste und das weitere Material Additive enthalten. Bevorzugt weist der Pumpengehäusevorläufer nach dem Inkontaktbringen bereits die

25 Form des Pumpengehäuses auf. Bevorzugt bilden die beiden Materialien eine kontinuierliche Form. Das Inkontaktbringen kann noch einen oder mehrere weitere Schritte beinhalten. So kann ein drittes Material, das bevorzugt eine Zusammensetzung wie der dritte Teilbereich der zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung, zwischen dem ersten Material und dem weiteren Material in den Pumpengehäusevorläufer eingebracht werden.

30

Als Additiv kann jede Substanz ausgewählt sein, die der Fachmann als Zusatz für das erste 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.

35

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.

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.

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 die Gesamtmasse an Methylcellulose. Bevorzugt weist die Methylcellulose einen Anteil an $-OCH_3$ 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 die Gesamtmasse an Methylcellulose auf. Weiterhin bevorzugt weist die Methylcellulose einen Anteil an $-OC_3H_6OH$ 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 die Gesamtmasse an Methylcellulose auf.

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.

- 5 Der erste Material 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 die Gesamtmasse des ersten Materials.
- 10 Der weitere Material 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.
- 15 Das Behandeln des Pumpengehäusevorläufers in Schritt d. 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 Behandelns 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
- 20 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 d. des Pumpengehäusevorläufers aus Schritt c. möglich. Das Behandeln des Pumpengehäusevorläufers kann beispielsweise in einer oxidativen Atmosphäre, einer reduktiven Atmosphäre oder unter einer Schutzatmosphäre erfolgen. Eine oxidative At-
- 25 mosphäre 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
- 30 Atmosphäre für die erwähnten Materialien bekannt. Es können auch bevorzugt nacheinander Kombinationen von unterschiedlichen Atmosphären für verschiedene Zeiträume gewählt werden.

- Das Behandeln des Pumpengehäusevorläufers kann entweder in einem Schritt erfolgen oder
- 35 bevorzugt in mehr als einem Schritt. Bevorzugt wird der Pumpengehäusevorläufer in einem

ersten Teilschritt des Schrittes d. 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 d. kann über einen Zeitraum in einem Bereich von 1 bis 180 min, bevorzugt in einem Bereich von 10 bis 120 min, oder
5 bevorzugt in einem Bereich von 20 bis 100 min erfolgen. Dieser Teilschritt kann entweder durch Einbringen des Pumpengehäusevorläufers aus Schritt c. in eine vorgeheizte Atmosphäre erfolgen oder durch langsames schrittweises oder stetig erhöhtes Erhitzen des Pumpengehäusevorläufers. Bevorzugt wird das Behandeln in dem ersten Teilschritt des Schritt d. des Pumpengehäusevorläufers in einem Schritt auf eine Temperatur in einem Bereich von 301 bis 600 °C vor-
10 genommen.

In einem zweiten Teilschritt des Behandelns aus Schritt d., 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
15 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 d. 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 d. des Pumpengehäusevorläufers in einem Schritt auf eine Temperatur in
20 einem Bereich von 800 bis 2500 °C vorgenommen. Die Behandlung des Pumpengehäusevorläufers in dem zweiten Teilschritt wird 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.

25 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.
30 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.

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 Bauteil-
5 gehäuse umgeben und die weiteren Teilbereiche des Pumpengehäuses mit dem Bauteilgehäuse stoffschlüssig verbunden. Dies kann zum Beispiel durch eine Lötverbindung entlang der Berührungspunkt von Pumpengehäuses und Bauteilgehäuse durchgeführt werden.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Pumpengehäuse für eine Pumpvor-
10 richtung erhältlich nach dem zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Gehäuse, das einen Innenbereich zumindest zu einem Teil umgibt, mit einem ersten Ende und einem zweiten Ende,

wobei die Wand des Gehäuses in mindestens einer Ebene senkrecht zur Längsaus-
15 dehnung des Gehäuses mindestens einen ersten Teilbereich und mindestens einen weiteren Teilbereich aufweist;

wobei der mindestens eine erste Teilbereich zu mindestens 60 Gew.-%, bezo-
gen auf die Gesamtmasse des mindestens einen ersten Teilbereichs, min-
destens ein nicht-magnetisches Material beinhaltet,

20 wobei der mindestens eine weitere Teilbereich zu mindestens 41 Gew.-%, bezo-
gen auf die Gesamtmasse des mindestens einen weiteren Teilbereichs, mindestens ein ferromagnetisches Material beinhaltet,

wobei der mindestens eine weitere Teilbereich in der Ebene und der mindestens
eine erste Teilbereich in der Ebene benachbart ist, und

25 wobei der mindestens eine erste Teilbereich und der mindestens eine weitere Teilbereich
miteinander stoffschlüssig verbunden sind.

Das Gehäuse entspricht in seiner Form, seiner Zusammensetzung und seiner sonstigen Aus-
gestaltung dem Pumpengehäuse, das zuvor im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen
30 Pumpvorrichtung beschrieben wurde.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des Gehäuses ist in dem Gehäuse zumindest in einem Teil
des Gehäuses ein verschiebbares Element vorgesehen ist. Weitere bevorzugte Ausführungs-
formen entsprechen den zuvor beschriebenen Ausführungsformen der erfindungsgemäßen

35 Pumpvorrichtung

- 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..
- 15 Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Pumpvorrichtung beinhaltend mindestens ein zuvor beschriebenes Gehäuse oder ein Pumpengehäuse erhältlich nach einem zuvor beschriebenen Verfahren.

Messmethoden

1. Bestimmung der Härte nach Vickers (HV):

Die Prüfkraft und Materialien wurden gemäß der Norm nach DIN EN ISO 6507-März 2006 bestimmt. Es wurden folgende Prüfkraft und Einwirkdauern verwendet: 1kg, 15 Sekunden. Die Prüftemperatur betrug $23\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$

2. Bestimmung der magnetischen Permeabilität: Die magnetische Permeabilität wurde gemäß der Norm ASTM A773 / A773 - 01(2009)

3. Bestimmung der Biokompatibilität:

Die Biokompatibilität wird gemäß der Norm nach 10993-4:2002 bestimmt werden.

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 $1 \times 10^{-7}\text{ atm}\cdot\text{cm}^3/\text{sec}$ oder weniger 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.

5. Bestimmung der Rauheit: DIN EN ISO 4288. Weitere Parameterangaben: Maximaler Tastspitzenradius = 2 μm ; Messstrecke = 1,25 mm; Grenzwellenlänge = 250 μm .

Beispiele

Beispiel 1 für erstes Material:

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 CeramTech 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:

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 ersten Teilbereich:

Das erste Material enthält 50 Gew.-% Platinpulver der Firma Heraeus Precious Metals GmbH & Co.KG und 50 Gew.-% Aluminiumoxid (Al_2O_3) der Firma CeramTech GmbH.

Beispiel 4 für weiteren Teilbereich:

Das weitere Material enthält eine Mischung aus 50 Gew.-% eines Pt-Co-23 Materials der Firma Heraeus Holding GmbH sowie 50 Gew.-% Aluminiumoxid (Al_2O_3) erhältlich bei der Firma CeramTech GmbH.

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

Das erste Material aus Beispiel 1 wird gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren für die Herstellung eines Pumpengehäuses zunächst in einem Behälter bereitgestellt. Das weitere Material aus Beispiel 2 wird ebenfalls in einem Behälter bereitgestellt. In abwechselnder Reihenfolge können die Pulver des weiteren Materials und des ersten Materials in die Form, wie in Figur 5 gezeigt gegeben werden und mit einem Stempel 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 3 und mindestens einem weiteren Teilbereich mit der Zusammensetzung aus Beispiel 4 zu erhalten.

Figuren

Im Folgenden wird in

- 5 Figur 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Pumpvorrichtung;
 Figur 2 ein Schema eines Verfahrens zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Pumpengehäuses;
 Figur 3a-b eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Pumpengehäuses mit
 einem ersten und einem weiteren Teilbereich direkt benachbart zueinander an-
 10 geordnet;
 Figur 4a-b eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Pumpengehäuses mit
 einem ersten und einem weiteren Teilbereich getrennt durch einen dritten Teilbe-
 reich angeordnet;
 15 gezeigt.

In Figur 1 ist schematisch eine Pumpvorrichtung 10 gezeigt, die ein Pumpgehäuse 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
 20 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
 25 Pumpengehäuses 20 befindet sich mindestens ein Impeller 80, in diesem Fall befinden sich zwei 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 weiteren Teilbereich 28 auf. Auf der gegenüberliegenden Seite des Pumpengehäuses 20
 30 befindet sich das weitere Ende 24, in Form des Auslasses 24, beinhaltend die weitere Öffnung 25. 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 Pumpgehäuse 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 entwe-
 35 der 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.

In Figur 2 ist schematisch der Ablauf des Verfahrens zur Herstellung eines Pumpengehäuses gezeigt. In dem Schritt a. bzw. a) 200 wird ein erstes Material 60 bereitgestellt. Das erste Material 60 ist beispielsweise eine Mischung aus mindestens zwei Pulvern. Das erste Material enthält die Zusammensetzung aus Beispiel 1

Das weitere Material 70 wird in Form einer Mischung Beispiel 2 bereitgestellt. Der Behälter kann 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.

In einem Schritt c bzw. c) 220 wird aus dem ersten Material 60 und dem weiteren Material 70 ein Pumpengehäusevorläufer 90 gebildet.

Die Schritte c. bzw. c) 200 sind zwei Alternativen nach denen bei der Bildung des Pumpengehäusevorläufers 90 verfahren werden kann. In der ersten Alternative des Schrittes c. wird zunächst ein weiterer Teilbereich 28 durch das weitere Material 70 gebildet. Hierbei wird das weitere Material 70 mit Hilfe einer Teflonraket 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 wird das erste Material 60 in eine weitere Form, wie für das weitere Material beschrieben gedruckt. Auch die weitere Form ist zu einer Seite hin offen. Mit einem Stempel aus Edelstahl werden das erste und das weitere Material 70 unter einem Druck von einem Gewicht von 10Kg zusammengedrückt. Es entstehen zwei Rohlinge, die bei einer Temperatur von 400 °C in einem Heizofen von Heraeus Holding GmbH für 10 Stunden behandelt werden.

Anschließend werden die beiden 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 26, 28 zusammen sintern und ein Pumpengehäuse entsteht. Es entsteht ein Pumpengehäuse in Form eines runden Rohres aus mindestens einem ersten Teilbereich und Ausstülpungen mindestens aus zwei weiteren Teilbereichen. Der Innendurchmesser des Pumpengehäuses beträgt 9 mm.

In Figur 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 viel weitere Teilbereiche 28 sowie 28' hineinragen. Die weiteren Teilbereiche 28 und 28' bilden Ausstülpungen aus dem Pumpengehäuse 20 in alle vier Himmelsrichtungen. Die Oberfläche des Innenbereichs 50, folglich die dem Innenbereich 50 zugewandte Oberfläche 102 wird in dieser Ausführungsform ausschließlich durch einen ersten Teilbereich 26 gebildet.

In Figur 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 Figur 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 Figur 3b von dem ersten Teilbereich 26 umgeben. Daraus resultiert, dass die gesamte äußere Oberfläche des Pumpengehäuses 20 den ersten Teilbereich 26 beinhaltet.

In Figur 4a ist wiederum ein Pumpengehäuse 20 mit Ausstülpungen 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 erstem Teilbereich 26 als auch Teile von weiteren Teilbereichen 28, 28' auf. Der erste Teilbereich 26 ragt dabei an dem Einlass 22 und dem Auslass 24 über die weiteren Teilbereiche 28, 28' hinaus.

Die Ausführungsform aus Figur 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 im Umfang des Pumpengehäuses 20 abwechseln. Dies hat zur Folge, dass an der ersten Öffnung 23 am Einlass 22 und an der weiteren Öffnung 25 am Auslass 24 beide Arten der

5 Teilbereiche, also sowohl mindestens ein erster Teilbereich 26 als auch mindestens die beiden Teilbereiche 28, 28'enden.

Bezugszeichenliste

10	Pumpvorrichtung	240	Pumprichtung
20	Gehäuse, Pumpengehäuse	Q	Querschnittsebene
21	Wand		
22	erstes Ende / Einlass		
23	erste Öffnung		
24	weiteres Ende /Auslass		
25	weitere Öffnung		
26, 26'	erste Teilbereich		
28, 28'	weiterer Teilbereich		
32, 32'	Spule		
40	Bauteilgehäuse		
50	Innenbereich		
60	erstes Material		
70	weiteres Material		
80	Impeller		
90	Vorläufer/Pumpengehäusevorläufer		
100	Außenfläche		
102	zugewandte Oberfläche		
110	elektrisches Bauteil		
120	Batterie		
130	Steuereinheit		
200	Schritt a. / Schritt a)		
210	Schritt b. / Schritt b)		
220	Schritt c. / Schritt c)		
230	Schritt d. / Schritt d)		

Patentansprüche

5 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);

10 wobei der Impeller (80) im Innenbereich (50) des Pumpengehäuses (20) vorgesehen ist,

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;

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

20 wobei die weiteren Teilbereiche (28, 28') zu mindestens 41 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse der weiteren Teilbereiche (28, 28'), mindestens ein ferromagnetisches Material beinhalten,

wobei jeder weitere Teilbereich (28, 28') in der Ebene (Q) zumindest einem ersten Teilbereich (26, 26') benachbart ist, und

25 wobei der mindestens eine erste Teilbereich (26, 26') und die weiteren Teilbereiche (28, 28') miteinander stoffschlüssig verbunden sind.

30 2. Die Pumpvorrichtung (10) nach Anspruch 1, wobei zumindest ein Teil jedes weiteren Teilbereichs (28, 28') von jeweils mindestens einer elektrischen Spule (32, 32') umgeben ist.

35 3. Die Pumpvorrichtung (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei das nicht-magnetische Material des mindestens einen ersten Teilbereichs (26, 26') ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem Cermet, Aluminiumoxid (Al_2O_3), Zirkoniumdioxid (ZrO_2), einem ein Aluminiumoxid enthaltendes Zirkoniumoxid (ATZ), einem ein Zirkoniumoxid enthaltendes Aluminiumoxid (ZTA), einem ein Yttrium enthaltendes Zirkoniumoxid (Y-TZP), Alumini-

umnitrid (AlN), Magnesiumoxid (MgO), einer Piezokeramik, Barium(Zr, Ti)oxid, Barium(Ce, Ti)oxid und Natrium-Kalium-Niobat, einer Platin-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.

4. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine erste Teilbereich (26, 26') ein nicht-magnetisches Metall in einem Bereich von 40 bis 90 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse des mindestens einen ersten Teilbereiches (26, 26'), beinhaltet.
5. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das ferromagnetische Material des weiteren Teilbereichs (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.
6. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens einer der mindestens zwei weiteren Teilbereiche (28, 28') weiterhin eine Komponente ausgewählt aus einer Keramik, oder einem Metall oder einer Mischung hieraus beinhaltet.
7. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Anspruch, wobei der mindestens eine erste Teilbereich (26, 26') weniger als 10 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse des ersten Teilbereiches (26, 26'), an magnetischem Metall beinhaltet.
8. 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.
9. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Pumpvorrichtung ein Bauteilgehäuse (40) aufweist, das mit dem Pumpengehäuse (20) dicht verbunden ist.

10. Die Pumpvorrichtung (10) nach Anspruch 9, wobei das Bauteilgehäuse (40) mindestens 30 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse des Bauteilgehäuses (40) Titan beinhaltet.
11. Die Pumpvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest die Außenfläche (100) des Bauteilgehäuses (40) und die dem Innenbereich (50) des Pumpengehäuses (20) zugewandte Oberfläche (102) biokompatibel sind.
12. Ein Verfahren zur Herstellung eines Pumpengehäuses (20) beinhaltend die Schritte:
- a. Bereitstellen eines ersten Materials (60);
 - b. Bereitstellen eines weiteren Materials (70)
 - c. Bilden eines Pumpengehäusevorläufers (90),
wobei mindestens ein erster Teilbereich (26, 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;
 - d. Behandeln des Pumpengehäusevorläufers (90) bei einer Temperatur von mindestens 300 °C.
13. Das Verfahren nach Anspruch 12, wobei Schritt c. 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.
14. Ein Pumpengehäuse erhältlich nach einem Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 12 oder 13.
15. Ein Gehäuse (20), beinhaltend eine Wand (21), die einen Innenbereich (50) umgibt, wobei das Gehäuse einen Einlass (22) und einen Auslass (24) aufweist,
wobei die Wand des Gehäuses (20) in mindestens einer Ebene (Q) senkrecht zur Längsausdehnung des Gehäuses (20) mindestens einen ersten Teilbereich (26, 26') und mindestens einen weiteren Teilbereich (28, 28') aufweist;
wobei der mindestens eine erste Teilbereich (26, 26') zu mindestens 60 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse des mindestens einen ersten Teilbereichs (26, 26'), mindestens ein nicht-magnetisches Material beinhaltet,

wobei der mindestens eine weitere Teilbereich (28, 28') zu mindestens 41 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse des mindestens einen weiteren Teilbereichs (28, 28'), mindestens ein ferromagnetisches Material beinhaltet, wobei der mindestens eine weitere Teilbereich (28, 28') in der Ebene (Q) und
5 der mindestens eine erste Teilbereich (26, 26') in der Ebene (Q) benachbart ist, und
wobei der mindestens eine erste Teilbereich (26, 26') und der mindestens eine weitere Teilbereich (28, 28') miteinander stoffschlüssig verbunden sind.

10 16. Das Gehäuse (20) gemäß Anspruch 15, wobei in dem Gehäuse (20) zumindest in einem Teil des Gehäuses (20) ein verschiebbares Element vorgesehen ist.

15 17. Eine Pumpvorrichtung (10) beinhaltend mindestens ein Gehäuse (20) nach Anspruch 15 oder 16, oder ein Gehäuse (20) erhältlich nach einem Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 12 oder 13.