

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
2. August 2012 (02.08.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/100959 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01F 1/20 (2006.01) A61B 5/021 (2006.01)
G01F 1/34 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/000380

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. Januar 2012 (27.01.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 009 695.7
28. Januar 2011 (28.01.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG
E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **DOMNICH, Alexej**
[DE/DE]; Kelterstrasse 22, 70119 Stuttgart (DE).
SCHÄCHTELE, Jonathan [DE/DE]; Schießmauerstrasse
51, 70563 Stuttgart (DE).

(74) Anwalt: **PFENNING, MEINIG & PARTNER;**
Theresienhöhe 13, 80339 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

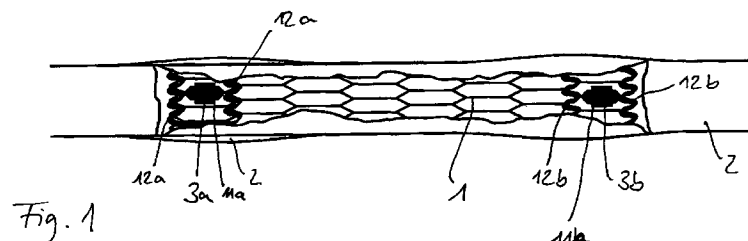
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(54) Title: CYLINDRICAL DEVICE, PULSE WAVE MEASUREMENT SYSTEM AND METHOD FOR MEASURING A
PULSE WAVE SPEED

(54) Bezeichnung : ZYLINDERFÖRMIGE VORRICHTUNG, PULSWELLENGESCHWINDIGKEITSMESSSYSTEM UND
VERFAHREN ZUM MESSEN EINER PULSWELLENGESCHWINDIGKEIT



(57) Abstract: The invention relates to a cylindrical device for the flow-through of fluid, which comprises at least two pressure sensors by means of which a pressure of the fluid can be measured in the interior of the device. The invention also relates to a pulse wave measurement system comprising such a cylindrical device, by which the speed of pulse waves can be measured in the cylindrical device. The invention further relates to a method for measuring the pulse wave speed in the cylindrical device. Furthermore, the invention relates to a method and a device for measuring the elasticity of a fluid line.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine zylinderförmige Vorrichtung zum Durchfluss von Fluid, die zumindest zwei Drucksensoren aufweist, mit welchen ein Druck des Fluids im Inneren der Vorrichtung messbar ist. Die Erfindung betrifft außerdem ein Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem mit einer solchen zylinderförmigen Vorrichtung, mit welchem die Geschwindigkeit von Pulswellen in der zylinderförmigen Vorrichtung messbar ist. Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Messen der Pulswellengeschwindigkeit in der zylinderförmigen Vorrichtung. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Messen der Elastizität einer Fluidleitung.



WO 2012/100959 A1

Zylinderförmige Vorrichtung, Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem und
Verfahren zum Messen einer Pulswellengeschwindigkeit

5 Die Erfindung betrifft eine zylinderförmige Vorrichtung zum Durchfluss von Fluid, die zumindest zwei Drucksensoren aufweist, mit welchen ein Druck des Fluids im Inneren der Vorrichtung messbar ist. Die Erfindung betrifft außerdem ein Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem mit einer solchen zylinderförmigen Vorrichtung, mit welchem die Geschwindigkeit von Pulswellen in der zylinderförmigen Vorrichtung messbar ist. Die Erfindung betrifft weiter ein
10 Verfahren zum Messen der Pulswellengeschwindigkeit in der zylinderförmigen Vorrichtung. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Messen der Elastizität einer Fluidleitung.

15 In einer Vielzahl von technischen Anwendungen ist es von Interesse, die Geschwindigkeit von Pulswellen in Fluiden zu bestimmen, die durch einen elastischen zylinderförmigen Fluidleiter fließen. Durch die Messung der Pulswellengeschwindigkeit ist es möglich, Verengungen, Verstopfungen oder Verschlüsse

in dem Fluidleiter zu detektieren oder auf die Elastizität der Leitung zu schließen.

5 Ein wichtiges Anwendungsbeispiel sind hierbei beispielsweise Blutgefäße, der Gallengang und ähnliche Gefäße im menschlichen oder tierischen Körper. So kommt es zum Beispiel nach der Implantation von Stents in derartige Gefäße in vielen Fällen (ca. 20 bis 30 %) zu einem Wiederverwachsen mit Gewebe, was zu einem erneuten Verschluss führen kann. Die Folgen können u.a. Herzinfarkt oder Schlaganfall sein. Eine solche Restenose kann bisher nur mit aufwendigen klinischen Messmethoden diagnostiziert werden.

10 Nach dem Stand der Technik sind zum Erkennen eines solchen Verschlusses regelmäßige Untersuchungen bei einem Arzt, beispielsweise mittels Tonometrie unter Belastung notwendig. Es kann hierbei ein Druck im entsprechenden Gefäß von außen mittels Applanationstonometrie oder invasiv mit Kathetern („Druckdraht“) erfolgen.

20 Auch bei technischen Leitungen muss der Druck normalerweise von außen oder mittels Sonden gemessen werden.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung anzugeben, mit welcher der Druckverlauf in einem durch die Vorrichtung fließenden Fluid auf einfachere Weise messbar ist. Darüberhinaus soll ein System vorgelegt werden, mit welchem die Geschwindigkeit von Pulswellen in Fluidleitungen einfacher messbar ist. Es sollen darüberhinaus Verfahren zum Messen von Pulswellengeschwindigkeiten in Fluidleitungen außerhalb des menschlichen und tierischen Körpers angegeben werden, die ohne einen Eingriff in Leitung auskommen.

30 Die Aufgaben werden gelöst durch die zylinderförmige Vorrichtung nach Anspruch 1, das Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem nach Anspruch 6, das Verfahren zum Messen einer Pulswellengeschwindigkeit nach Anspruch 14, das Verfahren zum Messen der Elastizität einer Fluidleitung nach Anspruch 15 und die Vorrichtung zum Messen der Elastizität einer Fluidleitung nach Anspruch 16. Vorteilhafte Weiterbildungen der zylinderförmigen Vorrichtung, des Pulswellengeschwindigkeitsmesssystems und des Verfahrens zum Messen

einer Pulswellengeschwindigkeit werden durch die jeweiligen abhängigen Ansprüche gegeben.

5 Im Folgenden wird die Erfindung für die Vorrichtung und die Verfahren gemeinsam beschrieben. Die beschriebenen Merkmale können also im erfindungsgemäßen Verfahren entsprechend angewandt werden.

10 Erfindungsgemäß wird zunächst eine zylinderförmige Vorrichtung zum Durchfluss von Fluid vorgestellt. Dass die Vorrichtung zylinderförmig sei, bedeutet hierbei, dass sie eine von parallelen Linien, insbesondere Geraden, gebildete Zylinderfläche aufweist. Die Zylinderform wird in den meisten Fällen eine Kreiszylinderform sein, sie kann jedoch erfindungsgemäß auch jede andere Zylinderform umfassen. Möglich sind also auch beispielsweise Zylinder mit

15 dreieckigem, rechteckigem oder vieleckigem Querschnitt.
Die erfindungsgemäße zylinderförmige Vorrichtung kann in eine Fluidleitung einbringbar sein, sie kann aber auch Bestandteil einer Fluidleitung sein oder einen Abschnitt einer Fluidleitung darstellen. Die erfindungsgemäße zylinderförmige Vorrichtung kann bevorzugt elastisch sein und/oder die Fluidleitung
20 kann elastisch sein.

Die zylinderförmige Vorrichtung kann beispielsweise auch eine Fluidleitung, insbesondere eine Flüssigkeitsleitung oder eine Gasleitung, ein Stent zur Implantation im menschlichen oder tierischen Körper, ein Implantat oder ein
25 Katheter sein.

Unter einem Fluid wird erfindungsgemäß eine Substanz verstanden, die einer beliebig langsamen Scherung keinen Widerstand entgegensetzt, die also eine endliche Viskosität hat. Insbesondere sind Gase und Flüssigkeiten Fluide im
30 Sinne dieses Dokuments.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das Fluid die zylinderförmige Vorrichtung entlang einer Zylinderachse der Vorrichtung durchfließt. Die Vorrichtung weist zumindest zwei Drucksensoren auf, die an unterschiedlichen Stellen
35 entlang der Zylinderachse angeordnet sind. In Richtung der Zylinderachse können die Drucksensoren also hintereinanderliegen. Die Drucksensoren kön-

nen in gleichem Abstand von der Zylinderachse angeordnet sein. Es ist möglich, aber nicht wesentlich, dass die Drucksensoren in der gleichen Richtung von der Zylinderachse aus gesehen angeordnet sind.

5 Mit den so angeordneten Drucksensoren ist an unterschiedlichen Stellen entlang der Zylinderachse ein Druck des Fluids im Inneren der Vorrichtung messbar. Die Stelle, an welcher der Druck messbar ist, ist normalerweise jene Stelle, an welcher der entsprechende Drucksensor angeordnet ist.

10 Erfindungsgemäß sind nun die Drucksensoren kapazitive Drucksensoren. Kapazitive Drucksensoren weisen zumindest eine Kapazität bzw. einen Kondensator auf. Die Kapazität ändert sich in Abhängigkeit vom Druck, mit welchem der Drucksensor beaufschlagt wird.

15 Die Kapazität der Drucksensoren ist mit jeweils einer Spule zu jeweils einem Schwingkreis elektrisch gekoppelt. Jeder Drucksensor bildet also zusammen mit jeweils einer Spule jeweils einen Schwingkreis. Die Schwingkreise unterschiedlicher Drucksensoren sind vorzugsweise voneinander getrennt.

20 Erfindungsgemäß sind nun die jeweiligen Schwingkreise mittels zumindest eines elektromagnetischen Feldes zum Schwingen anregbar. Die Schwingkreise können hierzu jeweils eine Antenne haben oder Bereiche, die als Antenne wirken. Das elektromagnetische Feld kann hierbei ein elektromagnetisches Wechselfeld oder eine elektromagnetische Welle sein, das mit der Resonanzfrequenz des entsprechenden Schwingkreises schwingt oder eine Schwingung mit dieser Resonanzfrequenz als Komponente aufweist. Es sei darauf hingewiesen, dass das elektromagnetische Feld nicht notwendigerweise ein Wechselfeld sein muss, sondern beispielsweise auch den zeitlichen Verlauf eines Pulses haben kann, der ein kontinuierliches Frequenzspektrum hat. Das kontinuierliche Frequenzspektrum des Pulses sollte dann die Resonanzfrequenzen der anzuregenden Schwingkreise enthalten.

25

30

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann vollständig passiv ausgebildet sein. Sie kommt also ohne Spannungsquellen aus und kann ausschließlich mit passiver Elektronik wie Spulen und Kondensatoren realisiert werden. Anders als

35

beispielsweise bei einem Transponder sind keine aktiven Elemente notwen-

dig. Hierdurch hat die erfindungsgemäße Vorrichtung den Vorteil, dass sie sehr klein und zuverlässig realisiert werden kann.

5 In der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren ist mit den Drucksensoren der Zeitpunkt einer Druckänderung am Ort der Druckmessung bzw. des jeweiligen Drucksensors feststellbar. Eine solche Druckänderung kann insbesondere durch das Passieren einer Druckwelle bzw. Pulswelle am Ort der Messung hervorgerufen werden.

10 Um aus den gemessenen Zeitpunkten des Passierens der Pulswelle an den Drucksensoren die Laufzeit der Pulswelle von dem einen Drucksensor zum anderen Drucksensor bestimmen zu können, sind die Zeitpunkte der Druckänderung vorteilhafterweise mit einer zeitlichen Auflösung feststellbar, die
15 feiner ist als die Laufzeit der Pulswelle vom einen zum anderen Sensor. In den meisten Ausgestaltungen der Erfindung wird der Druck zu diskreten Zeitpunkten gemessen werden. Zur Messung der Laufzeit der Pulswelle und damit zur Bestimmung der Geschwindigkeit der Pulswelle ist es vorteilhaft, wenn die Zeitpunkte der Druckmessung dichter zusammenliegen als die Zeit, die die Pulswelle benötigt, um vom einen zum anderen Sensor zu laufen.
20 Bevorzugterweise kann der Druck mit einer Frequenz von ≥ 100 Hz, vorzugsweise ≥ 500 Hz, besonders bevorzugt ≥ 1000 Hz gemessen werden.

Beispielsweise angenommen, im Arbeitspunkt beträgt die Pulswellengeschwindigkeit 10m/s und es sollen Änderungen von 1m/s zuverlässig detektiert werden können. Dann lässt sich die notwendige Abtastfrequenz abschätzen mit 1,1 kHz.
25

Bei der Messung des Druckes wird ausgenutzt, dass die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises von der Kapazität und der Induktivität abhängt, die zum
30 Schwingkreis gekoppelt sind. Verändert sich also die Kapazität, so verändert sich auch die Resonanzfrequenz des Schwingkreises. Aus einer Messung der Veränderung der Resonanzfrequenz kann also auf eine Veränderung des Druckes geschlossen werden.

35 Bevorzugterweise haben die Schwingkreise unterschiedlicher Drucksensoren der zylinderförmigen Vorrichtung unterschiedliche Resonanzfrequenzen, so

dass sie unabhängig voneinander zum Schwingen anregbar sind. Da sich die Resonanzfrequenzen durch Änderungen des Druckes verschieben können, liegen die Resonanzfrequenzen unterschiedlicher Schwingkreise bevorzugt so weit auseinander, dass sie sich für keine der auftretenden Drücke überlappen.

5

10

15

20

25

Erfindungsgemäß wird auch ein Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem bereitgestellt, dessen Bestandteil die vorstehend beschriebene zylinderförmige Vorrichtung ist. Das Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem weist darüberhinaus außerdem zumindest eine Auswerteeinheit auf, mit der das elektromagnetische Feld erzeugbar ist, mittels welchem die Schwingkreise zum Schwingen anregbar sind. Dabei ist das elektromagnetische Feld zumindest mit den Frequenzen erzeugbar, bei denen die Schwingkreise bei zumindest einem Druck zum Schwingen anregbar sind. Dieser Druck kann vorteilhaft der Normaldruck in Abwesenheit von Pulswellen sein, so dass also mit der Auswerteeinheit elektromagnetische Felder mit den Frequenzen der Schwingkreise bei Normaldruck erzeugbar sind. Mit der Auswerteeinheit sind nun jene Zeitpunkte bestimmbar, zu welchen die Pulswelle die jeweiligen Sensoren bzw. Messpunkte passiert. Diese Zeitpunkte können dadurch bestimmt werden, dass die Zeitpunkte bestimmt werden, zu denen sich die Resonanz des jeweiligen Schwingkreises ändert. Aus der Differenz der Zeitpunkte des Passierens der Druckwelle an den beiden Drucksensoren und dem Abstand der Drucksensoren zueinander kann dann die Geschwindigkeit der Pulswelle bestimmt werden. Mit dem erfindungsgemäßen Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem ist es also möglich, die Pulswellengeschwindigkeit berührungslos und insbesondere ohne in die Fluidleitung eindringen zu müssen, zu messen.

30

Die Schwingkreise der zylinderförmigen Vorrichtung können als lose gekoppelt mit der Auswerteeinheit angesehen werden. Die Auswerteeinheit kann dabei eine Spule zur Erzeugung des elektromagnetischen Feldes aufweisen.

35

Die Schwingkreise der Drucksensoren der zylinderförmigen Vorrichtung haben vorzugsweise jeweils eine Antenne oder einen als Antenne wirkenden Bereich, so dass sie mittels des elektromagnetischen Feldes zum Schwingen anregbar sind.

Es bestehen verschiedene Möglichkeiten, durch Messung einer Änderung der

Resonanz der Schwingkreise die Zeitpunkte des Passierens einer Pulswelle am Ort eines Drucksensors zu bestimmen, um hieraus die Pulswellengeschwindigkeit zu ermitteln.

5 In einer Ausgestaltung der Erfindung kann mit der Auswerteeinheit zeitabhängig bestimmbar sein, welcher der Schwingkreise der zylinderförmigen Vorrichtung mit der Resonanzfrequenz bei Normaldruck resoniert. Zeitpunkte, zu denen die Resonanz bei der Resonanzfrequenz bei Normaldruck unterbrochen oder vermindert wird, können dann als Zeitpunkte der Änderung der Reso-
10 nanz bestimmt werden und damit als Zeitpunkte, zu welchen die Druckwelle den entsprechenden Sensor passiert.

Es kann hierbei besonders vorteilhaft mit der Auswerteeinheit eine Impedanz messbar sein und als Zeitpunkt der Unterbrechung oder Verminderung der
15 Resonanz im oben genannten Sinne einen Zeitpunkt der Verringerung der Impedanz bei der Resonanzfrequenz bei Normaldruck des entsprechenden Schwingkreises bestimmt werden. Es wird hierbei also zeitabhängig die Impedanz des entsprechenden Schwingkreises bei der Resonanzfrequenz gemessen, die der Schwingkreis bei Normaldruck hat. Verringert sich die Impedanz,
20 so deutet dies darauf hin, dass sich die Resonanzfrequenz verschoben hat, was auf eine Druckänderung hinweist.

In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung können mittels der Auswerteeinheit elektromagnetische Felder mit variierenden Frequenzen erzeugt werden, wobei die Frequenzen jeweils in einem Bereich variieren, in dem die
25 Resonanzfrequenzen der entsprechenden Schwingkreise variieren können.

Es kann dann für jede der Frequenzen des elektromagnetischen Feldes die Impedanz der Schwingkreise gemessen werden. Die Impedanz weist bei der
30 aktuellen Resonanzfrequenz des jeweiligen Schwingkreises einen lokalen Extremwert, also z.B. einen Peak bzw. eine Spitze, auf. Wird die Frequenz des anregenden elektrischen Feldes also über alle in Frage kommenden Frequenzen variiert und jeweils für die eingestellte Frequenz die Impedanz gemessen, so stellt man bei der aktuellen Resonanzfrequenz des entsprechenden
35 Schwingkreises eine Erhöhung der Impedanz gegenüber den anderen Frequenzen fest.

Es können hierbei die in Frage kommenden Resonanzfrequenzen der zumindest zwei Schwingkreise der Vorrichtung periodisch durchgescannt werden, so dass innerhalb einer Periode des Scans der entsprechende Schwingkreis mit allen in Frage kommenden Frequenzen beaufschlagt wird. Es können hierbei insbesondere kontinuierliche Frequenzintervalle gescannt werden, z.B. mittels eines Wobbel-Generators. Die Frequenzen des elektromagnetischen Feldes werden hierbei mit einer Frequenz durchgescannt, die eine zeitliche Auflösung erlaubt, wie sie zur Bestimmung der Pulswellengeschwindigkeit notwendig ist. Insbesondere sollte also die Dauer des Scannens aller in Frage kommenden Frequenzen deutlich kürzer sein als die Laufzeit der Pulswelle von einem Sensor zum anderen Sensor.

Es sei darauf hingewiesen, dass durch die Auswerteeinheit vorzugsweise alle in der zylinderförmigen Vorrichtung vorhandenen Schwingkreise und Drucksensoren unabhängig voneinander und gleichzeitig auswertbar sind. Es werden also vorzugsweise gleichzeitig Frequenzen zur Anregung des einen und des anderen Schwingkreises erzeugt.

Die entsprechenden Frequenzen aller Schwingkreise können mit einer gemeinsamen Spule erzeugt werden, die mit einer Wechselspannung der entsprechenden Frequenzen beaufschlagt wird. Der Spannungsverlauf und damit der Verlauf des elektromagnetischen Feldes ist dann hierbei die Überlagerung der zu einem gegebenen Zeitpunkt an die Schwingkreise anzulegenden Frequenzen im Sinne einer Fouriersynthese.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann mittels der Auswerteeinheit ein pulsförmiges elektromagnetisches Feld zur Anregung der Schwingkreise erzeugbar sein. Im Sinne einer Fourieranalyse ist ein pulsförmiges elektromagnetisches Feld ein Feld mit einer Überlagerung von Frequenzen eines kontinuierlichen Frequenzspektrums. Der Puls weist also alle Frequenzen innerhalb eines bestimmten Frequenzbereichs auf.

Dieser Frequenzbereich kann dabei so gewählt sein, dass er alle Resonanzfrequenzen der in der zylinderförmigen Vorrichtung vorkommenden Schwingkreise umfasst, es ist aber auch möglich, dass der Frequenzbereich für jeden

Schwingkreis einen disjunkten Teilbereich enthält.

Es werden nun die Schwingkreise mittels des pulsförmigen elektromagnetischen Feldes zum Schwingen angeregt. Nach dem Ende des Pulses werden dann mittels der Auswerteeinheit jene elektromagnetischen Felder gemessen, welche die Schwingkreise beim Abklingen aussenden. Die Frequenz dieser elektromagnetischen Felder entspricht gerade der Resonanzfrequenz der gedämpften Schwingkreise, aus welcher der aktuelle Druck oder eine gegenwärtige Druckänderung bestimmbar ist.

Wird das beschriebene pulsförmige elektromagnetische Feld durch die Auswerteeinheit wiederholt bzw. periodisch erzeugt, so kann nach jedem Puls die Resonanzfrequenz der Schwingkreise gemessen werden. Passiert nun also die Pulswelle einen der Drucksensoren, ändert sich dessen Kapazität und damit die Resonanzfrequenz des entsprechenden Schwingkreises. Da der Puls zur Anregung alle in Frage kommenden Frequenzen enthält, regt er auch den Schwingkreis mit durch den veränderten Druck veränderter Resonanzfrequenz zum Schwingen an. Während des Abklingvorgangs erzeugt dieser Schwingkreis dann ein elektromagnetisches Feld mit verschobener Frequenz. Der Zeitpunkt einer solchen Frequenzverschiebung kann daher als Zeitpunkt des Passierens der Pulswelle bestimmt werden. Wiederum kann durch Bildung der Differenz der Zeitpunkte des Passierens der Druckwelle an unterschiedlichen Drucksensoren die Pulswellengeschwindigkeit bestimmt werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann beispielweise mittels eines Signalgenerators ein periodisches Signal mit konstanter Frequenz erzeugt werden. Die Frequenz wird dabei so gewählt, dass sie für beide Schwingkreise bzw. für beide Sensoren einem Druck entspricht, der im Verlauf einer Pulswelle von dem Druckverlauf durchlaufen wird. Für die Schwingkreise beider Sensoren gilt:

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot CS}}$$

wobei CS eine Funktion des Druckes p an den kapazitiven Sensoren ist. CS ist gerade die Kapazität des entsprechenden Sensors. Über den oben beschrie-

benen Zusammenhang ist jedem Druck p eine Resonanzfrequenz f_{res} zugeordnet.

5 Die beschriebene konstante Frequenz des eingestrahlten elektromagnetischen Signals entspricht also für jeden Sensorschwingkreis einem konstanten Druck. Dieser kann vorteilhaft für die Schwingkreise beider Sensoren identisch sein.

10 Vorteilhaft kann nun die Frequenz so gewählt werden, dass der entsprechende Druck, bei welchem die Schwingkreise resonieren, zwischen minimalem und maximalem Druck des von einer Pulswelle durchlaufenen Druckverlaufes liegt. Die konstante Funktion bzw. der konstante Druck wird also so von der Druckkurve der Pulswellen während einer Pulswelle mindestens zweimal geschnitten. Im Moment des Schneidens wird der Schwingkreis mit seiner Resonanzfrequenz angeregt.

15 Die Resonanz kann auf Seiten des das periodische Signal mit konstanter Frequenz sendenden Senders festgestellt werden. Dies kann beispielsweise durch Beobachtung der Änderung der Impedanz des Senders geschehen, die sich
20 aufgrund der induktiven Kopplung zwischen Sender und Sensorschwingkreisen ergibt. Wird daher beispielsweise die Spannung vorgegeben, kann die Impedanzänderung durch Änderung des Stromflusses im Senderschwingkreis festgestellt werden.

25 Vorteilhafterweise kann der Strom gemessen werden und das Messsignal durch einen Filter mit Tiefpasswirkung geführt werden. Hierdurch lassen sich im Moment des Schneidens Stromänderungen erkennen.

30 Der zeitliche Abstand zweier gleicher Phasen der Pulswellen, entsprechend den Schnitten des konstanten Druckes, ist gerade der zeitliche Abstand der Detektion der entsprechenden Phasen der Pulswelle an den unterschiedlichen Sensoren. Der zeitliche Abstand ist also gerade die Pulswellenlaufzeit von ei-

nem Sensor zum anderen Sensor, aus welcher die Pulswellengeschwindigkeit als Abstand der Sensoren geteilt durch Pulswellenlaufzeit bestimmbar ist.

5 Bevorzugterweise wird die konstante Frequenz des gesendeten Signals so gewählt, dass die Druckkurve im Verlaufe einer Pulswelle den entsprechenden Druck nur zweimal pro Puls schneidet.

10 Vorteilhafterweise kann die Einstellung der Frequenz vor der eigentlichen Messung automatisch erfolgen, indem die Frequenz des eingestrahnten elektromagnetischen Feldes solange variiert wird, bis während der Dauer zwischen zwei Pulsen genau zwei Schnitte detektiert werden, also detektiert wird, dass jeder Puls den entsprechenden Druck genau zweimal schneidet. Zur automatischen Einstellung der Frequenz ist es vorteilhaft, wenn die Pulsfrequenz bekannt ist oder mittels herkömmlicher Messvorrichtung bestimmt wird.

15 Die vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren, die mit dem erfindungsgemäßen Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem durchführbar sind, sind vorzugsweise an technischen Flüssigkeitsleitungen und Flüssigkeitsleitungen außerhalb des menschlichen und tierischen Körpers durchführbar.

20 Wurde die Pulswellengeschwindigkeit wie vorstehend beschrieben bestimmt, so kann aus dieser auch auf eine Elastizität der Flüssigkeitsleitung, in der sich die Pulswelle ausbreitet, geschlossen werden. Erfindungsgemäß sind daher auch ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Messen der Elastizität einer Fluidleitung.

25 Die Drucksensoren und Schwingkreise gemäß der Erfindung können so ausgestaltet sein, dass sie absolute Druckwerte messen. Hierzu können durch eine Kalibrierung die Resonanzfrequenzen Druckwerten zugeordnet werden. Dies kann auch geschehen, bevor die Drucksensoren in der zylinderförmigen Vorrichtung verbaut werden.

30 Eine solche absolute Messung ist aber nicht notwendig, da das Passieren der Druckwellen anhand der Änderung des Druckes detektiert wird. Diese kann

auch aus den unkalibrierten Resonanzfrequenzen bestimmt werden, ohne dass überhaupt Druckwerte ermittelt werden.

Im Folgenden soll die Erfindung anhand einiger Figuren beispielhaft erläutert werden. Entsprechende Merkmale sind dabei mit gleichen Bezugszeichen versehen. Die in den Beispielen beschriebenen Merkmale können auch unabhängig vom konkreten Beispiel realisiert sein und beliebig unter den Beispielen kombiniert werden.

10

Es zeigt

Figur 1 eine erfindungsgemäße zylinderförmige Vorrichtung zum Durchfluss von Fluid,

15

Figur 2 einen zeitlichen Verlauf des Druckes einer Pulswelle,

Figur 3 ein erfindungsgemäßes Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem,

20

Figur 4 eine mögliche elektrische Verschaltung des erfindungsgemäßen Pulswellenmessgeschwindigkeitssystems und

Figur 5 eine Impedanz der erfindungsgemäßen zylinderförmigen Vorrichtung mit Auswerteeinheit für unterschiedliche Frequenzen.

25

Figur 6 einen Druckverlauf und einen Impedanzverlauf bei Durchgang einer Druckwelle in einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung

30

Figur 7 eine beispielhafte Schaltung einer Auswerteeinheit

Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße zylinderförmige Vorrichtung zum Durchfluss von Fluid.

35

Im in Figur 1 gezeigten Beispiel ist die Zylinderförmige Vorrichtung 1 ein Stent

1, der in einem Blutgefäß 2 angeordnet ist. Der Stent 1 weist zwei Drucksensoren 3a und 3b auf, die an unterschiedlichen Stellen entlang einer Zylinderachse des Stents 1 angeordnet sind und mit denen an unterschiedlichen Stellen entlang der Zylinderachse der Druck des Fluids im Inneren des Stents 1 messbar ist. Die Drucksensoren 3a, 3b sind als kapazitive Drucksensoren 3a, 3b ausgebildet. Die Kapazitäten dieser Drucksensoren 3a und 3b sind jeweils mit einer Induktivität 12a, 12b zu jeweils einem Schwingkreis 11a, 11b verbunden. Eigenschaft der kapazitiven Drucksensoren 3a, 3b ist, dass die Kapazitäten der Drucksensoren 3a, 3b vom Druck des Fluids an der Stelle der Messung abhängen. Ändert sich die Kapazität des jeweiligen Drucksensors 3a, 3b, so ändert sich eine Resonanzfrequenz des entsprechenden Schwingkreises. Die Drucksensoren 3a, 3b bzw. die entsprechenden Schwingkreise weisen eine Antenne oder einen als Antenne wirkenden Bereich auf und sind daher mittels eines elektromagnetischen Feldes von außerhalb der Leitung 2 zum Schwingen anregbar.

Figur 2 zeigt beispielhaft ein zeitlicher Druckverlauf im Fluid im Inneren des Stents 1. Ein solcher zeitlicher Verlauf kann jeweils durch die Drucksensoren 3a und 3b gemessen werden. Die durchgezogene Linie zeigt den Druckverlauf in einem Drucksensor 3a und die gestrichpunktete Linie den Druckverlauf im anderen Sensor 3b. Zu erkennen ist, dass die Drucksensoren 3a und 3b Druckanstiege 4a, 4b messen, wenn eine Pulswelle 5 den Drucksensor 3a, 3b passiert. Mit den Drucksensoren 3a, 3b ist also ein Zeitpunkt bestimmbar, zu dem die Druckwelle 5 den entsprechenden Sensor 3a, 3b passiert. Zum Festlegen eines Zeitpunktes des Passierens kann beispielsweise ein Schwellenwert festgelegt werden, wobei der Zeitpunkt des Passierens als Zeitpunkt des Überschreitens des Schwellenwertes festgelegt wird. Es ist aber auch z.B. möglich, ein Maximum der Pulswelle 5 zu bestimmen und als Zeitpunkt des Passierens jenen Zeitpunkt zu wählen, zu dem das Maximum den Drucksensor 3a, 3b passiert. Vorteilhaft kann auch das Maximum des Anstiegs der Pulswelle, also das Maximum der ersten Ableitung, zum Festlegen des Zeitpunktes gewählt werden. Eine Vielzahl weiterer Punkte der Druckwelle können zum Festlegen des Zeitpunktes des Passierens gewählt werden.

Eine gegebene Druckwelle 5 läuft nun vom Sensor 3a zum Sensor 3b in einer Zeit Δt . Gemessen werden also jener Zeitpunkt, zu dem der Drucksensor 3a

eine bestimmte Phase (beispielsweise das Überschreiten eines Schwellenwertes) misst und der Zeitpunkt, zu dem der andere Drucksensor 3b diese gleiche Phase misst.

5 Wird nun jener Zeitpunkt bestimmt, zu welchem die Pulswelle 5 den Drucksensor 3a passiert und jener Zeitpunkt, zu welchem die Druckwelle 5 den Sensor 3b passiert, so ist die Zeit Δt gerade die Differenz dieser beiden Zeitpunkte. Da der Abstand zwischen den Drucksensoren 3a und 3b bekannt ist, kann nun die Pulswellengeschwindigkeit als Abstand der Drucksensoren 3a und 3b
 10 geteilt durch Δt bestimmt werden. Aus der Pulswellengeschwindigkeit kann dann beispielsweise auf die Elastizität bzw. Steifigkeit der Leitung 2 geschlossen werden. Generell gilt, dass die Pulswellengeschwindigkeit PWV umso größer ist, je steifer die Leitung 2 ist. Es gilt der Zusammenhang: $PWV \sim Z_c$, wobei Z_c , die charakteristische Impedanz der elastischen Leitung, ein Maß für die
 15 Steifigkeit ist. Genauer gilt: $PWV = A \cdot Z_c / \rho$
 A: Querschnittsfläche des Gefäßes, ρ : Dichte des Fluids. Es ist also

die	Pulswellengeschwindigkeit	$PWV = \frac{A \cdot Z_c}{\rho}$	,
die	Charakteristische Impedanz des Blutgefäßes	$Z_c = \sqrt{Z_l \cdot Z_t}$	,
die	Longitudinale Impedanz	$Z_l = \frac{\rho}{A}$	und
die	Transversale Impedanz	$Z_t = \frac{\partial P}{\partial A}$	

25 In einer gegebenen Leitung 2 können die gemessenen Werte der Pulswellengeschwindigkeit als Maß für die Elastizität herangezogen werden. Es ist aber auch möglich, die gemessenen Werte der Pulswellengeschwindigkeit auf Absolutwerte der Elastizität zu kalibrieren.

30 Figur 3 zeigt eine zylinderförmige Vorrichtung 1 gemäß der vorliegenden Erfindung in einer Leitung 2, wie sie in Figur 1 gezeigt ist. Wiederum ist die zylinderförmige Vorrichtung 1 hier ein Stent mit den beiden Drucksensoren 3a und 3b. Die Leitung 2 ist im gezeigten Beispiel wiederum ein Blutgefäß 2, das in einem Körperteil 6 verläuft. Durch eine Auswerteeinheit 8 ist nun ein elektromagnetisches Wechselfeld 7 erzeugbar, mit welchem die Schwingkreise der Drucksensoren 3a, 3b zum Schwingen anregbar sind. Das elektromagnetische
 35 Feld enthält hierbei Wechselfelder mit den Resonanzfrequenzen der Schwing-

kreise der Drucksensoren 3a und 3b. Das elektromagnetische Feld 7 wird in dem in Figur 2 gezeigten Beispiel mittels einer Spule 10 erzeugt, die um einen Kern 9 gewickelt ist. Zur Erzeugung des elektromagnetischen Feldes 7 wird die Spule 10 mit einer Wechselspannung beaufschlagt, die Frequenzkomponenten enthält, die den erforderlichen Frequenzkomponenten des elektromagnetischen Feldes 7 entsprechen.

Die Auswerteeinheit 8 bildet zusammen mit der zylinderförmigen Vorrichtung 1 ein erfindungsgemäßes Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem.

Die Pulswellengeschwindigkeit ist mit diesem Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem auf verschiedene Weisen messbar. Das Verfahren wird hier am Beispiel einer flexiblen Leitung in einer technischen Vorrichtung dargestellt.

Wie beschrieben sind mittels des elektromagnetischen Feldes 7 die Schwingkreise der Drucksensoren 3a und 3b zum Schwingen anregbar. Hierzu wird das elektromagnetische Feld 7 mit Resonanzfrequenzen der Schwingkreise erzeugt. Der Zeitpunkt des Passierens einer Pulswelle 5a, 5b an den Sensoren kann nun bestimmt werden, indem eine Änderung der Resonanz des jeweiligen Schwingkreises bestimmt wird. Aus der Differenz der Änderung der Resonanz an den beiden Drucksensoren 3a, 3b kann dann wie oben beschrieben die Pulswellengeschwindigkeit bestimmt werden.

In einem Beispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens kann mit der Auswerteeinheit 8 eine Impedanz der Schwingkreise der Drucksensoren 3a und 3b bei der Resonanzfrequenz bei Normaldruck des Fluids in der Leitung 2 gemessen werden. Passiert nun eine Druckwelle einen der Drucksensoren 3a, 3b, so ändert sich die Resonanzfrequenz des entsprechenden Schwingkreises, wodurch die Impedanz des Schwingkreises bei Anregung mit der Resonanzfrequenz bei Normaldruck abfällt. Die Zeitpunkte, zu denen also eine Verringerung der Impedanz bei Anregung mit der Resonanzfrequenz bei Normaldruck, also in Abwesenheit von Pulswellen, festgestellt wird, können als Zeitpunkte des Passierens der Pulswelle gesetzt werden.

In einem alternativen Ausführungsbeispiel des Verfahrens ist es möglich, die Frequenz des elektromagnetischen Feldes 7 in einem Bereich zu variieren, der

die für mögliche Drücke des Fluids auftretenden Resonanzfrequenzen der Schwingkreise der Drucksensoren 3a und 3b enthält. Die Frequenz kann dann periodisch variiert werden, so dass innerhalb einer Periode die Schwingkreise jeweils mit allen in Frage kommenden Frequenzen beaufschlagt werden. Es kann nun mittels der Auswerteeinheit 8 gemessen werden, bei welcher dieser Frequenzen die Schwingkreise der Drucksensoren 3a und 3b resonieren. Weicht die so bestimmte Resonanzfrequenz von der Resonanzfrequenz des entsprechenden Schwingkreises bei Normaldruck ab, deutet dies darauf hin, dass eine Pulswelle den entsprechenden Drucksensor 3a, 3b passiert. Der Zeitpunkt des Abweichens der Frequenz von der Resonanzfrequenz bei Normaldruck kann also als Zeitpunkt des Passierens der Pulswelle bestimmt werden. Auch hier können wiederum Schwellen eingesetzt werden, oberhalb derer eine Abweichung der Resonanzfrequenz von der Resonanzfrequenz bei Normaldruck als den Zeitpunkt des Passierens gesetzt wird.

In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, mittels der Auswerteeinheit 8 ein elektromagnetisches Feld mit einem breitbandigen Frequenzspektrum zu erzeugen, wobei das Frequenzspektrum die in Frage kommenden Resonanzfrequenzen für alle möglichen auftretenden Drücke der Schwingkreise der Drucksensoren 3a und 3b enthält. Nach Abschalten des elektromagnetischen Feldes schwingen die Schwingkreise aus und erzeugen dabei ihrerseits elektromagnetische Wechselfelder mit Frequenzen, die ihren momentanen Resonanzfrequenzen entsprechen. Durch Messung der Frequenzen dieser Felder können also direkt die aktuellen Resonanzfrequenzen der Schwingkreise gemessen werden. Wird diese Messung wiederholt durchgeführt, so sind also Zeitpunkte bestimmbar, zu denen die Resonanzfrequenzen der Schwingkreise von den Resonanzfrequenzen bei Normaldruck abweichen. Überschreitet diese Abweichung einer vorbestimmten Schwelle, so kann der Zeitpunkt dieses Überschreitens als Zeitpunkt des Passierens einer Druckwelle gesetzt werden. Eine Druckwelle, die die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 durchläuft, löst ein solches Ereignis an zwei aufeinanderfolgenden Zeitpunkten an den beiden Drucksensoren 3a, 3b aus. Aus der Differenz dieser Zeitpunkte und dem Abstand der Drucksensoren 3a, 3b kann also die Pulswellengeschwindigkeit bestimmt werden.

Das breitbandige elektromagnetische Feld kann beispielsweise als Puls mit

einem kontinuierlichen Frequenzspektrum erzeugt werden.

Figur 4 zeigt beispielhaft eine elektrische Schaltung, durch welche das in Figur 2 gezeigte Pulswellenmesssystem realisierbar ist. Hierbei wird in der Auswerteeinheit 8 mittels einer Wechselspannungsquelle V1 an die Spule 10 eine Wechselspannung angelegt, die Frequenzkomponenten enthält, die zur Anregung der Schwingkreise 11a, 11b der Drucksensoren 3a bzw. 3b geeignet sind.

Die kapazitiven Drucksensoren 3a und 3b sind in der Schaltung als Kapazitäten CS1 und CS2 dargestellt. Die Kapazität CS1 des Drucksensors 3a ist mit einer Spule L2 zu einem Schwingkreis gekoppelt. Die Kapazität CS2 des Drucksensors 3b ist mit einer Spule L3 zu einem weiteren Schwingkreis 11b gekoppelt.

Die Spule im außerhalb der Leitung, beispielsweise des Blutgefäßes, befindlichen Auslesegeräts 8 wird nachfolgend als Primärspule 10, die Spulen L1, L2 der in dem Blutgefäß befindlichen Sensorschwingkreise als Sekundärspulen bezeichnet.

Für die Sekundärspulen L2, L3 werden in diesem Beispiel zwei rechteckige, flache Luftspulen mit einer Höhe von 5mm, einer Breite von 15mm und einer Windungszahl von 11 gewählt. Nach F.W. Grover, Inductance calculations: working formulas and tables, New York: Dover Pubns, 2004 ergibt sich damit näherungsweise eine Induktivität von $L2 = L3 = 4 \mu\text{H}$. Bei der Realisierung der Sekundärspulen L2, L3 wird man in der Praxis darauf achten, dass die umschlossene Fläche der Spule so groß wie möglich gewählt wird, um die erreichbare Kopplung zu maximieren.

Die Sekundärspulen L2, L3 werden in diesem Beispiel mit kapazitiven Absolutdrucksensoren 3a, 3b mit einer Grundkapazität von 5 pF und einer Empfindlichkeit von 6 fF/mmHg gekoppelt. Für MEMS-Sensoren in der Größenordnung von 1 mm x 1 mm stellt dies realistische Werte dar. Die Sensoren 3a, 3b besitzen somit eine vom Druck p abhängige Kapazität

$$CS_{1,2} = 5\text{pF} + 6 \frac{\text{fF}}{\text{mmHg}} \cdot p.$$

Die Extremwerte des Ruheblutdrucks liegen bei einem gesunden Menschen

im Bereich von 60 mmHg (diastolisch) bis 140 mmHg (systolisch). Da die Sensorik auch für pathologische Drücke geeignet sein soll, wird der Druckmessbereich auf $40 \text{ mmHg} \leq p \leq 180 \text{ mmHg}$ festgelegt. Damit ergibt sich für die Kapazität der Drucksensoren

5

$$5,24 \text{ pF} \leq C_{S1,2} \leq 6,08 \text{ pF}.$$

Koppelt man einen Sensor direkt mit der oben beschriebenen Spule resultiert als Resonanzfrequenz des Schwingkreises

10

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_S}}.$$

$$32,3 \text{ MHz} \leq f_{res} \leq 34,8 \text{ MHz}.$$

15

Es ist bekannt, dass die Dämpfung von menschlichem Gewebe um 35 MHz günstig ist, so dass dies einen vorteilhaften Wertebereich darstellt.

20

Da sich die Frequenzbereiche der beiden Sekundärkreise 11a, 11b nicht überlappen sollen, sollte die Resonanzfrequenz wenigstens eines der beiden Kreise geändert werden. Dies könnte durch eine andere Spule L2, L3 (z.B. andere Windungszahl) geschehen, aber auch durch die Verwendung eines anderen Drucksensors 3a, 3b (z.B. andere aktive Fläche) oder durch das Hinzufügen weiterer Elemente im elektrischen Kreis. In diesem Beispiel wird dem zweiten Sensor 3b eine Kapazität CT parallel geschaltet, um seine Kapazität zu erhöhen und damit die Resonanzfrequenz des zweiten Kreises 11b zu reduzieren. Der zweite Schwingkreis kann durch den hinzugefügten Kondensator CT so verändert werden, dass seine höchste Resonanzfrequenz (für $C_{S2} = 5,24 \text{ pF}$) kleiner 32,3 MHz ist. Der parallel geschaltete Trimmkondensator CT kann somit eine Kapazität von wenigstens 0,82 pF besitzen. Für die Kapazität des Trimmkondensators wird $CT = 1 \text{ pF}$ gewählt.

25

30

35

Die Ausleseinheit für die Sensoren kann eine Primärspule 10 besitzen, die mit den Sekundärspulen L2, L3 lose gekoppelt ist. Unter „loser Kopplung“ wird verstanden, dass die Koppelimpedanz M sehr viel kleiner als die Wurzel aus dem Produkt der Induktivitäten des Primär- und Sekundärkreises ist, bzw. der Kopplungsfaktor k sehr viel kleiner als 1 ist. Die lose Kopplung hat den ge-

wünschten Nebeneffekt, dass die Kopplung der Kreise sich nicht auf die Resonanzfrequenz auswirkt. Durch die räumliche Entfernung der Spulen in der Praxis kann man in diesem Beispiel von loser Kopplung ausgehen. Im vorliegenden Beispiel hat die Platzierung des Auslesegeräts 8 auf das Messergebnis somit keine Auswirkungen. Voraussetzung ist aber, dass eine ausreichende Kopplung besteht.

Damit die Resonanzen der Empfängerkreise 11a, 11b auf der Primärseite sichtbar werden können, muss außerdem die Eckfrequenz des Primärkreises deutlich größer als die Resonanzfrequenzen der Sensorkreise 11a, 11b sein. Dies wird erreicht, indem der Auslesespule 10 ein Widerstand R1 vorgeschaltet wird. Für die Resonanzfrequenz des Primärkreises ergibt sich

$$f_{res,p} = \frac{R1}{2\pi L1}.$$

In diesem Beispiel wird eine Primärspule 10 mit $L1 = 1 \mu H$ verwendet. Diese lässt sich bspw. als Leiterschleife in Luft realisieren. Ein Widerstand von $R1 = 10 k\Omega$ sorgt für eine Grenzfrequenz $f_{res,p} = 1,6 GHz$.

Figur 5 zeigt die Impedanz der Schwingkreise 11a und 11b in Abhängigkeit von der Frequenz des elektromagnetischen Feldes 7. Hierbei wurde als Kopplungsfaktor zwischen dem Primärkreis der Auswerteeinheit 8 und den Sekundärkreisen 11a und 11b jeweils $k = 0,005$ angenommen. Eine parasitäre Kopplung zwischen den beiden Sekundärkreisen 11a und 11b wurde in Höhe von $k = 0,01$ berücksichtigt. Die Sekundärspulen L2 und L3 hatten einen Leitungswiderstand von jeweils $10 m\Omega$. Auf der Primärseite der Auswerteeinheit 8 ergibt sich das in Figur 4 gezeigte Impedanzspektrum. Zu erkennen ist ein Peak bei einer Frequenz von $31,915 MHz$ mit einer Impedanz von $10,607 k\Omega$. Ein weiterer Peak ist bei einer Frequenz von $32,534 MHz$ mit einer Impedanz von $10,126 k\Omega$ zu erkennen. Aus dem gezeigten Spektrum ist direkt abzulesen, dass der eine Schwingkreis eine Resonanzfrequenz von $31,915 MHz$ hat und der andere Schwingkreis eine Resonanzfrequenz von $32,534 MHz$. Verschieben sich diese Peaks, so deutet dies auf eine Druckänderung hin.

Im Folgenden soll beispielhaft eine Ausführungsform der Erfindung beschrieben werden, in welcher von einem Signalgenerator ein periodisches Signal mit

konstanter Frequenz erzeugt wird, die für beide Sensorenkreise einem Druck entspricht, der während einer Pulswelle von der Druckkurve durchlaufen wird. Eine konstante Frequenz entspricht für jeden Sensorkreis einem bestimmten Druck, bei welchem dieser durch die konstante Frequenz zur Resonanz angeregt wird. Dieser Druck kann für beide Sensorkreise identisch sein.

Für die beiden kapazitiven Drucksensoren soll gelten:

$$CS_{1,2} = 5pF + 10 \frac{fF}{mmHg} \cdot p$$

Dabei ist CS die Kapazität des kapazitiven Drucksensors und p der anliegende Druck

Beide Drucksensoren sind mit je einer Spule mit einer Induktivität $L_2 = L_3 = 4\mu H$ zu einem Schwingkreis gekoppelt.

Beispielhaft durchlaufe der Druck der Pulswelle einen Bereich von 80 bis 120 mmHg an den Sensoren. Die Frequenz des anregenden elektromagnetischen Feldes soll so gewählt werden, dass es in der Mitte zwischen diesen Werten also bei $p_{ref} = 100 \text{ mmHg}$ liegt. Die Pulswelle schneidet diesen Druck zweimal. Die Kapazität der Sensoren bei diesem Druck ist:

$$CS_{1,2,ref} = 5pF + 10 \frac{fF}{mmHg} \cdot 100mmHg = 6pF.$$

Damit beträgt die Resonanzfrequenz bei einem Druck von 100mmHg, auf welche der Sender eingestellt wird:

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{4\mu H \cdot 6pF}} = 32,49MHz$$

Figur 6 zeigt diese Auswertung beispielhaft. Dabei ist im oberen Teilbild der Druckverlauf an den beiden Sensoren in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt und im unteren Teilbild der Verlauf der effektiven Impedanz im Senderschwingkreis zu der im oberen Teilbild gezeigten Zeit.

Durch den Senderschwingkreis wird ein elektromagnetisches Feld mit der Frequenz f_{ref} auf die Sensoren eingestrahlt. Dadurch kommen die Schwingkreise der Sensoren in Resonanz, wenn an den kapazitiven Drucksensoren ein Druck von p_{ref} vorliegt.

Kommt der Sensorschwingkreis in Resonanz, so wird im Sender eine Veränderung der Impedanz gemessen. In Figur 6 ist zu erkennen, dass die Pulswelle den Referenzdruck p_{ref} zunächst am Sensor 1 erreicht und damit zu einem ersten Zeitpunkt eine Veränderung der Impedanz im Senderschwingkreis verursacht, was im unteren Teilbild als Peak zu erkennen ist. Das untere Teilbild zeigt den Effektivwert des Stroms auf der Senderseite, wie er sich durch einen Tiefpassfilter darstellt. Die Impedanz ergibt sich als $Z = \frac{U}{I}$, wobei U die effektive Spannung und I der effektive Strom ist. Nach einer Zeit Δt erreicht die Pulswelle und damit der entsprechende Anstieg des Druckes den Sensor 2, so dass der Referenzdruck p_{ref} nun am Sensor 2 vorliegt. Der Sensor 2 gerät zu diesem Zeitpunkt in Resonanz, was im Senderschwingkreis durch einen Anstieg des Stromes erkennbar ist. Im Stromverlauf im unteren Teilbild ist daher nach einer Zeit Δt nach dem ersten Peak ein weiterer Peak zu erkennen. Der Abstand Δt zwischen den Peaks im Verlauf des Stromes im Senderschwingkreis erlaubt es also unmittelbar, die Laufzeit der Pulswelle zwischen den beiden Sensoren und damit die Pulswellengeschwindigkeit zu bestimmen. Ob der Strom ansteigt oder abfällt, wenn die Sensoren in Resonanz kommen, hängt von der konkreten Ausgestaltung der Schaltung ab. Entscheidend ist die Änderung des Stromes bzw. der Impedanz.

Figur 7 zeigt schematisch eine Schaltung zur Erzeugung des elektromagnetischen Wechselfeldes in der Auswerteeinheit. Wie zu erkennen ist, kann mittels eines Signalgenerators 71 eine Wechselspannung zwischen Erde 77 und einem Verstärkereingang eines Verstärkers 72 erzeugt werden. Die Wechselspannung wird vom Verstärker 72 verstärkt und liegt an einer Antennenspule 73 an. Durch die Wechselspannung durchfließt ein Wechselstrom die Antennenspule 73, der ein von der Antennenspule ausgehendes elektromagnetisches Wechselfeld verursacht. Das elektromagnetische Wechselfeld trifft auf die in der Figur 7 nicht gezeigten Schwingkreise der Sensoren des erfindungsgemäßen Pulswellengeschwindigkeitsmesssystems. Die Impedanz der Anten-

nenspule hängt davon ab, ob die Schwingkreise der Sensoren in Resonanz sind oder nicht. Wird daher beispielsweise die Amplitude der an der Antennenspule 73 angelegten Wechselspannung konstant gehalten, so bewirkt eine Impedanzänderung eine Änderung der Stromstärke des in der Antennenspule fließenden Stromes. Wird nun mittels einer Strommessvorrichtung 74 der Stromfluss in der Antennenspule gemessen, so kann hieraus die Impedanz der Antennenspule bestimmt werden, und damit, ob einer der Schwingkreise der Sensoren in Resonanz ist. Hierzu wird das gemessene Stromsignal durch einen Tiefpassfilter 75 geführt, so dass sich an dessen Ausgang im Moment des Schneidens Stromänderungen erkennen lassen.

Mittels eines Wandlers 76 kann das analoge Signal des Filters 75 in ein digitales Signal überführt werden. Die Wandlung kann auch vor dem Filter erfolgen, so dass ein digitaler Filter zur Anwendung kommen kann.

Patentansprüche

5

1. Zylinderförmige Vorrichtung (1) zum Durchfluss von Fluid in Richtung einer Zylinderachse der Vorrichtung,
wobei die Vorrichtung zumindest zwei Drucksensoren (3a, 3b) aufweist, die an unterschiedlichen Stellen entlang der Zylinderachse angeordnet sind und mit denen an unterschiedlichen Stellen entlang der Zylinderachse ein Druck des Fluids im Inneren der Vorrichtung (1) messbar ist,
wobei die Drucksensoren (3a, 3b) kapazitive Drucksensoren sind, deren Kapazitäten jeweils mit zumindest einer Induktivität (12a, 12b) zu jeweils einem Schwingkreis (11a, 11b) verbunden sind, und deren Kapazitäten jeweils vom Druck des Fluids an der Stelle der Messung abhängen, wobei die jeweiligen Schwingkreise (11a, 11b) mittels zumindest eines elektromagnetischen Feldes (7) zum Schwingen anregbar sind.
2. Zylinderförmige Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass mit den Drucksensoren (3a, 3b) der zeitliche Verlauf oder ein Zeitpunkt einer Druckänderung am Ort des jeweiligen Drucksensors (3a, 3b) feststellbar ist.
3. Zylinderförmige Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der zeitliche Verlauf oder der Zeitpunkt mit einer zeitlichen Auflösung feststellbar ist, die feiner ist als die Laufzeit einer Pulswelle von einem Sensor zum anderen Sensor in dem Fluid.
4. Zylinderförmige Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwingkreise (11a, 11b), vorzugsweise für alle zu messenden Drücke, unterschiedliche Resonanzfre-

10

15

20

25

30

quenzen aufweisen, so dass sie unabhängig voneinander zum Schwingen anregbar sind.

5. Zylinderförmige Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die zylinderförmige Vorrichtung (1) ein Stent, ein Implantat, ein Katheter und/oder eine, vorzugsweise flexible, Fluidleitung ist.

6. Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem mit einer zylinderförmigen Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche sowie einer Auswerteeinheit (8), mit der das elektromagnetische Feld (7) erzeugbar ist, mittels welchem die Schwingkreise (11a, 11b) zum Schwingen anregbar sind,
wobei das elektromagnetische Feld (7) mit Resonanzfrequenzen der Schwingkreise (11a, 11b) erzeugbar ist und der Zeitpunkt des Passierens zumindest einer Pulswelle (5a, 5b) an den zumindest zwei Drucksensoren (3a, 3b) durch Messung einer Änderung der Resonanz des jeweiligen Schwingkreises (11a, 11b) bestimmbar ist, und wobei aus der Differenz der Zeitpunkte des Passierens für die zumindest zwei Drucksensoren (3a, 3b) und dem Abstand der Stellen der Messung voneinander eine Pulswellengeschwindigkeit bestimmbar ist.

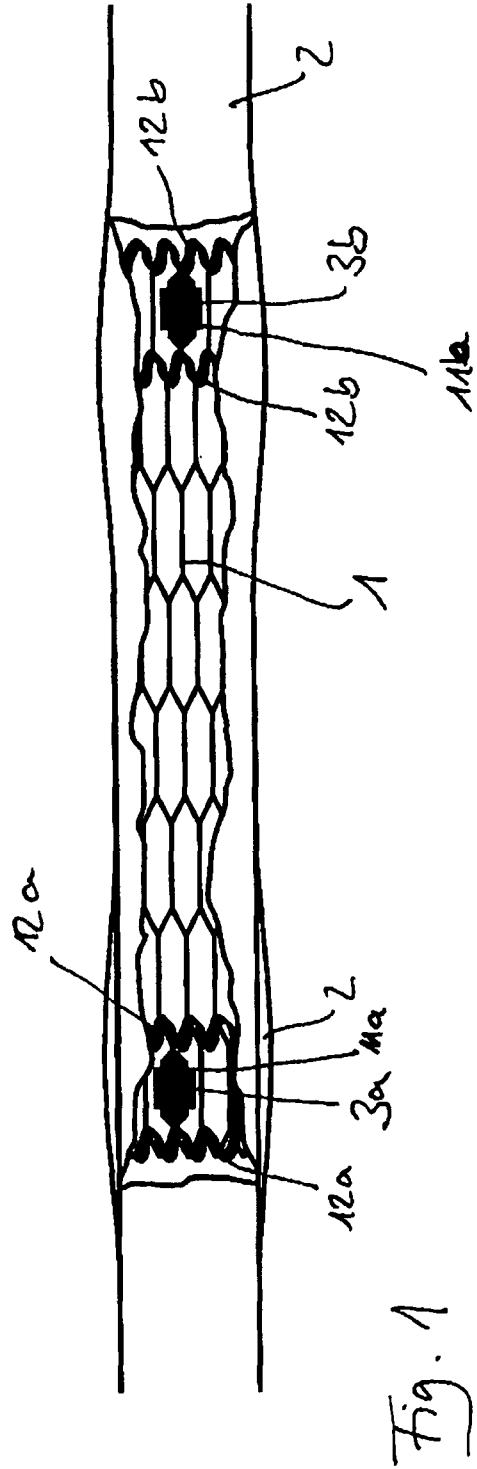
7. Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei mit der Auswerteeinheit (8) zeitabhängig bestimmbar ist, welcher der Schwingkreise (3a, 3b) mit der Resonanzfrequenz bei Normaldruck resoniert, und Zeitpunkte der Unterbrechung oder Verminderung dieser Resonanz mit der Resonanzfrequenz bei Normaldruck als Zeitpunkte der Änderung der Resonanz und damit als Zeitpunkte des Passierens bestimmbar sind.

8. Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Auswerteeinheit (8) eine Impedanz messbar ist und ein Zeitpunkt der Verringerung der Impedanz bei der Resonanzfrequenz bei Normaldruck eines der Schwingkreise (11a, 11b) als Zeitpunkt einer Unterbrechung oder Verminde-

rung der Resonanz dieses Schwingkreises (11a, 11b) und damit als Zeitpunkt des Passierens bestimmbar ist.

- 5 9. Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz des elektromagnetischen Feldes (7) in einem Bereich variierbar ist, der die für mögliche Drücke des Fluids auftretenden Resonanzfrequenzen der Schwingkreise (11a, 11b) enthält,
- 10 wobei zeitabhängig die Resonanzfrequenzen der Schwingkreise (11a, 11b) messbar sind und aus einer Differenz von Zeitpunkten der Verschiebung der Resonanzfrequenzen der beiden Schwingkreise (11a, 11b) die Pulswellengeschwindigkeit bestimmbar ist.
- 15 10. Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Auswerteeinheit (8) das elektromagnetische Feld (7) mit einem breitbandigen Frequenzspektrum erzeugbar ist, welches die für mögliche Drücke des Fluids auftretenden Resonanzfrequenzen der Schwingkreise (11a, 11b) enthält, und dass mit der Auswerteeinheit (8) nach Abschalten des elektromagnetischen Feldes (7) messbar ist, mit welchen Frequenzen die Schwingung der Schwingkreise (11a, 11b) abklingt, wobei das Erzeugen des elektromagnetischen Feldes (7) und das Messen des elektromagnetischen Feldes (7) nach dem Abschalten wiederholt durchführbar ist, so dass die Resonanzfrequenz des Schwingkreises (11a, 11b) zeitabhängig messbar ist, und wobei aus einer Differenz von Zeitpunkten der Verschiebung der Resonanzfrequenzen der beiden Schwingkreise (11a, 11b) eine Puls-
- 20 wellengeschwindigkeit bestimmbar ist.
- 25 11. Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem nach Anspruch 6, wobei das elektromagnetische Feld mit zumindest einer konstanten Frequenz erzeugbar ist, die eine Resonanzfrequenz der Schwingkreise bei einem vom Normaldruck abweichenden Druck ist, und mit der Auswerteeinheit (8) zeitabhängig bestimmbar ist, ob ein Schwingkreis resoniert, und aufeinanderfolgende Zeitpunkte des Resonierens als Zeitpunkte der Änderung der Resonanz und damit als Zeitpunkte des Passierens bestimmbar sind.
- 30

- 5 12. Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei mit der Auswerteeinheit eine Impedanz messbar ist und ein Zeitpunkt der Veränderung der Impedanz bei der konstanten Frequenz als Zeitpunkt des Resonierens eines Schwingkreises und damit als Zeitpunkt des Passierens bestimmbar ist.
13. Pulswellengeschwindigkeitsmesssystem nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das elektromagnetische Feld (7) als Puls mit einem kontinuierlichen Frequenzspektrum erzeugbar ist.
- 10 14. Verfahren zum Messen einer Pulswellengeschwindigkeit in einer Fluidleitung (2), wobei die Fluidleitung eine zylinderförmige Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5 aufweist, wobei die Schwingkreise mittels eines elektromagnetischen Feldes (7) zur Resonanz angeregt werden, wobei das elektromagnetische Feld (7) mit Resonanzfrequenzen der Schwingkreise (11a, 11b) erzeugt wird, und Zeitpunkte eines Passierens zumindest einer Pulswelle (5a, 5b) an den zumindest zwei Drucksensoren (3a, 3b) durch Messung einer Änderung der Resonanz des jeweiligen Schwingkreises (11a, 11b) bestimmt wird, und aus der Differenz der Zeitpunkte der Änderung der Resonanz für die zumindest zwei Drucksensoren (3a, 3b) und dem Abstand der Stellen der Messung voneinander die Pulswellengeschwindigkeit bestimmt wird.
- 15 20
- 25 15. Verfahren zum Messen der Elastizität einer Fluidleitung, wobei eine Pulswellengeschwindigkeit in einem Verfahren nach Anspruch 14 bestimmt wird und aus der Pulswellengeschwindigkeit die Elastizität der Fluidleitung bestimmt wird.
- 30 16. Vorrichtung zum Messen der Elastizität einer Fluidleitung, wobei eine Pulswellengeschwindigkeit in einem Verfahren nach Anspruch 14 bestimmbar ist und aus der Pulswellengeschwindigkeit die Elastizität der Fluidleitung bestimmbar ist.



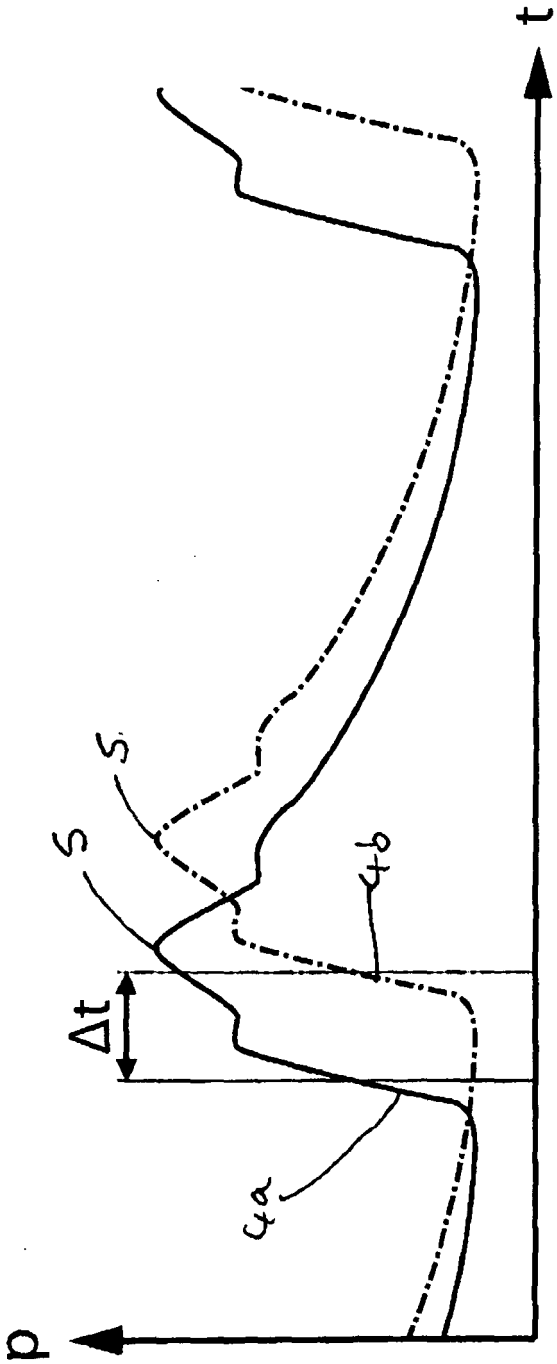


Fig. 2

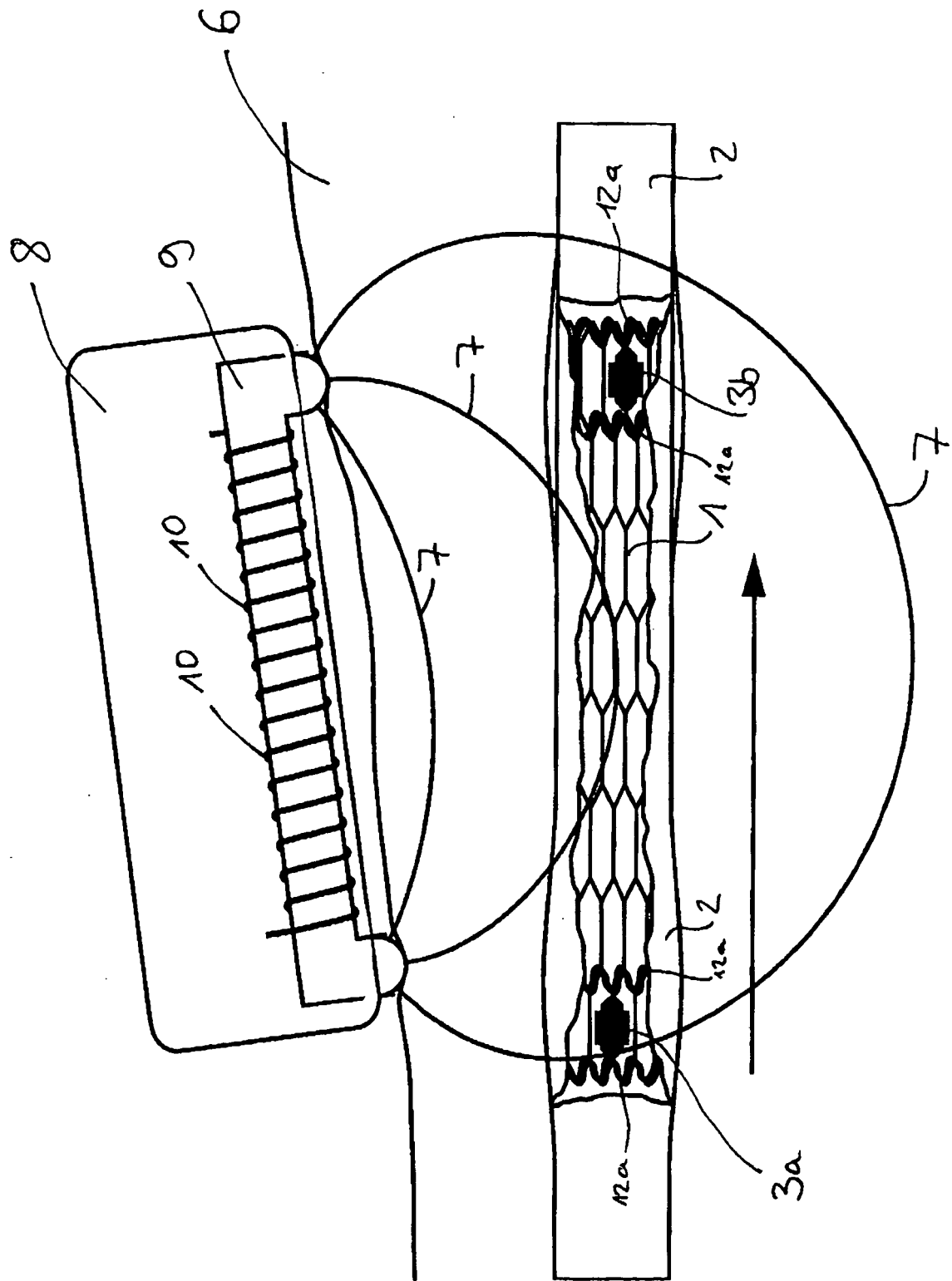


Fig. 3

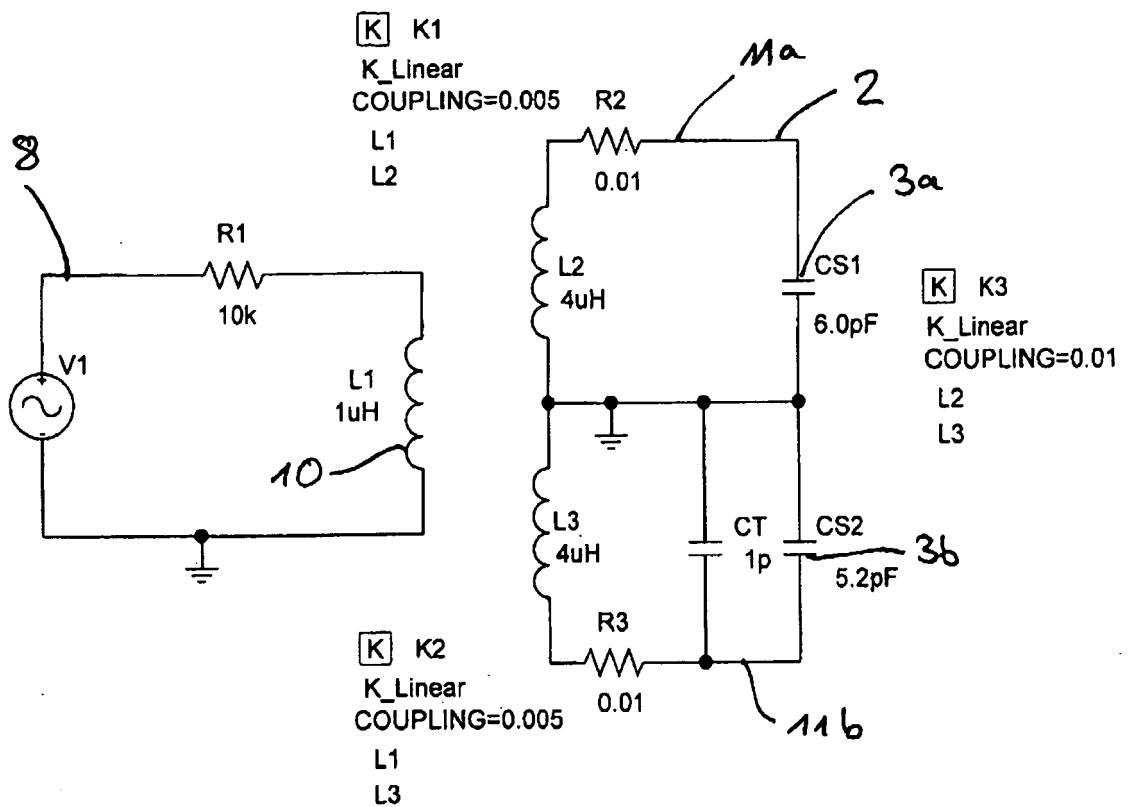


Fig. 4

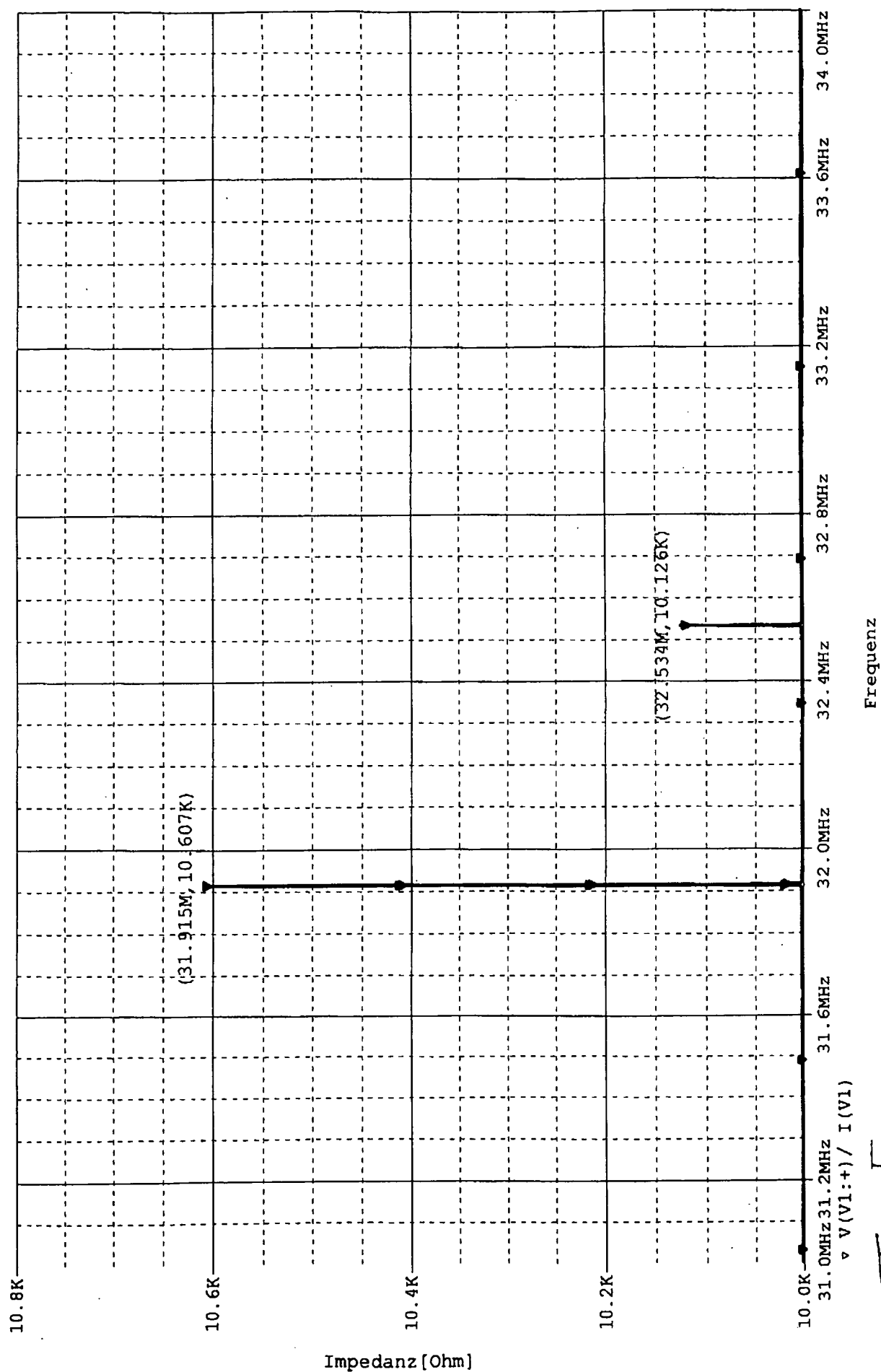
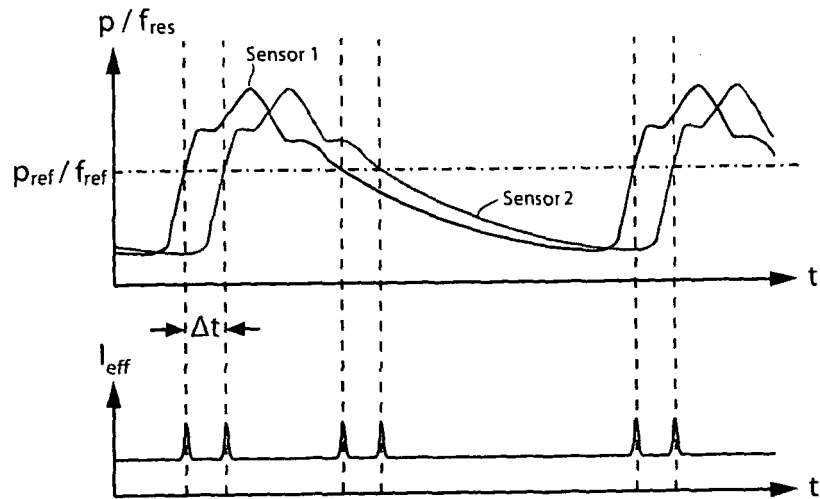
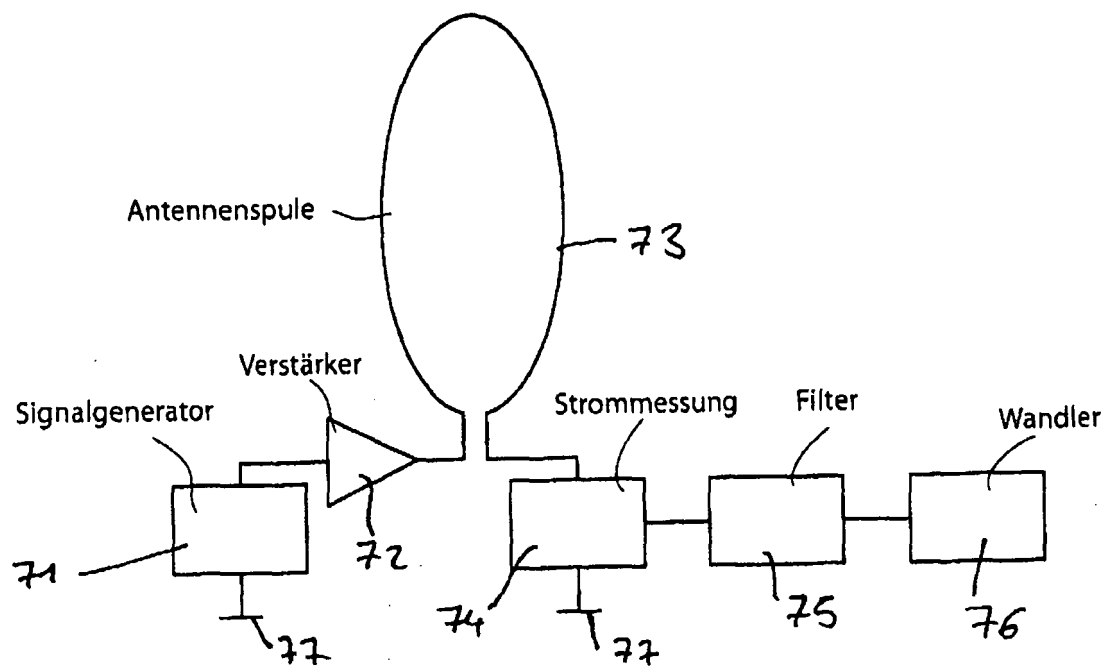


Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/000380

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01F1/20 G01F1/34 A61B5/021
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B A21B G01F G01P G01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	K. TAKAHATA ET AL: "Micromachined Antenna Stents and Cuffs for Monitoring Intraluminal Pressure and Flow", JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, vol. 15, no. 5, 1 October 2006 (2006-10-01), pages 1289-1298, XP55028764, ISSN: 1057-7157, DOI: 10.1109/JMEMS.2006.880229	1
Y	the whole document	2-16
Y	WO 2007/067690 A2 (UNIV DREXEL [US]; LEC RYSZARD M [US]; SWOBODA MAREK [US]) 14 June 2007 (2007-06-14) paragraph [0001] - paragraph [0052]; claim 10; figures 1,2,3	2-16
	----- -/--	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 June 2012

Date of mailing of the international search report

21/06/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fenzl, Birgit

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/000380

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2010/057495 A2 (SENSE AS [DK]; LADING LARS [DK]) 27 May 2010 (2010-05-27) page 1 - page 10; claims 10,34; figures 1,2,3 -----	2-16
X	US 2005/080346 A1 (GIANCHANDANI YOGESH B [US] ET AL) 14 April 2005 (2005-04-14)	1
Y	the whole document -----	2-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/000380

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2007067690 A2	14-06-2007	US 2007163353 A1 WO 2007067690 A2	19-07-2007 14-06-2007
WO 2010057495 A2	27-05-2010	EP 2369983 A2 US 2011224529 A1 WO 2010057495 A2	05-10-2011 15-09-2011 27-05-2010
US 2005080346 A1	14-04-2005	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01F1/20 G01F1/34 A61B5/021 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) A61B A21B G01F G01P G01L		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	K. TAKAHATA ET AL: "Micromachined Antenna Stents and Cuffs for Monitoring Intraluminal Pressure and Flow", JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, Bd. 15, Nr. 5, 1. Oktober 2006 (2006-10-01), Seiten 1289-1298, XP55028764, ISSN: 1057-7157, DOI: 10.1109/JMEMS.2006.880229	1
Y	das ganze Dokument	2-16
Y	WO 2007/067690 A2 (UNIV DREXEL [US]; LEC RYSZARD M [US]; SWOBODA MAREK [US]) 14. Juni 2007 (2007-06-14) Absatz [0001] - Absatz [0052]; Anspruch 10; Abbildungen 1,2,3 ----- -/-	2-16
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 1. Juni 2012		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 21/06/2012
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Fenzl, Birgit

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 2010/057495 A2 (SENSE AS [DK]; LADING LARS [DK]) 27. Mai 2010 (2010-05-27) Seite 1 - Seite 10; Ansprüche 10,34; Abbildungen 1,2,3 -----	2-16
X	US 2005/080346 A1 (GIANCHANDANI YOGESH B [US] ET AL) 14. April 2005 (2005-04-14)	1
Y	das ganze Dokument -----	2-16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/000380

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung	
WO 2007067690			A2		14-06-2007				
					US 2007163353			A1	
					19-07-2007				
					WO 2007067690			A2	
					14-06-2007				
WO 2010057495			A2		27-05-2010				
					EP 2369983			A2	
					05-10-2011				
					US 2011224529			A1	
					15-09-2011				
					WO 2010057495			A2	
					27-05-2010				
US 2005080346			A1		14-04-2005			KEINE	

专利名称(译)	圆柱装置，脉搏波测量系统和脉搏波速度测量方法		
公开(公告)号	EP2668472A1	公开(公告)日	2013-12-04
申请号	EP2012704228	申请日	2012-01-27
[标]申请(专利权)人(译)	夫琅和费ZUR FORDERUNG DER ANGEWANDTEN WISSENSCHAFT		
申请(专利权)人(译)	弗劳恩霍夫ZURFÖRDERUNGDER ANGEWANDTEN WISSENSCHAFT E.V.		
当前申请(专利权)人(译)	弗劳恩霍夫协会ZUR FOERDERUNG DER ANGEWAN		
[标]发明人	DOMNICH ALEXEJ SCHACHTELE JONATHAN		
发明人	DOMNICH, ALEXEJ SCHÄCHTELE, JONATHAN		
IPC分类号	G01F1/20 G01F1/34 A61B5/021 A61B5/00 A61B5/02 A61F2/82 G01F1/708 G01F1/72		
CPC分类号	A61B5/0031 A61B5/02007 A61B5/02125 A61B5/6862 A61B2560/0219 A61B2562/0247 A61F2/82 G01F1/708 G01F1/72		
优先权	102011009695 2011-01-28 DE		
其他公开文献	EP2668472B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

用于流体流通的圆柱形装置技术领域本发明涉及一种用于流体流通的圆柱形装置，其包括至少两个压力传感器，通过所述压力传感器可以在装置的内部测量流体的压力。本发明还涉及一种包括这种圆柱形装置的脉搏波测量系统，通过该装置可以在圆柱形装置中测量脉冲波的速度。本发明还涉及一种用于测量圆柱形装置中的脉搏波速度的方法。此外，本发明涉及一种用于测量流体管线弹性的方法和装置。