

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50499/2014 (51) Int. Cl.: **G01N 9/00** (2006.01)
 (22) Anmeldetag: 18.07.2014 **G01N 9/32** (2006.01)
 (43) Veröffentlicht am: 15.12.2015

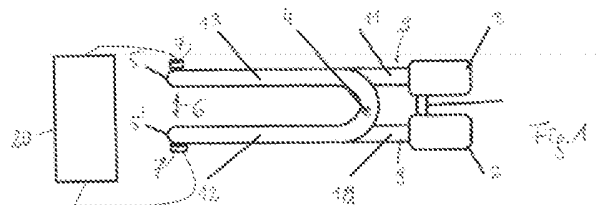
(56) Entgegenhaltungen:
 DE 3046793 A1
 WO 8505677 A1

(71) Patentanmelder:
 ANTON PAAR GMBH
 8054 GRAZ-STRASSGANG (AT)

(74) Vertreter:
 WILDHACK & JELLINEK PATENTANWÄLTE
 1030 Wien (AT)

(54) **Biegeschwinger**

(57) Die Erfindung betrifft einen Biegeschwinger zur Bestimmung der Dichte eines Fluides mit einem in seinem Längsmittelnbereich bzw. seiner Basis (4) U-förmig gebogenen und zu Resonanzschwingungen anregbaren Rohr (1), dessen beide Enden (9) zum Durchleiten eines zu untersuchenden Fluids jeweils mit einem Endanschluss (2, 3) verbunden sind, wobei die beiden von den Endanschlüssen (2, 3) ausgehenden Schenkel (10, 11) des Rohres jeweils in einem Biegebereich (5) in Richtung auf die Endanschlüsse (2, 3) zurück- bzw. abgebogen sind und jeweils einen U-förmigen Biegebereich (5, 5') ausbilden, wobei die Schwingungsanregung des Rohres (1) in zumindest einem oder nahe zumindest einem der U-förmigen Biegebereiche (5, 5') in einer Richtung (6) parallel zu einer von den von den Endanschlüssen (2, 3) abgehenden Schenkelabschnitten (10, 11) aufgespannten Ebene erfolgt und die Biegebereiche (5, 5') in dieser Richtung schwingen und wobei zumindest ein Schwingungsparameter, insbesondere die Amplitude, an dem zumindest jeweils anderen Biegebereich (5, 5') abgenommen bzw. ermittelt wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Schwingung der Basis (4) des U-förmig gebogenen Rohres (1) mit zumindest einem im Bereich der Basis (4) des Rohres (9) angeordneten bzw. mit diesem verbundenen Dämpfungselement (7) gedämpft ist.



Zusammenfassung:

Die Erfindung betrifft einen Biegeschwinger zur Bestimmung der Dichte eines Fluides mit einem in seinem Längsmittenbereich bzw. seiner Basis (4) U-förmig gebogenen und zu Resonanzschwingungen anregbaren Rohr (1), dessen beide Enden (9) zum Durchleiten eines zu untersuchenden Fluids jeweils mit einem Endanschluss (2, 3) verbunden sind, wobei die beiden von den Endanschlüssen (2, 3) ausgehenden Schenkel (10, 11) des Rohres jeweils in einem Biegebereich (5) in Richtung auf die Endanschlüsse (2, 3) zurück- bzw. abgebogen sind und jeweils einen U-förmigen Biegebereich (5, 5') ausbilden, wobei die Schwingungsanregung des Rohres (1) in zumindest einem oder nahe zumindest einem der U-förmigen Biegebereiche (5, 5') in einer Richtung (6) parallel zu einer von den von den Endanschlüssen (2, 3) abgehenden Schenkelabschnitten (10, 11) aufgespannten Ebene erfolgt und die Biegebereiche (5, 5') in dieser Richtung schwingen und wobei zumindest ein Schwingungsparameter, insbesondere die Amplitude, an dem zumindest jeweils anderen Biegebereich (5, 5') abgenommen bzw. ermittelt wird.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Schwingung der Basis (4) des U-förmig gebogenen Rohres (1) mit zumindest einem im Bereich der Basis (4) des Rohres (9) angeordneten bzw. mit diesem verbundenen Dämpfungselement (7) gedämpft ist.

Die Erfindung betrifft einen Biegeschwinger gemäß des Oberbegriffs des Patentanspruches 1.

Biegeschwinger sind Messgeräte zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien. Dabei wird die Änderung der Eigenfrequenz des Bieeschwingers bei Befüllen seines Rohres mit Fluiden benutzt, um auf die Dichte des Mediums zu schließen. Wird ein definiertes Rohrvolumen mit dem immer gleichen konstanten Volumen befüllt, so kann die Dichte des zur Befüllung des Rohres verwendeten Fluides bestimmt werden. Aus der tatsächlichen Lage der Eigenfrequenz der Schwingung kann dann durch Kalibrierung die Dichte des Fluides bestimmt werden.

Neben den bekannten einfachen U-Rohrschwingern, die als Y-Schwinger senkrecht zur Ebene gebildet durch die beiden Schenkel des Schwingers schwingen, sind auch sogenannte Doppelbugschwinger bekannt. Diese besitzen gegenüber den bekannten Y-Schwingern mit großer Gegenmasse und hoher Genauigkeit (siehe beispielsweise AT 487498) den Vorteil, dass sie klein und handlich gebaut werden können. Dies geht allerdings zu Lasten ihrer Genauigkeit.

Bei den Schwingungen treten im Allgemeinen ganz spezielle Schwingungsmoden als bevorzugte Eigenschwingungen auf, der Schwinger besitzt also definierte Resonanzfrequenzen. Diese hängen, wie bei jedem Feder-Masse-System, von der Federkonstanten des Systems und der Masse des Schwingers ab.

Um derartige Biegeschwinger, insbesondere auch die erfindungsgemäßen Doppelbugschwinger, möglichst leicht zu gestalten, erfolgt die Anregung der Schwingung vorteilhaft über Hochleistungsmagnete, die rasch ansprechen und die vom Rohr gebildeten Schwingerschenkel in Schwingungen gegeneinander mit gewünschten Frequenzen versetzen.

Aufgabe der Erfindung ist es, zu erreichen, dass bei Biegeschwingern, insbesondere Doppelbugschwingern, das Modenspektrum über den gesamten Frequenzmessbereich, der durch die Resonanzfrequenzen bei dem dünnsten und dem dichtesten zu messenden Fluid gegeben ist, möglichst frei von parasitären Moden ist und möglichst genaue Messwerte liefert.

Wesentliche Aufgabe der Erfindung ist es somit, einen exakt messenden Biegeschwinger zu erstellen, bei dem die auftretenden zur Messung herangezogenen Frequenzen möglichst frei von parasitären Moden sind.

Als parasitäre Moden werden Moden bezeichnet, die nicht zur Dichtemessung herangezogen werden bzw. werden können. Diese parasitären Moden hängen vor allem von der Geometrie aber auch von den Materialparametern des Schwingerrohres ab.

Die genannten Ziele werden bei einem Biegeschwinger der eingangs genannten Art erfindungsgemäß mit den im Kennzeichen des Anspruches 1 angegebenen

Merkmale erreicht. Erfindungsgemäß ist somit vorgesehen, dass die Schwingung der Basis des U-förmig gebogenen Rohres mit zumindest einem im Bereich der Basis des Rohres angeordneten bzw. mit diesem verbundenen Dämpfungselement gedämpft ist.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die von den Endanschlüssen abgehenden Schenkelabschnitte und/oder die von diesen Schenkelabschnitten abgebogenen und zur Basis des Rohres führenden weiteren Schenkelabschnitte zueinander parallel ausgerichtet verlaufen. Ein derartiger Biegeschwinger ist gut anregbar und sein Schwingungsverhalten einfach und exakt einzuregeln.

Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass das Rohr und/oder die abgehenden Schenkelabschnitte und/oder die weiteren Schenkelabschnitte in einer Ebene senkrecht zur Richtung der Schwingungsanregung symmetrisch ausgebildet sind. Bei dieser Ausführungsform sind die Anregung und die Auswertung der gemessenen Frequenzen bei vorgegebener Anregung exakt möglich.

Für die Messung und Auswertung ist es von Vorteil, wenn die Länge der von den Endanschlüssen ausgehenden Schenkelabschnitte bis zu den Biegebereichen größer ist als die Länge der weiteren Schenkelabschnitte zwischen den Biegeabschnitten und der Basis des U bzw. diese Länge um maximal 20% übersteigt. Eine derartige Anordnung bringt Vorteile für die Anbringung von Dämpfungselementen.

Ein konstruktiv einfacher Aufbau des Biegeschwingers ergibt sich, wenn die Basis des Rohres und die U-förmigen Biegebereiche gleichen Krümmungsradius besitzen.

Zum Erreichen einer gewünschten Dämpfung bzw. Vermeidung oder Verschieben von parasitären Moden kann vorgesehen sein, dass im Bereich der Basis des Rohres 9 zur Schwingungsdämpfung des Rohres Dämpfungselemente in Form von Massekörpern angeordnet bzw. in diesem Bereich befestigt sind. Dabei kann vorgesehen sein, dass als Dämpfungselemente Magnete und/oder elektrische Spulen vorgesehen sind, die mit orts- bzw. gehäusefesten Spulen oder Magneten des Biegeschwingers zusammenwirken, und/oder dass die Basis des Rohres und/oder zumindest einer der weiteren Schenkelabschnitte in seinem basisnahen Bereich mit jeweils einem Endanschluss und/oder einem Gerätegehäuse jeweils über zumindest einen Verbindungssteg verbunden ist.

Fig. 1 zeigt eine Draufsicht auf eine Ausführungsform eines Biegeschwingers. Fig. 2 zeigt eine Seitenansicht des Biegeschwingers gemäß Fig. 1. Fig. 3, 4 und 5 zeigen unterschiedliche Ausführungsformen von erfindungsgemäß gedämpften Biegeschwingern. Fig. 6, 7 und 8 zeigen Diagramme betreffend den Frequenzgang von Biegeschwingern.

Fig. 1 zeigt das Grundprinzip eines erfindungsgemäßen Biegeschwingers, wobei allerdings erfindungsgemäß eingesetzte Dämpfungselemente 8 nicht dargestellt sind. Der

Doppelbug-Biegeschwinger umfasst ein in einem Bereich 4 U-förmig abgebogenes Rohr 9, dessen Enden bzw. Schenkel 10, 11 mit jeweils einem Endanschluss 2, 3 verbunden sind. Für die Durchführung einer Dichtemessung wird das Rohr 9 über die Endanschlüsse 2, 3 mit Fluid durchströmt. In Biegebereichen 5, 5' ist der Längsmittenbereich des Rohres 9 mit der Basis 4 in Richtung auf die Endanschlüsse 2, 3 ab- bzw. zurückgebogen, wie dies aus Fig. 2 ersichtlich ist. In zumindest einem der Biegebereiche 5 ist ein Schwingungserreger 7 und im jeweils gegenüberliegenden Biegebereich 5' ist eine Messeinheit 7' für zumindest einen Schwingungsparameter, vorzugsweise die Schwingungsamplitude, vorgesehen. In der Praxis werden somit ein oder zwei Schwingungserreger 7 und ein oder zwei Messeinheiten 7' vorgesehen. Mit dem Schwingungserreger 7 werden das Rohr 9 bzw. die Biegebereiche 5, 5' in Schwingung versetzt, wobei die Biegebereiche 5, 5' aufeinander zu bzw. voneinander weg schwingen, wie dies mit dem Pfeil 6 dargestellt ist. Die Abnahme der Schwingung erfolgt mit einer als Schwingungsdetektor ausgebildeten Messeinheit 7'. Die Schwingungsanregung und die Abnahme der Schwingungsparameter erfolgt vorteilhafterweise elektromagnetisch gesteuert bzw. überwacht mit einer Steuereinheit 20, die mit dem Schwingungserreger 7 bzw. mit dem Schwingungsdetektor 7' verbunden ist.

Aus Fig. 1 und 2 ist zu erkennen, dass das in Schwingung versetzte U-förmig gebogene Rohr 9 aus der Ebene, die von den den Endanschlüssen 2, 3 nahen Rohrbereichen bzw. Schenkeln 10, 11 aufgespannt ist, herausgebogen ist, wodurch zwei Biegebereiche 5, 5' entstehen, die in der Richtung des Pfeils 6 schwingen, die parallel zu der von den beiden von den Endanschlüssen 2, 3 ausgehenden Schenkel 10, 11 des Rohres 9 aufgespannten Ebene verläuft.

Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Biegeschwingers mit einem Dämpfungselement 8. Dabei ist zumindest ein Massekörper als Dämpfungselement 8 im Bereich der U-förmig gebogenen Basis 4 angebracht, um Schwingungsmoden, insbesondere unerwünschte Störmoden, bezüglich ihrer Frequenz zu verschieben.

Mögliche bei derartigen Biegeschwängern sich ausbildende Eigenschwingungen sind in der Fig. 6 dargestellt. Zeichnet man die Amplitude der Schwingung über die Anregungsfrequenz auf, so erkennt man, dass in unmittelbarer Nähe der tatsächlich untersuchten Frequenz der Eingeschwingung weitere Moden existieren. Diese parasitären Moden können das Ergebnis der Messung verfälschen, wenn die Eigenfrequenz des Schwingers durch die Befüllung mit Fluid sehr nahe an die Störmoden kommt.

Insbesondere werden unerwünschte Störmoden, wie sie im linken Bereich von Fig. 6 dargestellt sind, in einen Bereich niedrigerer Frequenz verschoben, wie in Fig. 7

dargestellt ist, wobei die Messmode von der Änderung der Lage der Störmode nicht betroffen wird.

Wie man aus Fig. 8 erkennen kann, wird zwar die der Messfrequenz benachbarte Störmode in ihrer Amplitude verstärkt, jedoch wird diese benachbarte Störmode in einen niederfrequenteren Bereich verschoben.

Erfindungsgemäß werden diese Störmoden durch geeignete bauliche Mittel, d.h. die Dämpfungselemente 8, entweder gedämpft und/oder bezüglich ihrer Frequenz dahingehend verändert, dass sie die tatsächliche Dichtemessung nicht beeinflussen.

Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Biegeschwingers, bei der im Bereich der Basis 4 an den Schenkeln 12, 13 einander gegenüberliegend Dämpfungselemente 8 in Form von Massekörpern angebracht sind.

Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, bei der die Basis 4 des Rohres 9 bzw. der Basisbereich über zumindest eine - im dargestellten Fall zwei - als Dämpfungselement 8 wirkende Verstrebung mit den den Endanschlüssen 2, 3 naheliegenden Bereichen der Schenkel 10, 11 des Rohres 9 verbunden ist. Wie aus Fig. 8 zu erkennen ist, unterdrückt diese Anordnung die Störmode nahezu komplett.

Die Erfindung beschreibt in Fig. 3, 4 und 5 mehrere Möglichkeiten um auftretende Moden zu dämpfen oder deren Frequenz zu verändern, damit der Abstand zur Messmode größer wird. Es sind allerdings auch Dämpfungselemente 8 in anderer bzw. unterschiedlicher Form und/oder Gewicht möglich, die im Bereich der Basis 4 angeordnet werden.

Das Material der Dämpfungselemente 8 kann beliebig gewählt werden. Die Masse der jeweiligen Dämpfungselemente wird abhängig von der gewünschten bzw. möglichen Verschiebung der Störmoden gewählt. Auch die Elastizität bzw. Steifigkeit der Dämpfungsbauteile 8 bzw. der Verstreibungen, welche die Basis 4 des Rohres 9 mit den Schenkelabschnitten 10, 11 verbinden, wird abhängig von den gewünschten Frequenzverschiebungen gewählt.

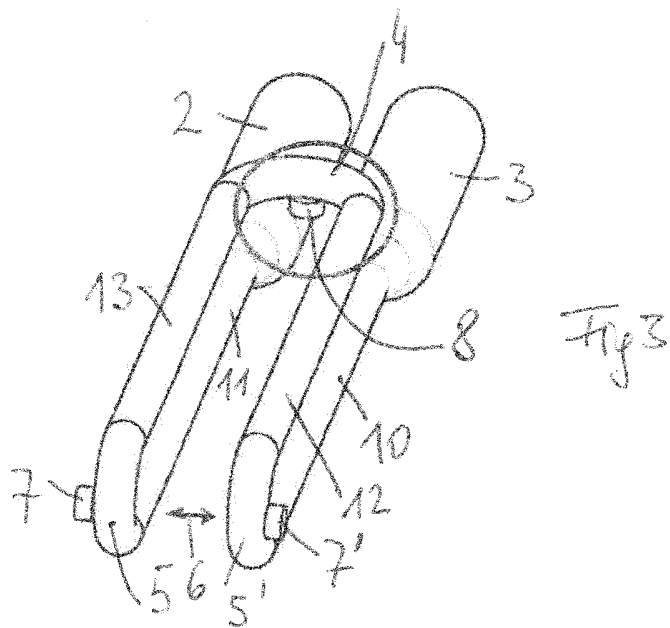
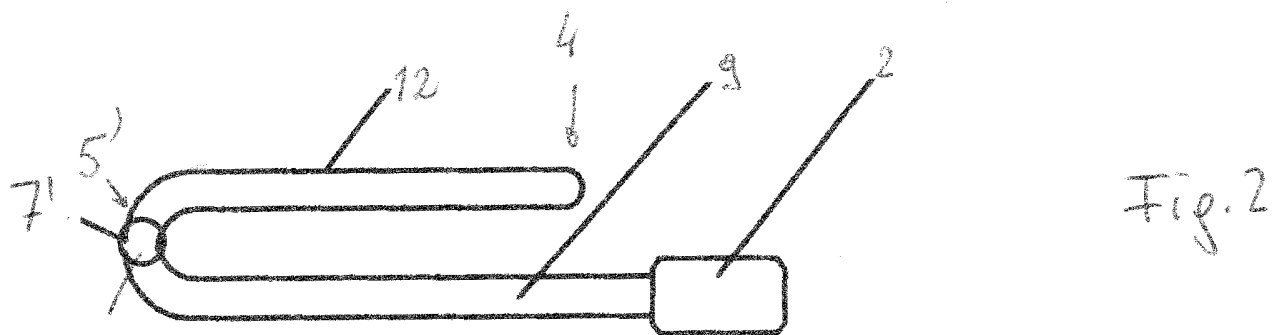
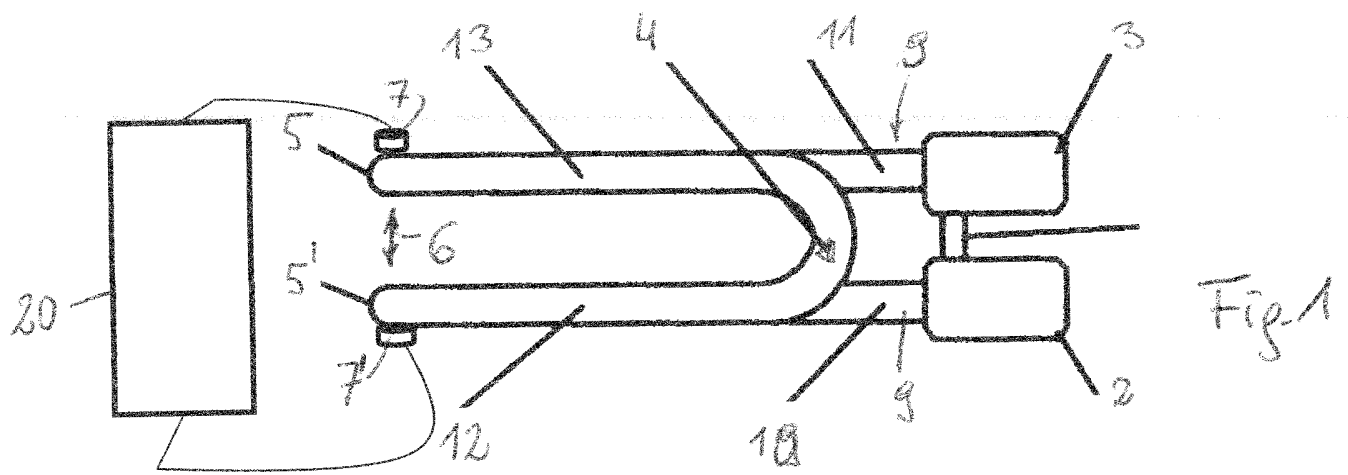
Patentansprüche:

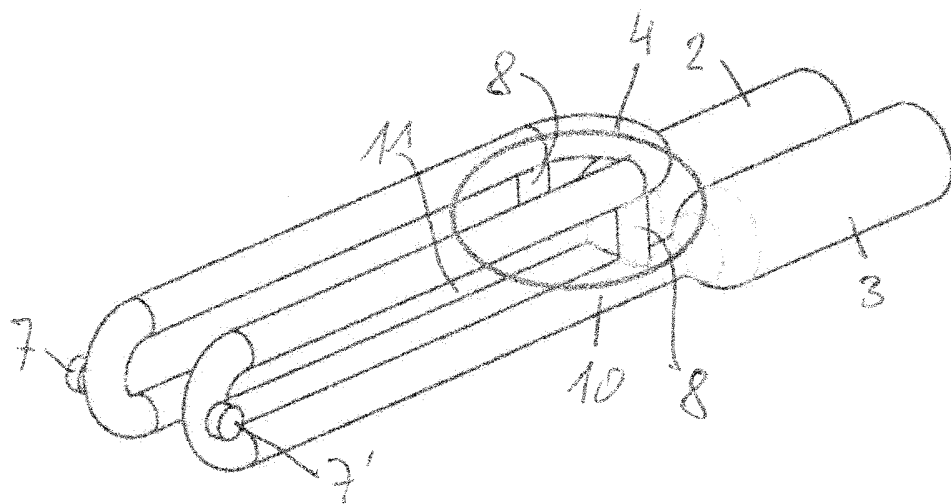
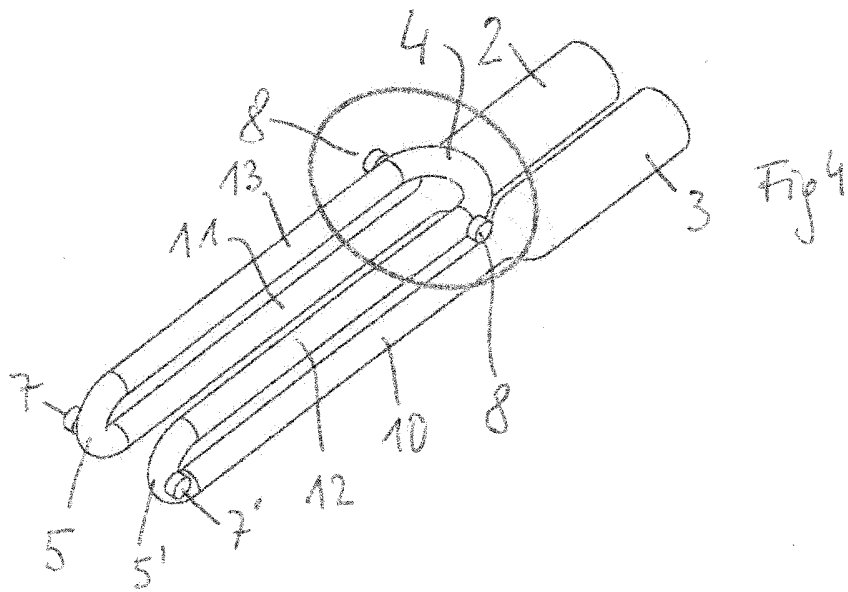
1. Biegeschwinger zur Bestimmung der Dichte eines Fluides mit einem in seinem Längsmittenbereich bzw. seiner Basis (4) U-förmig gebogenen und zu Resonanzschwingungen anregbaren Rohr (1), dessen beide Enden (9) zum Durchleiten eines zu untersuchenden Fluids jeweils mit einem Endanschluss (2, 3) verbunden sind, wobei die beiden von den Endanschlüssen (2, 3) ausgehenden Schenkel (10, 11) des Rohres jeweils in einem Biegebereich (5) in Richtung auf die Endanschlüsse (2, 3) zurück- bzw. abgebogen sind und jeweils einen U-förmigen Biegebereich (5, 5') ausbilden, wobei die Schwingungsanregung des Rohres (1) in zumindest einem oder nahe zumindest einem der U-förmigen Biegebereiche (5, 5') in einer Richtung (6) parallel zu einer von den von den Endanschlüssen (2, 3) abgehenden Schenkelabschnitten (10, 11) aufgespannten Ebene erfolgt und die Biegebereiche (5, 5') in dieser Richtung schwingen und wobei zumindest ein Schwingungsparameter, insbesondere die Amplitude, an dem zumindest jeweils anderen Biegebereich (5, 5') abgenommen bzw. ermittelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwingung der Basis (4) des U-förmig gebogenen Rohres (1) mit zumindest einem im Bereich der Basis (4) des Rohres (9) angeordneten bzw. mit diesem verbundenen Dämpfungselement (7) gedämpft ist.
2. Biegeschwinger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die von den Endanschlüssen (2, 3) abgehenden Schenkelabschnitte (10, 11) und/oder die von diesen Schenkelabschnitten (10, 11) abgebogenen und zur Basis (4) des Rohres (1) führenden weiteren Schenkelabschnitte (12, 13) zueinander parallel ausgerichtet verlaufen.
3. Biegeschwinger nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (1) und/oder die abgehenden Schenkelabschnitte (10, 11) und/oder die weiteren Schenkelabschnitte (12, 13) in einer Ebene senkrecht zur Richtung (6) der Schwingungsanregung symmetrisch ausgebildet sind.
4. Biegeschwinger nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der von den Endanschlüssen (2, 3) ausgehenden Schenkelabschnitte (10, 11) bis zu den Biegebereichen (5, 5') größer ist als die Länge der weiteren Schenkelabschnitte (12, 13) zwischen den Biegeabschnitten (5, 5') und der Basis (4) des U bzw. diese Länge um maximal 20% übersteigt.

5. Biegeschwinger nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Basis (4) des Rohres (1) und die U-förmigen Biegebereiche (5, 5') gleichen Krümmungsradius besitzen.

6. Biegeschwinger nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Basis (4) des Rohres 9 zur Schwingungsdämpfung des Rohres (1) Dämpfungselemente (8) in Form von Massekörpern angeordnet bzw. in diesem Bereich befestigt sind.

7. Biegeschwinger nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass als Dämpfungselemente (8) Magnete und/oder elektrische Spulen vorgesehen sind, die mit orts- bzw. gehäusefesten Spulen oder Magneten des Biegeschwingers zusammenwirken, und/oder dass die Basis (4) des Rohres (1) und/oder zumindest einer der weiteren Schenkelabschnitte (12, 13) in seinem basisnahen Bereich mit jeweils einem Endanschluss (2, 3) und/oder einem Gerätegehäuse jeweils über zumindest einen Verbindungssteg verbunden ist.





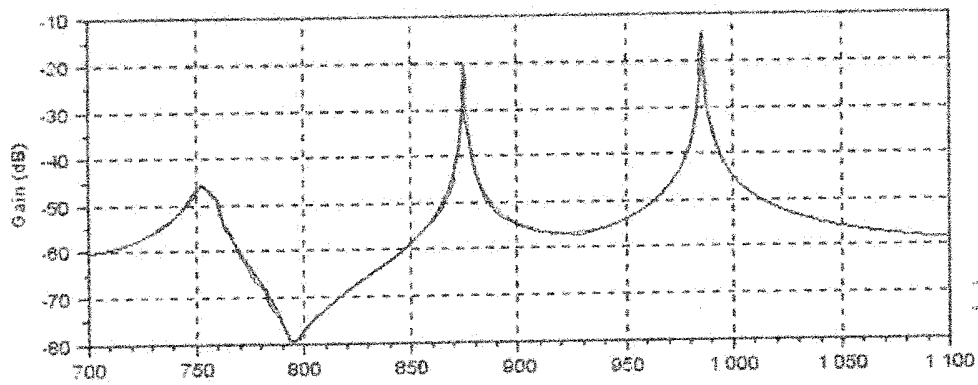


Fig. 6

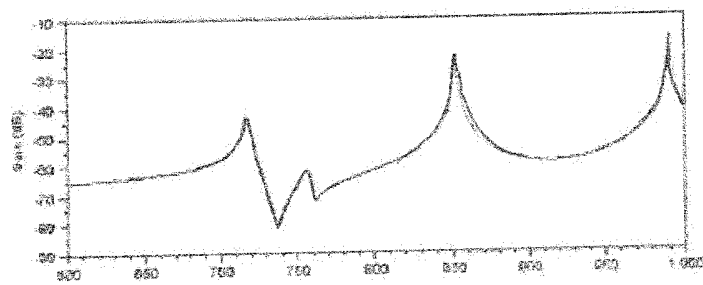


Fig. 7

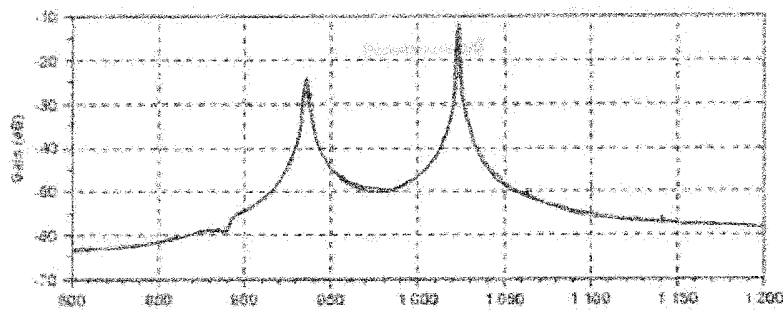


Fig. 8

Patentansprüche:

1. Biegeschwinger zur Bestimmung der Dichte eines Fluides mit einem in seinem Längsmittenbereich bzw. seiner Basis (4) U-förmig gebogenen und zu Resonanzschwingungen anregbaren Rohr (1), dessen beide Enden (9) zum Durchleiten eines zu untersuchenden Fluids jeweils mit einem Endanschluss (2, 3) verbunden sind, wobei die beiden von den Endanschlüssen (2, 3) ausgehenden Schenkel (10, 11) des Rohres jeweils in einem Biegebereich (5) in Richtung auf die Endanschlüsse (2, 3) zurück- bzw. abgebogen sind und jeweils einen U-förmigen Biegebereich (5, 5') ausbilden, wobei die Schwingungsanregung des Rohres (1) in zumindest einem oder nahe zumindest einem der U-förmigen Biegebereiche (5, 5') in einer Richtung (6) parallel zu einer von den von den Endanschlüssen (2, 3) abgehenden Schenkelabschnitten (10, 11) aufgespannten Ebene erfolgt und die Biegebereiche (5, 5') in dieser Richtung schwingen und wobei zumindest ein Schwingungsparameter, insbesondere die Amplitude, an dem zumindest jeweils anderen Biegebereich (5, 5') abgenommen bzw. ermittelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwingung der Basis (4) des U-förmig gebogenen Rohres (1) mit zumindest einem im Bereich der Basis (4) des Rohres (9) angeordneten bzw. mit diesem verbundenen Dämpfungselement (8) gedämpft ist.
2. Biegeschwinger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die von den Endanschlüssen (2, 3) abgehenden Schenkelabschnitte (10, 11) und/oder die von diesen Schenkelabschnitten (10, 11) abgebogenen und zur Basis (4) des Rohres (1) führenden weiteren Schenkelabschnitte (12, 13) zueinander parallel ausgerichtet verlaufen.
3. Biegeschwinger nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (1) und/oder die abgehenden Schenkelabschnitte (10, 11) und/oder die weiteren Schenkelabschnitte (12, 13) in einer Ebene senkrecht zur Richtung (6) der Schwingungsanregung symmetrisch ausgebildet sind.
4. Biegeschwinger nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der von den Endanschlüssen (2, 3) ausgehenden Schenkelabschnitte (10, 11) bis zu den Biegebereichen (5, 5') größer ist als die Länge der weiteren Schenkelabschnitte (12, 13) zwischen den Biegeabschnitten (5, 5') und der Basis (4) des U bzw. diese Länge um maximal 20% übersteigt.

5. Biegeschwinger nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Basis (4) des Rohres (1) und die U-förmigen Biegebereiche (5, 5') gleichen Krümmungsradius besitzen.

6. Biegeschwinger nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Basis (4) des Rohres 9 zur Schwingungsdämpfung des Rohres (1) Dämpfungselemente (8) in Form von Massekörpern angeordnet bzw. in diesem Bereich befestigt sind.

7. Biegeschwinger nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass als Dämpfungselemente (8) Magnete und/oder elektrische Spulen vorgesehen sind, die mit orts- bzw. gehäusefesten Spulen oder Magneten des Biegeschwingers zusammenwirken, und/oder dass die Basis (4) des Rohres (1) und/oder zumindest einer der weiteren Schenkelabschnitte (12, 13) in seinem basisnahen Bereich mit jeweils einem Endanschluss (2, 3) und/oder einem Gerätegehäuse jeweils über zumindest einen Verbindungssteg verbunden ist.