



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 43 06 193 B4** 2004.11.11

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 43 06 193.1**  
(22) Anmeldetag: **27.02.1993**  
(43) Offenlegungstag: **16.09.1993**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **11.11.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **G01F 23/296**  
// B64D 37/06, B65D 90/48

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:  
**9205148 10.03.1992 GB**

(71) Patentinhaber:  
**Smiths Group PLC, London, GB**

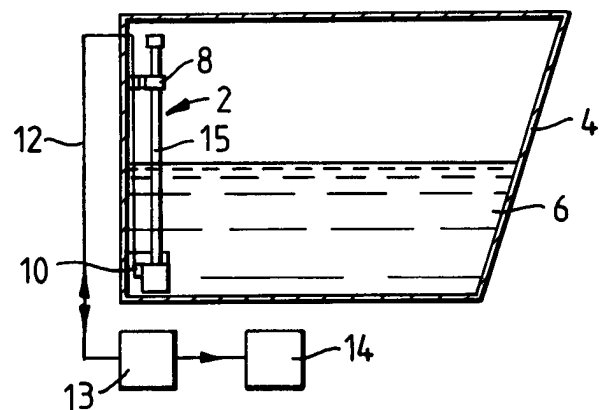
(74) Vertreter:  
**Charrier, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 86152 Augsburg**

(72) Erfinder:  
**Sinclair, David, Chineham, Hampshire, GB**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**DE 34 31 774 A1**  
**DE 29 06 704 A1**  
**EP 01 06 677 B1**

(54) Bezeichnung: **Füllstandssensor**

(57) Hauptanspruch: Füllstandssensor mit einem Ultraschall-Sende-Empfänger (68), welcher am unteren Ende eines vertikal verlaufenden, aus einem ersten, steifen Material bestehenden Rohre (30) zur Einstrahlung in das Innere des Rohre (30) angebracht ist, wobei der Füllstand in dem Rohr (30) identisch mit dem Füllstand außerhalb des Rohre (30) ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr (30) mindestens entlang eines erheblichen Teils seiner Länge eine Oberflächenschicht (32) aus einem zweiten Material aufweist, welches akustisch absorbierend ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf einen Füllstandssensor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Ultraschallunterstützte Füllstandssensoren machen von der Tatsache Gebrauch, dass Ultraschallwellen sich in einer Flüssigkeit frei fortpflanzen können, in Luft oder einem anderen Gas jedoch schnell abgeschwächt werden. Wenn ein Ultraschallgeber derart am Boden eines Flüssigkeitsbehälters montiert ist, dass er nach oben in Richtung der Flüssigkeits-Luft-Grenzfläche abstrahlt, wird die Ultraschallenergie von dieser Grenzfläche nach unten zu dem Ultraschallgeber, welcher als Ultraschall-Sende-Empfänger ausgebildet ist, zurückreflektiert. Durch Messung der Zeit zwischen der Aussendung und dem Empfang eines Pulses ist es möglich, den Abstand zwischen dem Ultraschallgeber und der Flüssigkeits-Luft-Grenzfläche und hierdurch die Tiefe der Flüssigkeit zu messen.

**[0003]** Für gewöhnlich werden Ultraschallgeber dieser Art am unteren Ende eines Rohrs angebracht, welches sich vom Boden bis zum oberen Ende des Flüssigkeitsbehälters erstreckt. Das Rohr ist unten offen, so dass der Füllstand innerhalb des Rohrs genauso hoch ist wie in dem Flüssigkeitsbehälter außerhalb des Rohrs. Die Verwendung eines derartigen Rohrs hat verschiedene Gründe. Erstens wird hierdurch der Ultraschallgeber von anderen Sensoren oder Störungsquellen isoliert. Zweitens wird die Ultraschallwelle gebündelt, so dass sie nur auf einen bestimmten Bereich der Flüssigkeitsoberfläche unmittelbar oberhalb des Ultraschallgebers gerichtet ist. Drittens ist die Flüssigkeitsoberfläche innerhalb des Rohrs wesentlich wellenärmer als außerhalb des Rohrs.

## Stand der Technik

**[0004]** Ein weiterer Vorteil der Verwendung eines Rohrs ist die leichte Realisierung einer Referenzhöhe durch Anbringung eines Reflektors in bestimmter Höhe innerhalb des Rohrs. In diesem Fall empfängt der Ultraschallgeber, welcher auch als Empfänger fungiert, eine Reflexion von der Flüssigkeitsoberfläche und eine von dem Referenzreflektor, wodurch die Flüssigkeitshöhe kalibrierbar ist. Hierdurch ist das Meßsystem für verschiedene Flüssigkeiten mit verschiedenen akustischen Ausbreitungseigenschaften verwendbar. Auch Temperaturänderungen, welche die Ultraschallausbreitungsgeschwindigkeit beeinflussen, können hierdurch kompensiert werden. Ein Beispiel für einen Ultraschallsensor mit einem Rohr, in dessen unterem Außenbereich ein Ultraschall-Sende-Empfänger angeordnet, findet sich in der EP 0 106 677 B1.

**[0005]** Gegenstand der DE 34 31 774 A1 ist eine Vorrichtung zur Messung des Füllstandes von Flüssigkeiten mit einem am unteren Ende eines Schallführungsrohres angebrachten Ultraschall-Sende-Empfängers, der in das Innere dieses Schallführungsrohres einstrahlt, wobei der Füllstand in dem Rohr identisch mit dem Füllstand außerhalb des Rohres ist.

**[0006]** Derartige Ultraschallfüllstandsmessvorrichtungen weisen jedoch verschiedene Nachteile auf. Einer dieser Nachteile resultiert daraus, dass die Ultraschallenergie zusätzlich zur Übertragung in der Flüssigkeit innerhalb des Rohrs auch innerhalb der Wandung des Rohrs selbst übertragen wird. Dies kann zu einer Schallausbreitung aus der Wandung in die Flüssigkeit führen, insbesondere an Stellen, wo die Röhrenwandung zu Halterungszwecken geklemmt ist. Hierdurch entstehen falsche Echos, welche der Ultraschall-Sende-Empfänger empfängt. Um diesem Nachteil zu begegnen, wurden Rohre aus Kunststoffmaterialien verwendet, welche weniger starke Streuechos erzeugen. Dies führt jedoch zu einem anderen Nachteil, da aufgrund der geringeren Steifigkeit von Kunststoff gegenüber Metall die Wandung des Rohrs relativ dick auszulegen ist, um die notwendige Steilheit zu erhalten, was wiederum zu einer Gewichtserhöhung führt. Beim Einsatz in Luftfahrzeugen, wo ein Dutzend oder noch mehr derartige Einrichtungen verwendet werden, ist der Gewichtszuwachs von besonderem Nachteil und führt zu stark erhöhten Betriebskosten.

**[0007]** Ein weiterer Nachteil dieser Sensoren wird offenbar, wenn die Ultraschallwellen nicht axial entlang des Rohrs verlaufen, weil dann multiple Echos entstehen und der tatsächlich zurückgelegte Weg vergrößert wird, was zu einer entsprechenden Zeitverzögerung führt. Dieser Nachteil tritt insbesondere dann auf, wenn die Flüssigkeitsoberfläche nicht senkrecht zur Rohrachse orientiert ist, weil in diesem Fall die Mehrzahl der reflektierten Signale nicht axial entlang des Rohrs verlaufen. Obwohl die Signale, welche axial entlang des Rohrs reflektiert werden, ausreichen können, um die Flüssigkeitshöhe zu messen, können diese Signale durch starke multiple Reflexionssignale von den Röhrenwandungen überdeckt werden.

## Aufgabenstellung

**[0008]** Es besteht daher die Aufgabe, einen Ultraschall-Füllstandssensor so weiterzubilden, dass bei möglichst geringem Gewicht die Bildung von Streuechos weitgehend vermieden wird.

**[0009]** Gelöst wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1.

**[0010]** Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unter-

ansprüchen entnehmbar.

**[0011]** Das Rohr des Füllstandssensors nach dem Anspruch 1 weist ähnliche akustische Eigenschaften auf wie ein vollständig aus Kunststoffmaterial hergestelltes Rohr, wobei die Festigkeit des Materials jedoch die Bauweise mit einer dünneren Wandstärke und demzufolge geringerem Gewicht als bei einem herkömmlichen Kunststoffrohr zuläßt.

**[0012]** Ein Ultraschallsensor zum Einsatz bei einer Tankfüllstandsanzeige eines Flugzeugs gemäß der vorliegenden Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen näher beschrieben. Diese zeigen:

#### Ausführungsbeispiel

**[0013]** Fig. 1: eine Seitenansicht des Sensors im Kraftstofftank eines Flugzeugs und

**[0014]** Fig. 2: eine vergrößerte seitliche Querschnittsdarstellung des Sensors.

**[0015]** Aus Fig. 1 ist erkennbar, dass der Sensor 2 vertikal im Tank 4 eines Flugzeugs angebracht ist, welcher Treibstoff 6 enthält. Der Sensor 2 wird von zwei Klemmen 8 und 10 gehalten, welche am oberen bzw. unteren Ende des Sensors und an der Wandung des Tanks 4 angebracht sind. Das Antriebssignal für den Sensor und sein elektrisches Ausgangssignal verlaufen über eine Leitung 12, welche vorn unteren Ende des Sensors zu einer Kontrolleinheit 13 führt, die einen Füllstandsrechner enthält, welcher das Treibstoffvolumen aus der Höheninformation von dem Sensor 2 und aus der bekannten Tankgeometrie berechnet. Das Ausgangssignal von der Kontrolleinheit 13 wird einer Anzeige 14 oder einer anderen Einrichtung zugeführt und kann entweder als Volumen oder, falls die Dichte des Treibstoffs bekannt ist, als Masse ausgegeben werden.

**[0016]** Unter zusätzlicher Bezugnahme auf Fig. 2 erkennt man, dass der Sensor 2 eine röhrenförmige Anordnung 15 und eine Basisanordnung 16 umfaßt, welche sich am unteren Ende der röhrenförmigen Anordnung 15 befindet.

**[0017]** Die röhrenförmige Anordnung 15 ist etwa 530 mm lang und hat einen Außendurchmesser von etwa 25 mm. Die Anordnung besteht aus einem zylindrischen Rohr 30 aus Metall, beispielsweise aus Aluminium, mit einer Wandstärke von ungefähr 0,5 mm und einer Oberflächenschicht 32 (Beschichtung) aus einem akustisch absorbierenden Kunststoffmaterial an seiner Innenseite. Dieses Kunststoffmaterial ist beispielsweise Polysulfid aus zwei Komponenten oder ein ähnliches Material. Die Dicke dieser Oberflächenschicht 32 ist nicht kritisch, typischerweise ist die

Schicht etwa so dick wie die Wandung des Rohres 30, also zwischen 0,4 und 0,5 mm. Die Schicht aus akustisch absorbierendem Material kann alternativ hierzu auch an der Außenseite des Rohres angebracht sein, obwohl die hierdurch erzeugte Verbesserung nicht so groß ist wie bei einer innen angebrachten Schicht. Die Beschichtung (32) kann durch irgendein bekanntes Verfahren erfolgen, beispielsweise indem das Beschichtungsmaterial in flüssiger Form durch das Rohr gegossen wird. An ihrem oberen Ende ist die Anordnung 15 durch eine Metallkappe 33 verschlossen, welche mit dem Rohr 30 verschweißt ist. Im Bereich seines oberen Endes weist das Rohr 30 (nicht dargestellte) Belüftungsöffnungen auf, welche auch in die Metallkappe integriert sein können. An ihrem unteren Ende ist die Anordnung zum Treibstoff innerhalb des Tanks 4 über vier in gleichem Abstand zueinander angeordnete Schlitze 34 um das untere Ende des Rohrs 30 geöffnet. Einer oder mehrere Referenzreflektoren 35 erstrecken sich an bestimmten Punkten durch die röhrenförmige Anordnung 15 entlang ihrer Länge.

**[0018]** Die Basisanordnung 16 beinhaltet eine Innenhalterung 60 mit einer röhrenförmigen Buchse 61, welche das untere Ende des Rohrs 30 umgreift, wobei diese Buchse Schlitze 62 aufweist, welche den Schlitzen 34 in dem Rohr gegenüberstehen. An ihrem oberen Ende weist die Innenhalterung 64 einen radial nach außen verlaufenden Flansch 63 auf. An einer Seite ist dieser Flansch 63 mit dem Rohr 30 durch einen Metallstreifen 64 verbunden, welcher an seinem einen Ende mit der Außenseite des Rohrs 30 verlötet ist und an seinem anderen Ende an dem Flansch 63 befestigt ist. Eine Befestigungsklammer 65 steht vertikal von dem Flansch 63 ab und ist an der Klemme 14 des unteren Endes des Sensors 2 angebracht. Am unteren Ende der Basisanordnung 16 befindet sich eine Umwandlungsanordnung 66, welche eine Befestigungsplatte 67 und einen Ultraschall-Sende-Empfänger 68 umfaßt, welcher an der Unterseite dieser Platte mit Hilfe eines akustisch absorbierenden Kunststoffs 69 wie Polysulfid vergossen ist. Der Ultraschall-Sende-Empfänger 68 ist auf der Achse des Rohrs 30 positioniert und seine Anschlußdrähte 70 verlaufen in einen Endblock 71, wobei der Hohlraum um diese Anschlußdrähte mit einem Kunststoffmaterial ausgefüllt ist, welches geringfügig elektrisch leitfähig ist, beispielsweise Polysulfid mit einem darin dispergierten leitfähigen Pulver. Dies ergibt eine Sicherheitsstrombahn mit einem Widerstand in der Größenordnung von mehreren tausend Ohm, um einen Ladungsaufbau bei fehlerhaftem Sensor 2 zu verhindern. Die Befestigungsplatte 67 besteht aus einem Kunststoffmaterial wie Polyphenylensulfid und ihre Dicke ist so bemessen, daß der axiale Ultraschallstrahl von und zum Ultraschall-Sende-Empfänger 68 ohne wesentliche Dämpfung durch die Platte hindurchtreten kann. Das Kunststoffmaterial der Befestigungsplatte 67 wirkt wie das Vergieß-

material aus Kunststoff **69** als akustischer Isolator, welcher den Ultraschall-Sende-Empfänger **68** von der rohrförmigen Anordnung **15** isoliert.

**[0019]** Die Basisanordnung **16** wird durch eine zylindrische Außenabdeckung **72** vervollständigt, welche die Innenhalterung **60** und die Umwandlungsanordnung **66** einschließt. Öffnungen **73** am unteren Ende der Außenabdeckung **72** erlauben den Fluß von Treibstoff zur Basisanordnung **16** und damit zur rohrförmigen Anordnung **15** hin und hiervon nach außen.

**[0020]** Beim Gebrauch aktiviert die Kontrolleinheit **13** den Ultraschall-Sende-Empfänger **68** mit elektrischen Pulsen, wodurch der Ultraschall-Sende-Empfänger **68** Ultraschallpulse bei einer Frequenz von etwa 1 MHz und einem Pulsabstand von etwa 1 Sekunde emittiert. Die Ultraschallenergie ist vertikal nach oben gerichtet entlang der Achse der rohrförmigen Anordnung **15**.

**[0021]** Jeder Ultraschallpuls verläuft innerhalb der Anordnung **15** in dem Treibstoff **6** axial nach oben, bis er die Grenzfläche zur Luft oder dem Gas in dem Tank **4** oberhalb der Flüssigkeit erreicht. An diesem Punkt wird der Energiepuls nach unten reflektiert zurück zum Ultraschall-Sende-Empfänger **68**. Der Ultraschall-Sende-Empfänger **68** empfängt auch Echopulse von den Referenzreflektoren **35**. Diese Echopulse stellen Kalibrierungspulse dar, mit deren Hilfe das Echo von der Flüssigkeitsoberfläche kalibriert werden kann. Die Oberflächenschicht **32** auf der Innenseite der Anordnung **15** reduziert sowohl den dem Rohr **30** von dem Treibstoff zugeführten Energiebetrag innerhalb des Rohrs **30** als auch den von dem Rohr **30** dem Treibstoff zugeführten Energiebetrag erheblich. Dies führt zu einem wesentlich sauberen Ausgangssignal, d.h. einem Ausgangssignal mit erheblich weniger Rauschen als bei einer Metallröhrenanordnung ohne derartige Beschichtung. In der Vergangenheit war es aufgrund des starken Rauschens nicht möglich, Metallröhren zu verwenden. Die Leistungsfähigkeit von Röhren aus anderen steifen Materialien, wie beispielsweise steifem glasfaserverstärktem Kunststoff kann auch durch Beschichtung mit einem anderen, akustisch absorbierenden Material verbessert werden. Insbesondere kann eine rohrförmige Anordnung aus einem hartimprägnierten Glasfaserstreifen, beispielsweise Fiberite von ICI Fiberite in Kalifornien, USA, welcher auf ein Polybutadienrohr aufgewickelt ist, beispielsweise Buna CB von Bayer AG, Leverkusen, Deutschland, hergestellt werden. Nach dem Härten führen die Glasfasern zu einer steifen Außenstruktur, während das Polybutadienrohr eine elastische, akustisch absorbierende innere Schicht bildet.

**[0022]** Weil das Kunststoffmaterial, welches den Ultraschall-Sende-Empfänger **68** umgibt, akustisch ab-

sorbierend ist, isoliert es den Ultraschall-Sende-Empfänger **68** von der rohrförmigen Anordnung **15**. Hierdurch wird der vom Ultraschall-Sende-Empfänger **68** in die Wandung des Rohrs **30** abgegebene Energiebetrag weiter reduziert. Dies hat auch zur Folge, daß die äußeren Störungen, welche der Sensor **2** bei anderen Sensoren erzeugt, reduziert werden und weniger Ultraschallenergie von der Rohrwandung an den umgebenden Treibstoff abgegeben wird.

### Patentansprüche

1. Füllstandssensor mit einem Ultraschall-Sende-Empfänger (**68**), welcher am unteren Ende eines vertikal verlaufenden, aus einem ersten, steifen Material bestehenden Rohre (**30**) zur Einstrahlung in das Innere des Rohre (**30**) angebracht ist, wobei der Füllstand in dem Rohr (**30**) identisch mit dem Füllstand außerhalb des Rohre (**30**) ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Rohr (**30**) mindestens entlang eines erheblichen Teils seiner Länge eine Oberflächenschicht (**32**) aus einem zweiten Material aufweist, welches akustisch absorbierend ist.

2. Füllstandssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste, steife Material Metall ist.

3. Füllstandssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Metall Aluminium ist:

4. Füllstandssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste, steife Material glasfaserverstärkter Kunststoff ist.

5. Füllstandssensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Oberflächenschicht (**32**) auf der Innenseite des Rohres (**30**) befindet.

6. Füllstandssensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Material ein Kunststoffmaterial ist.

7. Füllstandssensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Kunststoffmaterial Polysulfid ist.

8. Füllstandssensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Material als Beschichtung aufgebracht ist.

9. Füllstandssensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschall-Sende-Empfänger (**68**) innerhalb eines akustischen Isolators (**66**: Umwandlungsanordnung; **67**: Befestigungsplatte; **69**: akustisch absorbierender Kunststoff) befestigt ist, welcher den Energiefluß zu und von der Wandung des Rohres (**30**) er-

heblich reduziert.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Fig.2.

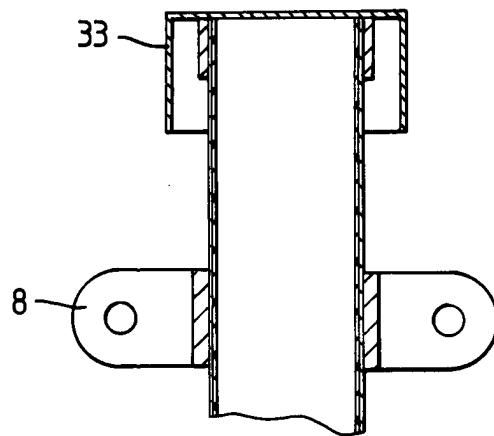


Fig.1.

