



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 289 594 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) G 01 H 5/00

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD G 01 H / 334 798 3	(22)	23.11.89	(44)	02.05.91
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71) siehe (73)
(72) Gätke, Johann, Dr. sc. techn., DE
(73) Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Universitätsplatz 1, O - 2500 Rostock, DE
(74) Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Direktorat für Forschung, BfSN, Schwaansche Straße 2, O - 2500 Rostock, DE

(54) Verfahren und Anordnung zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit

(55) Ultraschallmeßtechnik; Indikator; Empfangsamplitude; Schallgeschwindigkeit; Fluid; Festkörper; Grenzfläche
(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit. Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Ultraschallmeßtechnik. Ziel der Erfindung ist es, über eine Null- bzw. Minimumsanzeige eines Indikators, in diesem Fall der Empfangsamplitude, die Schallgeschwindigkeit eines Fluids oder eines Festkörpers mit technisch einfachen Mitteln zu bestimmen. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der akustische Übergang über eine Grenzfläche flüssig/fest genutzt wird und die Amplitude der durchgehenden Longitudinalwelle als Indikator dient.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit unter Ausnutzung des Überganges des Schalls, **dadurch gekennzeichnet**, daß über eine Grenzfläche zwischen Fluid und Festkörper die Amplitude der durchgehenden Longitudinalwelle in Abhängigkeit des Einstrahlwinkels aus dem Fluid kontrolliert wird und speziell der Nullwert bzw. Minimumwert der durchgehenden Schallamplitude als Indikator für den betreffenden Einstrahlwinkel dient.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei oder mehrere unterschiedliche Festkörper in gleicher Flüssigkeit gleichzeitig oder zeitweilig nacheinander genutzt werden.
3. Anordnung zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßanordnung, bestehend aus einem Schallsender (1), der unter definierten Winkeln zwischen 0° und 90° gegen das Lot (7) auf die plane Oberfläche eines Festkörperblockes (3), auf dessen gegenüberliegender Seite ein Empfangsschwinger (2) angebracht ist, strahlt, sich in der Flüssigkeit befindet, wobei der Schallsender (1) mit einem Signalgenerator und der Schallempfänger (2) mit einem Amplitudenanzeigeelement verbunden sind.
4. Anordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Empfangsschwinger (2) über eine dünne schwellenfreie Zwischenschicht akustisch an den Festkörper (3) angekoppelt wird.
5. Anordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wandung des Gefäßes, in der sich Flüssigkeit befindet, als Festkörper fungiert, auf der außen der Empfangsschwinger sich befindet.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Ultraschallmeßtechnik. Sie ist dort von Interesse, wo akustische Parameter, wie z. B. die Schallgeschwindigkeit, für weitere Meßinformationen oder Anwendungen von Bedeutung sind.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Bekannte Verfahren zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit, auch in Flüssigkeit, gehen entweder auf eine Weg- und Zeitmessung zurück oder nutzen die Dichteunterschiede der Schallwelle als optisches Beugungsgitter oder ermitteln mit Hilfe eines akustischen Interferometers nach Pierce dieselbe (F. Kohlrausch, Praktische Physik, Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1955, Bd. 1, S. 136 ff.).

Neben der Kenntnis anderer Parameter, wie z. B. Frequenz, Laufzeit usw. ist allen die Vermessung von Längen gemeinsam (z. B. S. Heide, A. Mitzkus: Durchflußmessung nach dem akustischen Laufzeitverfahren unter besonderer Berücksichtigung der clamp-on-Meßtechnik, Dissertation an der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, 1988

O. Fiedler: Akustische Strömungsmeßtechnik
Angewandte Akustik 2, VEB Verlag Technik, Berlin, 1988, S. 72–114

U. Striggow: Messung der Schallgeschwindigkeit
Beiträge zur Meereskunde, Heft 43, Berlin 1980, S. 51–62).

Bekannte Anordnungen zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit sind so aufgebaut, daß erst einmal die Länge gemessen wird und dann eine weitere Verarbeitung der Meßwerte erfolgt.

Nachteilig ist hierbei, daß immer die Längenmessung erfolgen muß, um Auswertungen vornehmen zu können.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist, unabhängig von der Längenmessung und über eine Nullindikatormessung die Schallgeschwindigkeit mit technisch einfachen Mitteln zu bestimmen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit technisch einfachen Mitteln, ohne Längenvermessungen vornehmen oder Meßstrecken unter verschiedenen (vor allem thermischen) Bedingungen konstanter Länge garantieren zu müssen, die Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten bzw. Festkörpern bestimmen zu können.

Erfindungsgemäß werden die Verhältnisse des Überganges einer akustischen Welle oder Impulses an der Grenzfläche zwischen Flüssigkeit und Festkörper genutzt, indem in Abhängigkeit vom Einstrahlwinkel der Welle das durchgehende Signal der Longitudinalwelle kontrolliert wird. Hat dieses Signal den Wert Null (oder nimmt es in der praktischen Ausführung ein absolutes Amplitudenminimum an), so besteht bei Kenntnis eines akustischen Parameters des Festkörpers, und zwar der Schallgeschwindigkeit der Transversalwelle oder der Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwelle in Verbindung mit der

Poisson-Zahl, eine eindeutige Beziehung zwischen dem Einstrahlwinkel und der Schallgeschwindigkeit in der Flüssigkeit. Bedingung ist, daß die Schallgeschwindigkeit des Fluids kleiner als die Schallgeschwindigkeit der Transversalwelle im Festkörper ist. An die Auswahl des Festkörpers sind zunächst keine anderen Bedingungen geknüpft als daß die akustische Dämpfung den Signaldurchgang nicht unterbindet.

Die technische Anordnung besteht daher prinzipiell aus einem Sendeschwinger, der unter im Bereich von 0° bis 90° veränderlichem meßbarem Winkel Schall auf die Oberfläche eines Festkörperblockes strahlt, auf dessen gegenüberliegender Fläche ein Empfangsschwinger angebracht ist. Die gesamte Anordnung befindet sich in der Flüssigkeit.

Der theoretische Hintergrund ist durch folgenden Sachverhalt gegeben:

Nach A. Schoch: Schallreflexion, Schallbrechung und Schallbeugung, in „Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften“, Bd. XXIII, S. 127-234 (1950) stellt sich der Durchgangskoeffizient der Longitudinalwelle an der Grenzfläche flüssig/fest dar als

$$d_{11} = \frac{Z_{fl}}{Z_1} \frac{2 \cos 2\beta_1}{(C_l/C_f)^2 \sin 2\beta_1 \sin 2\beta_t + \cos^2 2\beta_1 + \frac{Z_{fl} \cos \beta_1}{Z_1 \cos \alpha}} \quad (1)$$

mit Z_{fl} : Schallkennimpedanz der Flüssigkeit

Z_1 : Schallkennimpedanz der Longitudinalwelle im Festkörper

C_l : Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwelle im Festkörper

C_t : Schallgeschwindigkeit der Transversalwelle im Festkörper

α : Strahleinfallswinkel

β_1 : Brechungswinkel der Longitudinalwelle im Festkörper

β_t : Brechungswinkel der Transversalwelle im Festkörper

d_{11} ist das Amplitudenverhältnis der in den Festkörper eindringenden und diesen amplitudenbeeinflusst durchwandernden Longitudinalwelle zur auf die Grenzfläche flüssig/fest auffallenden Longitudinalwelle. Dieses ist vom Einfallswinkel α abhängig, ebenso von den Brechungswinkeln β_1 und β_t , die nach dem Snelliusschen Brechungsgesetz mit α im Zusammenhang stehen. d_{11} und damit die Amplitude der durchdringenden Longitudinalwelle sind Null, wenn $\cos 2\beta_1 = 0$ ist. Daraus ergibt sich in Verbindung mit dem Snelliusschen Brechungsgesetz der Einfallswinkel α_d , bei dem die Longitudinalwelle im Durchgang nicht auftritt, zu

$$\alpha_d = \arcsin \left(\frac{C_{fl}}{\sqrt{2} C_t} \right), \quad (2)$$

der bei Kenntnis der Schallgeschwindigkeit der Transversalwelle mit der Schallgeschwindigkeit der Flüssigkeit in einem eindeutigen Zusammenhang steht. Somit ist

$$C_{fl} = \sqrt{2} C_t \sin \alpha_d. \quad (3)$$

Eine Näherungsdarstellung ist gegeben durch

$$C_{fl} \approx C_t \frac{\alpha_d^2}{45^\circ}. \quad (4)$$

Andererseits ist mit gleichem Verfahren bei Kenntnis der Schallgeschwindigkeit des Fluids die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit der Transversalwelle im Festkörper möglich.

$$C_t = \frac{C_{fl}}{\sqrt{2} \sin \alpha_d} \quad (5)$$

und in Verbindung mit der Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwelle im Festkörper dessen Poisson-Zahl. Bei Verwendung mehrerer Festkörper nacheinander oder gleichzeitig können, vorausgesetzt, eine Schallgeschwindigkeit ist bekannt, ihre Schallgeschwindigkeiten über die Messung des Einfallswinkels verglichen werden bzw. bei Kenntnis der Schallgeschwindigkeiten mehrerer Komponenten die Bestimmung für ein Medium präzisiert werden.

Der Übergang vom Festkörper zum Empfangsschwinger ist ein Übergang zwischen Festkörper, der im Falle einer akustischen Kopplung über eine dünne Flüssigkeitsschicht durch die Theorie von Kühn und Lutsch, J. A. S. A. 33 (1961) S. 949-954, beschrieben wird.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

Eine Anordnung nach Fig. 1 wird in die Flüssigkeit, deren Schallgeschwindigkeit bestimmt werden soll, eingetaucht. Der im cw- oder Pulsverfahren angeregte Sendeschwinger, der durch ein entsprechendes Verhältnis von Strahlerfläche und Eigenfrequenz einen möglichst gebündelten Schallstrahl auf die Grenzfläche flüssig/fest strahlt, wird im Einstrahlwinkel zur Grenzfläche beim Winkel 0° beginnend solange verändert, bis am Empfangsschwinger, unterhalb des Festkörpers angebracht, der Empfang Null oder ein absolutes Minimum ist. Winkelstellung des Strahlers und Schallgeschwindigkeitswert der Transversalwelle im Festkörper gestatten die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit des Fluids.

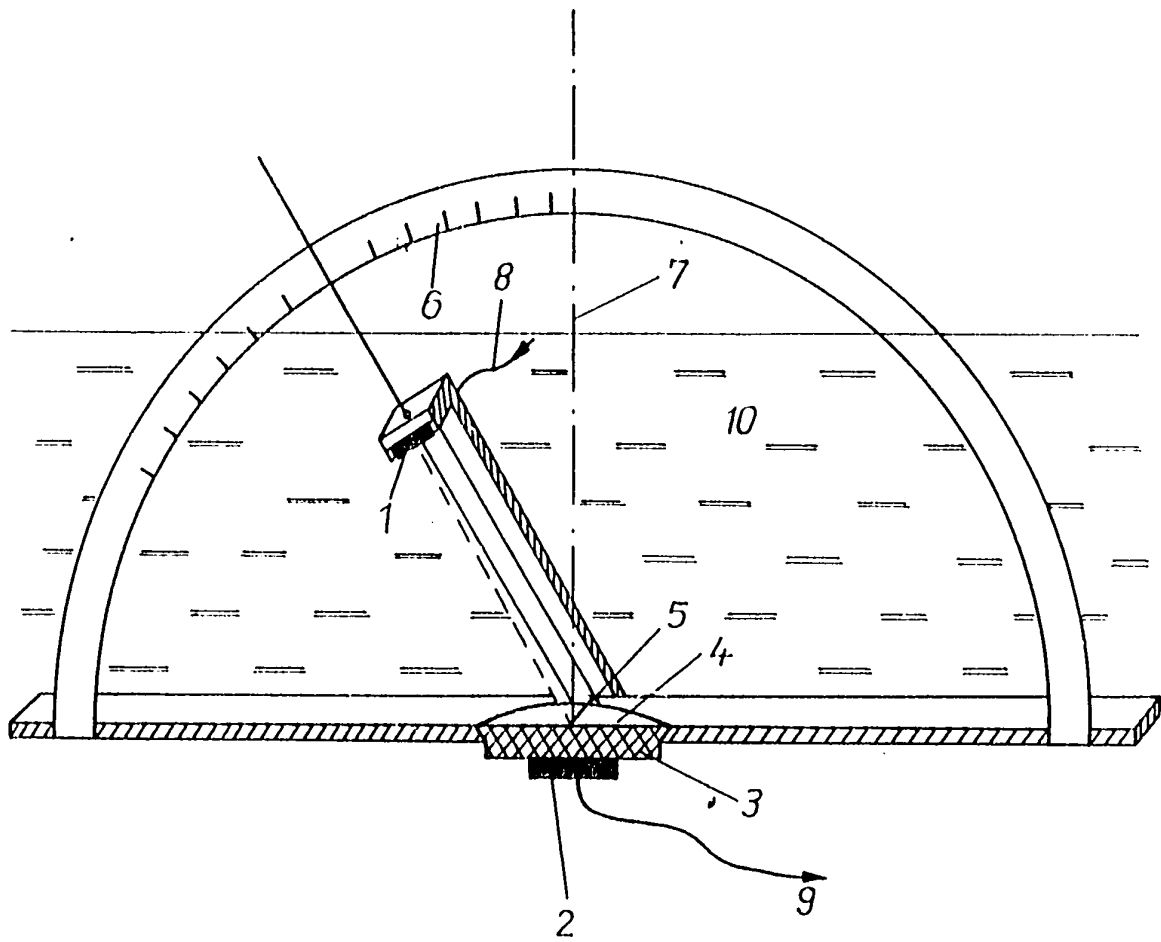


Fig. 1