



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 542 016 B1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **13.09.95**

Int. Cl.<sup>8</sup>: **B06B 3/00, G10K 15/02**

Anmeldenummer: **92118228.3**

Anmeldetag: **24.10.92**

**Ultraschall-Reinigungsbad.**

Priorität: **09.11.91 DE 4136897**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**19.05.93 Patentblatt 93/20**

Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung:  
**13.09.95 Patentblatt 95/37**

Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI NL PT  
SE**

Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 044 800  
WO-A-88/06927  
WO-A-92/12807  
US-A- 5 137 580**

Patentinhaber: **Martin Walter Ultraschalltech-  
nik GmbH  
Postfach 6  
D-75332 Straubenhardt (DE)**

Erfinder: **Walter, Martin  
Erlenweg 14  
D-76307 Karlsbad (DE)  
Erfinder: Weber, Dieter  
Lärchenweg 2  
D-76307 Karlsbad (DE)**

Vertreter: **Trappenberg, Hans  
Trappenberg u. Dimmerling,  
Postfach 21 13 75  
D-76163 Karlsruhe (DE)**

**EP 0 542 016 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen und Abstrahlen von Ultraschallenergie in Flüssigkeiten, insbesondere zum Beschallen von Ultraschall-Reinigungsbädern mittels eines Schallwandlers, also eines Schwingelementes mit einem angefügten, in die Flüssigkeit eintauchenden stab- oder rohrförmigen Resonator, der für die gewählte Ultraschallfrequenz,  $f_{(25)}$  die Länge  $\lambda/2_{(25)}$  oder eines ganzzahligen Vielfachen hiervon aufweist.

Beim Einsatz derartiger Schallwandler in Ultraschall-Reinigungsbädern beziehungsweise -Anlagen wird der Schallwandler an der Wand eines Flüssigkeitsbehälters befestigt so, daß sich der schallabstrahlende Teil, also der stab- oder rohrförmige Resonator, in der Flüssigkeit befindet. Die dem Resonator durch das Schwingelement übermittelte longitudinale Schwingung wird teilweise in transversale Schwingungen umgesetzt, so daß die Ultraschallenergie sowohl in Längsrichtung des Resonators wie auch radial hierzu abgestrahlt wird. Erwünscht ist allerdings im allgemeinen nur die radiale Abstrahlung; die in Längsrichtung, also von der Stirnfläche des stabförmigen (rohrförmigen) schallabstrahlenden Resonators ausgehende Abstrahlung kann normalerweise nicht verwertet werden. Um weitgehend die longitudinal eingespeiste Schwingung in eine radial vom Resonator ausgehende Schwingung umzuwandeln, wurde bereits schon vorgeschlagen (EP-B-44 800), den Resonator am Ort eines longitudinalen Schwingungsmaximums an eine Stirnfläche des Schwingelementes anzufügen und die Gesamtlänge des Resonators auf ein ganzzahliges Vielfaches einer halben Wellenlänge ( $\lambda/2$ ) der vom Schwingelement in den Resonator eingespeisten Longitudinalschwingung abzustimmen. Durch das Ankoppeln des Resonators am Ort des Schwingungsmaximums des Schwingelementes wird dessen Gesamtleistung in den Resonator übertragen, der dadurch, daß seine Länge auf die Frequenz des Schwingelementes abgestimmt ist, maximale Abstrahlungsergebnisse aufweisen kann.

Trotz der so erzielten maximalen Abstrahlung der Ultraschallenergie in die Flüssigkeit genügt des öfteren die Beschallung, insbesondere bei Ultraschall-Reinigungsbädern, nicht, da die Ultraschallenergie über die Länge des Resonators gesehen in Form einer Sinusschwingung, also mit ausgeprägten Maxima und Minima abgestrahlt wird. Die Sinusschwingung stimmt mit der Wellenlänge  $\lambda$  überein, so daß sich beispielsweise bei einem Resonator der Länge  $3/2 \lambda$  vier Knotenpunkte mit 0-Energie ergeben bei drei Maxima. Teile, die sich in Ultraschall-Reinigungsbädern bei den Knotenpunkten, also bei der 0-Abstrahlung befinden, werden dadurch nicht beschallt und mithin

auch nicht gereinigt.

Ziel der Erfindung ist es, eine Möglichkeit anzugeben, wie diese unterschiedliche Energieverteilung über die Länge des Resonators ausgeglichen beziehungsweise wie eine weitgehend gleichmäßige Beschallung der Flüssigkeit und damit der in der Flüssigkeit befindlichen Teile herbeigeführt werden kann. Erreicht wird dies in erfindungsgemäßer Weise dadurch, daß der Schallwandler dauernd oder in Intervallen allein oder in Intervallen gleichzeitig zur Hauptfrequenz  $f_{(25)}$  mit mindestens einer weiteren Frequenz  $f_{(n)}$ , entsprechend einer ganzzahligen Vielfachen ( $\neq 0$ ) von  $\lambda/2_{(25)}$  betrieben wird.

Nach wie vor wird also der Schallwandler mit der optimalen Reinigungsfrequenz  $f_{(25)}$  betrieben, zusätzlich wird das Bad jedoch noch mit einer Frequenz  $f_{(n)}$  beschallt, die außerhalb dieser Hauptfrequenz  $f_{(25)}$  liegt und einem ganzzahligen Vielfachen von  $\lambda/2_{(25)}$  wie auch  $\lambda/2_{(n)}$  entspricht. Wird also beispielsweise ein Schallwandler mit einem Resonator entsprechend der Länge  $5/2 \lambda_{(25)}$  und einer bestimmten Ultraschallfrequenz  $f_{(25)}$  betrieben, so könnte eine zusätzliche Frequenz  $f_{(n)}$  für die vorgegebene Resonatorgeometrie  $4/2 \lambda_{(n)}$ ,  $6/2 \lambda_{(n)}$ ,  $3/2 \lambda_{(n)}$  oder auch  $7/2 \lambda_{(n)}$  entsprechen. Nach wie vor werden also die Resonanzbedingungen eingehalten, es entspricht also stets die vorgegebene Länge des Resonators einem ganzzahligen Vielfachen von  $\lambda/2$ , bei jedoch erhöhter oder erniedrigter Frequenz  $f_{(n)}$ . Damit liegen jedoch, über die Länge des Resonators gesehen, die Maxima und Minima an anderen Stellen, so daß bisherige Totschallzonen nunmehr auch beschallt werden. Die möglicherweise geringere Beschallung an den vorherigen Maxima bei der Frequenz  $f_{(25)}$  wirkt sich in der Praxis kaum aus, da dort ja maximale Abstrahlungsergebnisse, wie eingangs angeführt, zu verzeichnen sind.

Selbstverständlich können statt einer zusätzlichen Frequenz auch mehrere zusätzliche Frequenzen, die jeweils allerdings einem ganzzahligen Vielfachen von  $\lambda/2_{(n)}$  entsprechen müssen, eingespeist werden.

Im einfachsten Falle wechselt die Hauptfrequenz  $f_{(25)}$  mit der Zusatzfrequenz  $f_{(n)}$  intervallartig ab oder die Zusatzfrequenz  $f_{(n)}$  wird intervallartig zu der Hauptfrequenz  $f_{(25)}$  eingespeist. Selbstverständlich können auch die Hauptfrequenz  $f_{(25)}$  und die Zusatzfrequenz (Zusatzfrequenzen)  $f_{(n)}$  dauernd zusammen dem Resonator zugeführt werden.

Auf jeden Fall wird bei Anwendung des Verfahrens nach der Erfindung erreicht, daß die bisherigen Totschallzonen vermieden werden und sich damit bessere und gleichmäßigere Reinigungsergebnisse über die gesamte Fläche der zu reinigenden Teile erzielen lassen.

Auf der Zeichnung ist schematisch ein derartiger Schallwandler mit den zugehörigen Frequenzen und Schalleistungen dargestellt, und zwar zeigen:

- Fig. 1 einen Schallwandler,
- Fig. 2 unterschiedliche Ultraschallabstrahlungen über die Länge des Resonators,
- Fig. 3 zwei unterschiedliche Longitudinalschwingungen über die Länge des Resonators und
- Fig. 4 die sich aus Fig. 3 ergebende Hüllkurve.

Ein Ultraschallgenerator (1) ist mit einem Resonator (2) zusammengefügt. Der Resonator weist eine Länge 1 entsprechend der Ultraschallfrequenz von  $3/2 \lambda_{(25)}$  auf. Aus der vom Ultraschallgenerator (1) erzeugten Longitudinalwelle, die in Fig. 2 dargestellt ist, ergeben sich die  $\lambda$ -Schwingungsknotenpunkte  $1/2 \lambda_{(25)}$ ,  $2/2 \lambda_{(25)}$  und  $3/2 \lambda_{(25)}$ , die über die Länge des Resonators (2) markiert sind. Entsprechend verlaufen auch die Leistungskurven nach Fig. 3, jeweils mit sinusförmigen Schwingungsbäuchen bei  $1/4 \lambda_{(25)}$ ,  $3/4 \lambda_{(25)}$  und  $5/4 \lambda_{(25)}$ . Mit geringer Strichstärke eingezeichnet ist in die Kurven der Fig. 2 und Fig. 3 eine erhöhte Frequenz  $f_{(n)}$  entsprechend  $5/2 \lambda_{(n)}$ . Auch hier sind die Schwingungsknotenpunkte  $1/2 \lambda_{(n)}$ ,  $2/2 \lambda_{(n)}$ ,  $3/2 \lambda_{(n)}$  und  $4/2 \lambda_{(n)}$  in Fig. 1 markiert.  $5/2 \lambda_{(n)}$  fällt selbstverständlich zusammen mit  $3/2 \lambda_{(25)}$ . Entsprechend dieser erhöhten Frequenz ergibt sich auch eine schnellere Longitudinalschwingung, die mit geringer Strichstärke in Fig. 3 dargestellt ist, sowie auch eine entsprechende Folge der Schwingungsbäuche, die sich ebenfalls mit geringer Strichstärke in Fig. 2 finden. Aus den beiden Kurven ist deutlich ersichtlich, daß sich bei der jeweiligen Frequenz stets Knotenpunkte, also Totschallgebiete ausbilden, die nun aber zumindest teilweise von der jeweils anderen Frequenz abgedeckt werden. Besonders deutlich sichtbar ist dies aus der Hüllkurve nach Fig. 4, aus der ersichtlich ist, daß sich über die gesamte Länge 1 des Resonators (2) keine Totschallbereiche mehr befinden, vielmehr eine nahezu gleichmäßige Beschallung der Flüssigkeit und damit der in der Flüssigkeit befindlichen Teile über die gesamte Länge 1 des Resonators (2) erfolgt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen und Abstrahlen von Ultraschallenergie in Flüssigkeiten, insbesondere zum Beschallen von Ultraschall-Reinigungsbädern mittels eines Schallwandlers, also eines Schwingelementes mit einem angefügten, in die Flüssigkeit eintauchenden stab- oder rohrförmigen Resonator, der für die ge-

wählte Ultraschallfrequenz  $f_{(25)}$  die Länge  $\lambda_{(25)}/2$  oder eines ganzzahligen Vielfachen hiervon aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Schallwandler (1,2) dauernd oder in Intervallen allein oder in Intervallen gleichzeitig zur Hauptfrequenz  $f_{(25)}$  mit mindestens einer weiteren Frequenz  $f_{(n)}$ , entsprechend einer ganzzahligen Vielfachen ( $\neq 0$ ) von  $\lambda_{(25)}/2$ , betrieben wird.

#### Claims

1. Method of producing and radiating ultrasonic energy in liquids, in particular for sound irradiation of ultrasonic cleaning baths by means of a sound transducer, that is to say an oscillation element with an attached bar-like or tubular resonator which dips into the liquid and which for the selected ultrasound frequency  $f_{(25)}$  is of the length  $\lambda_{(25)}/2$  or an integral multiple thereof, characterised in that the sound transducer (1, 2) is operated continuously or at intervals solely or at intervals simultaneously with respect to the main frequency  $f_{(25)}$  at at least one further frequency  $f_{(n)}$ , corresponding to an integral multiple ( $\neq 0$ ) of  $\lambda_{(25)}/2$ .

#### Revendications

1. Procédé pour engendrer et diffuser de l'énergie ultrasonique dans des liquides, notamment pour agir acoustiquement sur des bains de nettoyage à ultrasons au moyen d'un convertisseur d'ultrasons, c'est-à-dire d'un élément vibratoire auquel est assemblé un résonateur en forme de barreau ou de tube, qui plonge dans le liquide et présente, pour la fréquence ultrasonique choisie  $f_{25}$ , la longueur de  $\lambda_{25}/2$  ou d'un multiple entier de cette valeur, caractérisé par le fait que le convertisseur d'ultrasons (1, 2) est actionné de manière continue ou par intervalles uniquement, ou bien par intervalles simultanément à la fréquence principale  $f_{25}$ , avec au moins une autre fréquence  $f_n$  correspondant à un multiple entier ( $\neq 0$ ) de  $\lambda_{25}/2$ .

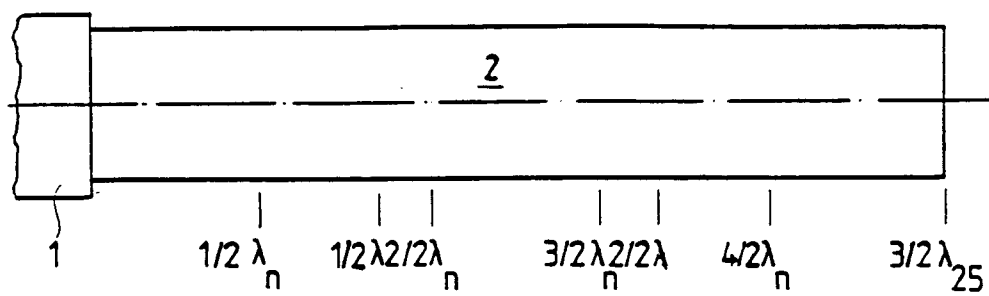


FIG. 1

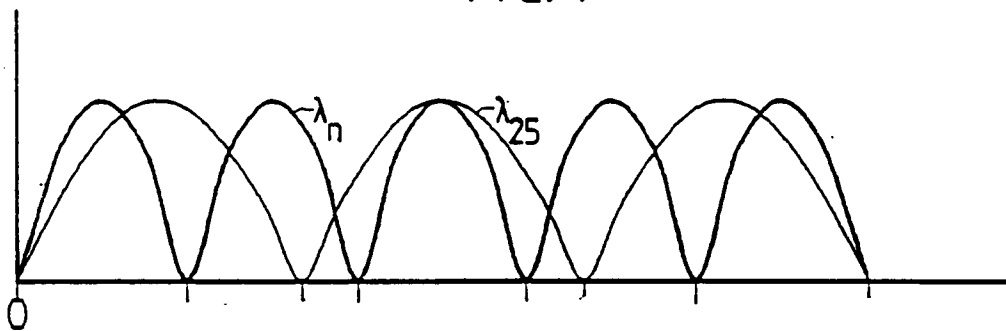


FIG. 2

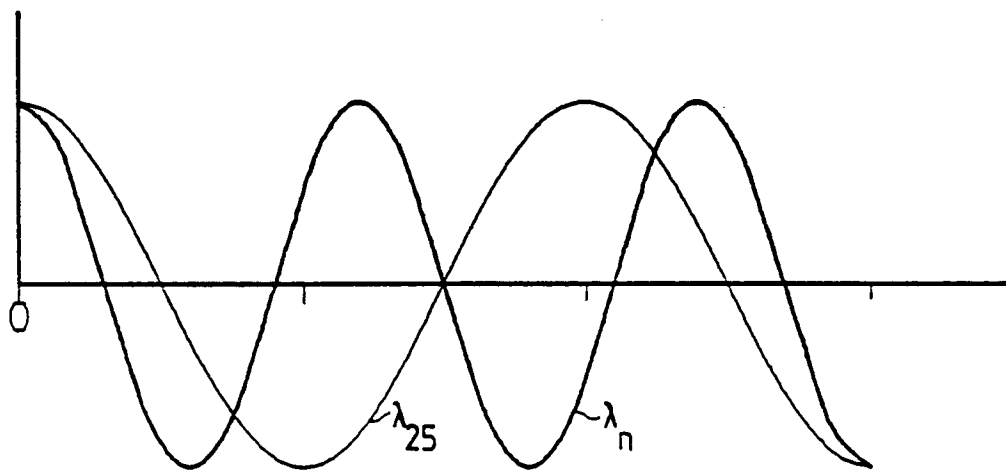


FIG. 3

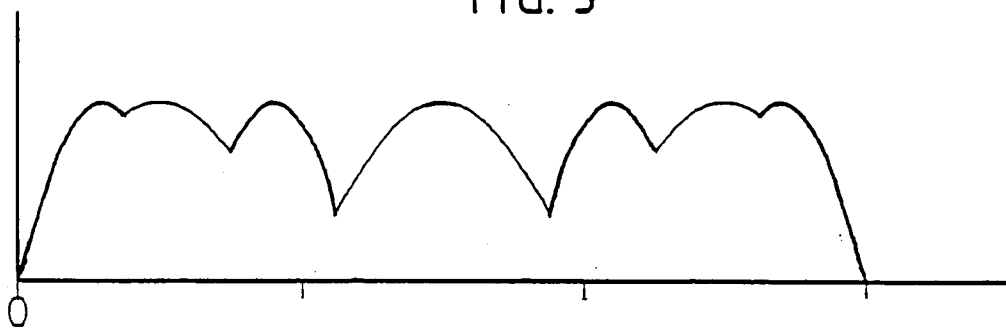


FIG. 4