

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 642 292 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **94106301.8**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **H04S 5/02**

(22) Anmeldetag: **22.04.94**

(30) Priorität: **13.08.93 DE 4327200**

(71) Anmelder: **Blaupunkt-Werke GmbH**  
**Postfach 77 77 77**  
**D-31132 Hildesheim (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**08.03.95 Patentblatt 95/10**

(72) Erfinder: **Höllermann, Jörg**  
**Kampstrasse 24**  
**D-31141 Hildesheim (DE)**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE ES FR GB IT PT**

### (54) Einrichtung zur stereophonen Wiedergabe.

(57) Bei einer Einrichtung zur stereophonen Wiedergabe in einem geschlossenen Raum, vorzugsweise in einem Kraftfahrzeug, mit mehreren Lautsprechern und mindestens einem Hörort, der von den Lautsprechern unterschiedlich weit entfernt sein kann, durchlaufen zur Wiedergabe mit Hilfe der einzelnen Lautsprecher vorgesehene Audiosignale Verzöge-

rungseinrichtungen, deren Verzögerungszeit einstellbar ist. Mittel zur Messung der Schall-Laufzeiten von den einzelnen Lautsprechern zum Hörort sind vorgesehen, wobei die Verzögerungszeiten derart selbsttätig einstellbar sind, daß die Summe der Schall-Laufzeit und der jeweils eingestellten Verzögerungszeit für alle Lautsprecher gleich ist.

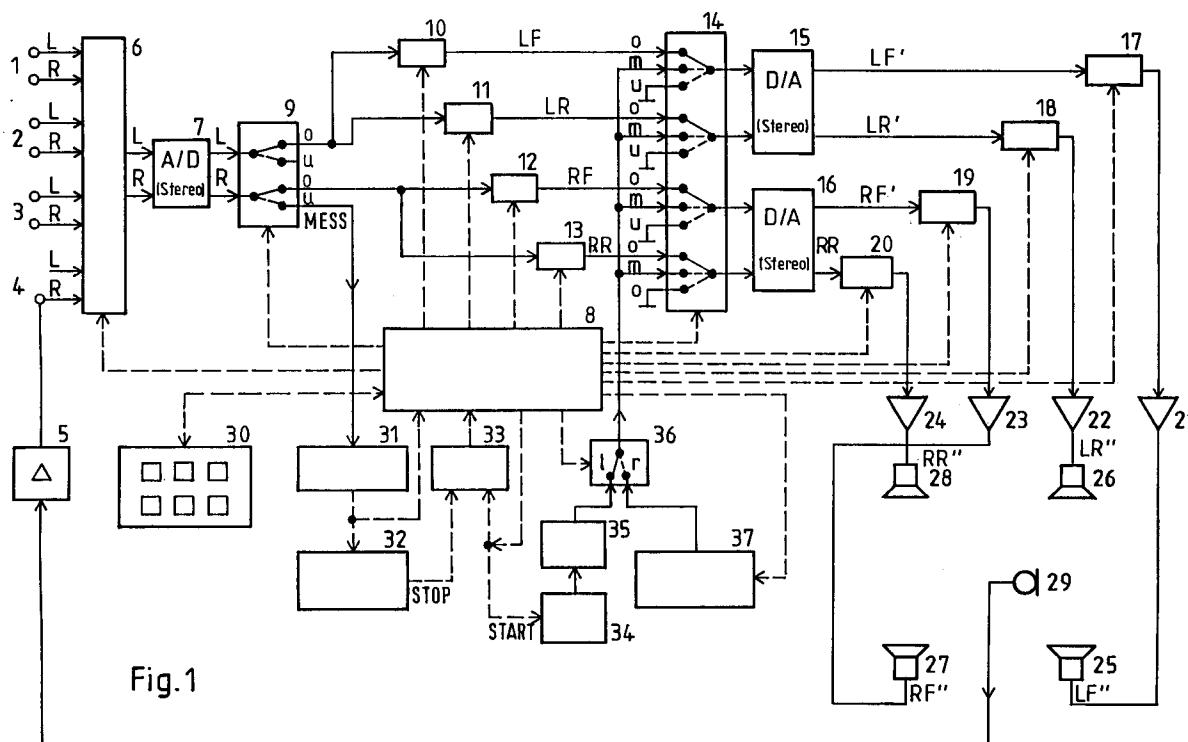


Fig.1

EP 0 642 292 A2

Die Erfindung geht aus von einer Einrichtung nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Das menschliche Gehör erhält seine Richtungsinformation aus der Auswertung von Pegel- und Laufzeitdifferenzen zwischen den vom rechten und den vom linken Ohr empfangenen akustischen Signalen. Bei einem idealen Hörort in der Mitte eines sogenannten Stereo-Dreiecks aus linkem Lautsprecher, dem rechten Lautsprecher und Zuhörern entspricht dann die Richtungsinformation der Stereo-Aufnahme.

Befindet sich dagegen der Hörer an einem Ort, der asymmetrisch zu einem Zwei- oder Mehr-Lautsprechersystem liegt, so ist der Klangeindruck räumlich stark zu dem jeweils nächsten Lautsprecher verschoben.

Während Pegeldifferenzen durch herkömmliche Balance-Regler und Fader manuell ausgeglichen werden können, werden üblicherweise die Laufzeitdifferenzen der Schallsignale der einzelnen Lautsprechersysteme nicht ausgeglichen. Diese sind jedoch zum Richtungshören gemäß dem psycho-akustischen Gesetz der ersten Wellenfront von wesentlicher Bedeutung.

Es sind zwar schon Autoradios mit Laufzeitausgleich bekannt, diese erfordern jedoch ein manuelles Vermessen und anschließendes Eingeben der Abstände zwischen dem Hörort und den Lautsprechern.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, bei einer Einrichtung nach der Gattung des Hauptanspruchs das Einstellen der Verzögerungszeiten zu erleichtern.

Bei der erfindungsgemäßen Einrichtung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß zur Wiedergabe mit Hilfe der einzelnen Lautsprecher vorgesehene Audiosignale Verzögerungseinrichtungen durchlaufen, deren Verzögerungszeit einstellbar ist, daß Mittel zur Messung der Schall-Laufzeiten von den einzelnen Lautsprechern zum Hörort vorgesehen sind und daß die Verzögerungszeiten derart selbsttätig einstellbar sind, daß die Summe der Schall-Laufzeit und der jeweils eingestellten Verzögerungszeit für alle Lautsprecher gleich ist.

Außer einer Bedienungserleichterung hat die erfindungsgemäße Einrichtung ferner den Vorteil, daß die tatsächliche Schall-Laufzeit berücksichtigt wird, während die manuelle Messung für einen angenommenen Weg des Schalls zwischen dem betreffenden Lautsprecher und dem Hörort durchgeführt wird. Bei letzterem wird beispielsweise eine Reflexion oder Umlenkung der Schallwellen nicht berücksichtigt.

Pegeldifferenzen am Hörort werden gemäß einer Weiterbildung der erfindungsgemäßen Einrichtung dadurch berücksichtigt, daß ferner Mittel zur Messung der durch die Wiedergabe eines Meßsignals, vorzugsweise eines Rauschsignals, durch

die einzelnen Lautsprecher am Hörort bewirkten Schall-Pegel vorgesehen sind und daß die Lautstärke der einzelnen Lautsprecher im Sinne eines Ausgleichs von Pegeldifferenzen selbsttätig voreinstellbar ist.

Eine andere Weiterbildung der erfindungsgemäßen Einrichtung besteht darin, daß die eingestellten Verzögerungszeiten und gegebenenfalls der gespeicherten Voreinstellungen der Lautstärke für mehrere Hörorte nicht-flüchtig speicherbar sind. Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, daß eine Information darüber, welche der gespeicherten Verzögerungszeiten und gegebenenfalls der gespeicherten Voreinstellungen der Lautstärke jeweils beim Einschalten der Einrichtung den Verzögerungseinrichtungen zugeführt werden, ebenfalls nicht-flüchtig speicherbar ist.

Durch diese Weiterbildung kann beispielsweise ein Autoradio mit der erfindungsgemäßen Einrichtung nach dem Messen der Schall-Laufzeiten für die einzelnen Sitzpositionen derart programmiert werden, daß die Wiedergabe durch Tastendruck auf die einzelnen Sitzpositionen optimiert werden kann und daß beim Einschalten des Gerätes die einer vorgegebenen Sitzposition zugeordneten Verzögerungszeiten eingestellt werden. Diese wird im allgemeinen die Sitzposition des Fahrers sein.

Moderne Empfangsgeräte, insbesondere Autoradios, umfassen häufig eine digitale Signalverarbeitung. Hierbei ist es vorteilhaft, wenn gemäß einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen ist, daß die Verzögerungseinrichtungen von digitalen Speichern gebildet werden, aus denen die jeweils zu verzögernden Audiosignale gegenüber dem Einschreiben zeitverzögert ausgelesen werden.

Eine vorteilhafte Gestaltung dieser Ausführungsform besteht darin, daß die digitalen Speicher Teile einer digitalen Audiosignalverarbeitungseinrichtung sind, daß nach der Messung der Schall-Laufzeiten ( $T_x$ ) für alle Lautsprecher ( $1...x$ ) daraus die maximale Schall-Laufzeit ( $T_{max}$ ) ausgewählt wird und daß die einzelnen Verzögerungszeiten gemäß  $T_{a_x} = (T_{max} - T_x) \cdot k$  berechnet wird, wobei  $T_a$  die einzustellende Verzögerungszeit in Abtastzyklen der digitalen Audiosignalverarbeitungseinrichtung,  $x$  den jeweiligen Lautsprecher und  $k$  das Verhältnis zwischen der Prozessor-Zyklusdauer, in welcher die Schall-Laufzeiten  $T_x$  bzw.  $T_{max}$  gemessen wurden, und der Abtastzyklusdauer bezeichnet.

Eine Anpassung der erfindungsgemäßen Einrichtung an die jeweilige Anordnung der Lautsprecher und des Hörortes ist in vorteilhafter Weise dadurch möglich, daß zur Messung der Schall-Laufzeit nacheinander jeweils einem Lautsprecher ein Impulssignal zugeführt wird, wobei gleichzeitig ein Zeitmesser gestartet wird, der die Zeit mißt, bis an einem Meß-Mikrofon der Schall-Pegel einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet. Um eine

Überlastung von Hochton-Lautsprechern zu vermeiden, kann dabei vorgesehen sein, daß das Impulssignal über ein Tiefpaßfilter, vorzugsweise dritter Ordnung mit einer Grenzfrequenz von 11 kHz, dem Lautsprecher zugeführt wird. Das Impulssignal selbst wird beispielsweise durch ein Rechteckimpuls von etwa 3 ms Dauer realisiert.

Neben der selbsttätigen Anpassung an die Schall-Laufzeiten können bei der erfindungsgemäßen Einrichtung auch andere Anpassungen vorgenommen und gespeichert werden. So ist beispielsweise eine Weiterbildung dadurch gekennzeichnet, daß die Audiosignale ferner Frequenzgang-Entzerrerschaltungen durchlaufen, daß Mittel zur Messung des Frequenzgangs zwischen den Lautsprechern und einem Meß-Mikrofon vorgesehen sind und daß die Frequenzgang-Entzerrer nach den Ergebnissen der Messung einstellbar sind, wobei die jeweils eingestellten Frequenzgänge der einzelnen Lautsprecher für verschiedene Hörorte speicherbar sind.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

- Fig. 1 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Einrichtung,
- Fig. 2 ein Ablauf-Diagramm zur Erläuterung der Messung der Schall-Laufzeiten und der Schallpegel sowie der anschließenden Einstellung der Verzögerungszeiten und Lautstärke und
- Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Autos mit vier Lautsprechern und einem Fahrer und mit den durch die Verzögerungszeiten für diese Hörposition entstehenden scheinbaren Lagen der Lautsprecher.

Gleiche Teile sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen. In Fig. 3 sind Signalleitungen als durchgezogene Linien und Steuerleitungen als gestrichelte Linien dargestellt.

Das Blockschaltbild gemäß Fig. 1 stellt den NF-Teil beispielsweise eines Autoradios dar mit Eingängen 1, 2, 3 für einen Empfangsteil, einen Kassettenspieler und einen CD-Spieler. Einem weiteren Eingang 4, der lediglich für eines der Stereo-Signale, beispielsweise das rechte Signal R, ausgeführt ist, werden Signale eines Mikrofon-Verstärkers 5 zugeführt. Während einer Betriebsart "Messen" befindet sich der Eingangsumschalter 6 in der Stellung 4, so daß die Signale des Mikrofon-Verstärkers 5 weitergeleitet werden. In einer Betriebsart "Wiedergabe" werden Signale von einem der Eingänge 1, 2 oder 3 über den Eingangsumschalter 6 einem Stereo-Analog/Digital-Wandler 7 zugeführt. Der Eingangsumschalter 6 und weitere später beschriebene Umschalter sind von einer Steuerein-

richtung 8 steuerbar.

Die Ausgänge des Analog/Digital-Wandlers 7 sind mit Eingängen eines Zweifach-Umschalters 9 verbunden, der ebenfalls von der Steuereinrichtung 8 steuerbar ist. In der oberen Stellung des Zweifach-Umschalters 9 gelangen die digitalisierten Audiosignale L und R zu jeweils zwei steuerbaren Verzögerungseinrichtungen 10, 11; 12, 13. Diese können als Schreib-Lese-Speicher (RAM) auf einem digitalen Signalprozessor realisiert oder extern an diesen angeschlossen werden. Der Speicherzugriff erfolgt über die interne Adressen- und Datenverwaltung des digitalen Signalprozessors. Die Ablauf-, Umschalt- und Pegelsteuerung kann durch den digitalen Signalprozessor selbst oder einen externen Microcontroller erfolgen.

Die Ausgangssignale der steuerbaren Verzögerungseinrichtungen sind jeweils für den linken Front-Lautsprecher, für den linken Rück-Lautsprecher, für den rechten Front-Lautsprecher und für den rechten Rück-Lautsprecher vorgesehen und daher mit LF, LR, RF und RR bezeichnet. Diese Signale werden Eingängen eines Vierfach-Umschalters 14 zugeführt und in der oberen Stellung des Vierfach-Umschalters zu zwei Stereo-Digital/Analog-Wandlern 15, 16 weitergeleitet.

Die Ausgangssignale LF', LR', RF' und RR' der Digital/Analog-Wandler 15, 16 gelangen über steuerbare Lautstärkesteller 17, 18, 19, 20 und Leistungsverstärker 21, 22, 23, 24 als Signale LF'', LR'', RF'' und RR'' zu den Lautsprechern 25, 26, 27, 28. Ein Meß-Mikrofon 29 kann an die verschiedenen Hörorte, in einem Kraftfahrzeug die verschiedenen Sitzpositionen, gebracht werden und ist mit dem Eingang des Mikrofon-Verstärkers 5 verbunden.

An die Steuereinrichtung 8 ist eine Bedien- und gegebenenfalls Anzeigeeinheit 30 angeschlossen, mit der außer den üblichen Bedienfunktionen durch eine entsprechende Tasteneingabe die Messung der Laufzeiten und der Schall-Pegel eingeleitet werden kann. Für diese Betriebsart "Messen" wird der Zweifach-Umschalter 9 in die untere Stellung gesteuert. Ferner sind während der Betriebsart "Messen" die einzelnen Umschalter des Vierfach-Umschalters 14 unabhängig voneinander derart steuerbar, daß nacheinander jeweils einer der Umschalter die Mittelstellung (Anschluß an Testsignal Impuls oder Rauschen) und die anderen Umschalter die untere Stellung einnehmen, in welcher die jeweiligen Lautsprecher keine Signale erhalten. Das über die Signalkette 29, 5, 4, 6, 7, 9 einlaufende Meßsignal MESS wird dann einem Pegelmesser 31 und anschließend einem Schwellwert-Diskriminator 32 zugeführt. Dessen Ausgang ist mit einem Laufzeitmesser 33 verbunden, der im wesentlichen aus einem Zähler besteht, der von der Steuereinrichtung zusammen mit einem Impulsgenerator 34 ge-

startet und durch das Ausgangssignal des Schwellwert-Diskriminators 32 angehalten wird.

Der Ausgang des Impulsgenerators ist über ein Tiefpaßfilter 35 mit einem ersten Eingang eines Umschalters 36 verbunden. An den zweiten Eingang des Umschalters 36 ist ein Rauschgenerator 37 angeschlossen, der ebenfalls von der Steuereinrichtung 8 steuerbar ist.

Fig. 2 zeigt den Ablaufplan eines Programms für die Steuereinrichtung 8 (Fig. 1) während der Betriebsart "Messen" und in gekürzter Form während der Betriebsart "Wiedergabe". In der Betriebsart "Wiedergabe" bzw. im Normalbetrieb sind die üblichen Funktionen, wie beispielsweise eine manuelle Steuerung der Lautstärkesteller 17 bis 20 und die Auswahl zwischen den Eingängen 1, 2 oder 3, möglich. Ferner können in der Betriebsart "Wiedergabe" für mehrere Hörorte zuvor abgelegte Laufzeit- und Lautstärkeeinstellungen aus einem nicht-flüchtigen Speicher der Steuereinrichtung 8 ausgelesen und den Stellern 10 bis 13 und 17 bis 20 zugeführt werden. Der Zweifach-Umschalter 9 und der Vierfach-Umschalter 14 befinden sich in der oberen Stellung o.

Der Programmteil 41, der diese Funktionen bewirkt, wird zyklisch durchlaufen, wobei vor jeder Wiederholung eine Abfrage erfolgt, ob eine akustische Einmessung erfolgen soll. Ist dieses mit Hilfe der Bedieneinrichtung 30 eingegeben worden, so wird nach der Verzweigung 42 die Betriebsart "Messen" aktiviert. In einem Programmteil 43 werden die Lautstärkesteller 17 bis 20 (Fig. 1) auf einen definierten Normwert (mittlere Lautstärke) eingestellt. Ferner wird in diesem Programmteil darauf gewartet, daß der Bediener das Meß-Mikrofon 29 (Fig. 1) an den ersten zu messenden Hörort gebracht hat.

Danach werden im Programmteil 44 der Eingangsumschalter auf den Eingang 4 und der Doppel-Umschalter 6 in die untere Stellung gesteuert. Der Vierfach-Umschalter 14 wird für den jeweils einzumessenden Kanal auf die mittlere Stellung m und für die anderen Kanäle auf die untere Stellung u gebracht, in welcher eine Stummschaltung der angeschlossenen Lautsprecher erfolgt.

Bei 45 wird der Umschalter 36 auf die linke Stellung 1 gestellt, während der Impulsgenerator 34 und der Laufzeitmesser 33 gestartet werden. Sobald der Schall-Pegel am Meß-Mikrofon einen bestimmten Schwellwert überschreitet, wird bei 46 der Laufzeitmesser 33 angehalten und der Meßwert in der Steuereinrichtung 8 (Fig. 1) gespeichert.

Danach wird im Programmteil 47 der Umschalter 36 in die rechte Stellung r gebracht und der Rauschgenerator für eine Zeit von etwa 500 ms in Betrieb genommen. Mit Hilfe des Pegelmessers 31 erfolgt bei 48 eine Ermittlung des durchschnittlichen Rauschpegels am Mikrofon über einen Teil

des Zeitfensters, beispielsweise über 200 ms. Dieser Wert wird ebenfalls gespeichert.

Bei 49 verzweigt sich das Programm in Abhängigkeit davon, ob alle vier Kanäle eingemessen wurden. Ist dieses noch nicht der Fall, werden die Programmteile 44 bis 49 für den nächsten Kanal wiederholt. Sind jedoch alle vier Kanäle eingemessen, liegen für die Laufzeiten der vier Kanäle die Meßwerte  $T_{LF}$ ,  $T_{RF}$ ,  $T_{LR}$ ,  $T_{RR}$  ( $T_x$ ) und für die Lautstärkepegel die Meßwerte  $L_{LF}$ ,  $L_{RF}$ ,  $L_{LR}$ ,  $L_{RR}$  ( $L_x$ ) vor.

Im anschließenden Programmteil 50 werden die einzustellenden Verzögerungszeiten für die Verzögerungseinrichtungen 10 bis 13 gemäß  $T_{ax} = (T_{max} - T_x) \cdot k$  berechnet, wobei  $T_a$  die einzustellende Verzögerungszeit in Abtastzyklen der digitalen Audiosignalverarbeitungseinrichtung,  $x$  den jeweiligen Lautsprecher (LF, RF, LR, RR) und  $k$  das Verhältnis zwischen der Prozessor-Zyklusdauer, in welcher die Schall-Laufzeiten  $T_x$  gemessen wurden, und der Abtastzyklusdauer bezeichnet. Zuvor wurde aus den gemessenen Schall-Laufzeiten die maximale Schall-Laufzeit  $T_{max}$  (in Prozessor-Zyklen) ermittelt. Ferner erfolgt im Programmteil 49 die Einstellung der Verzögerungseinrichtungen 10 bis 13 auf die errechneten Werte und eine Speicherung der vier Werte zusammen mit einer Angabe des zugehörigen Hörortes in einem nicht-flüchtigen Speicher der Steuereinrichtung.

Im Programmteil 51 folgen die entsprechenden Schritte für die gemessenen Lautstärkepegel  $L_x$ . Zunächst wird  $L_{max}$  gebildet. Danach werden  $L_{ax} = L_{max} - L_x$  für die verschiedenen Lautsprecher berechnet. Die vier Ausgleichspegel  $L_{ax}$  werden als fester Offset zum jeweiligen vom Benutzer eingestellten Lautstärkepegel in den einzelnen Kanälen hinzuaddiert. Die Ausgleichspegel werden nach ihrer Berechnung im nicht-flüchtigen Speicher für den zugehörigen Hörort abgelegt.

Eine Verzweigung 52 erfolgt in Abhängigkeit davon, ob noch weitere Hörorte eingemessen werden sollen. Ist dieses nicht der Fall, werden bei 53 die Lautstärkesteller auf die vor dem Aktivieren der Betriebsart "Messen" vorhandenen Werte zuzüglich des im Programmteil 51 ermittelten Offsets eingestellt. Bei 53 wird ferner wieder derjenige Eingang 1, 2 oder 3 eingestellt, der vor dem Einmessen aktiv war. Außerdem werden die übrigen Umschalter entsprechend der Betriebsart "Wiedergabe" umgeschaltet. Das Programm wird dann bei 41 fortgesetzt. Sollen jedoch noch weitere Hörorte eingemessen werden, was durch eine entsprechende Eingabe erfolgt, wird das Programm nach der Verzweigung 52 bei 43 wiederholt.

Fig. 3 zeigt schematisch ein Auto 60 mit einem Fahrer 61 und vier Lautsprechern 25, 26, 27, 28. Die Abstände a, b, c und d vom Kopf des Fahrers zu den einzelnen Lautsprechern sind verschieden

groß. Dadurch treten die eingangs erwähnten nachteiligen Effekte auf. Bei der erfindungsgemäßen Einrichtung wird durch den Laufzeitausgleich mit Hilfe der steuerbaren Verzögerungseinrichtungen 10 bis 13 (Fig. 1) der für den psycho-akustischen Höreindruck wirksame Abstand zu allen Lautsprechern gleich groß gemacht. Dabei behält der vom Fahrer 61 am weitesten entfernt liegende Lautsprecher 28 seinen Abstand  $d$  bei. Die weiteren Lautsprecher erhalten durch den Laufzeitausgleich ebenfalls einen Abstand von  $d$  und befinden sich scheinbar in den Positionen 25', 26' und 27', die auf einem Kreis um den Fahrer 61 liegen.

### Patentansprüche

1. Einrichtung zur stereophonen Wiedergabe in einem geschlossenen Raum, vorzugsweise in einem Kraftfahrzeug, mit mehreren Lautsprechern und mindestens einem Hörort, der von den Lautsprechern unterschiedlich weit entfernt sein kann, dadurch gekennzeichnet, daß zur Wiedergabe mit Hilfe der einzelnen Lautsprecher (25, 26, 27, 28) vorgesehene Audiosignale Verzögerungseinrichtungen (10, 11, 12, 13) durchlaufen, deren Verzögerungszeit einstellbar ist, daß Mittel (5, 29, 31, 32, 33, 34, 35) zur Messung der Schall-Laufzeiten von den einzelnen Lautsprechern (25, 26, 27, 28) zum Hörort vorgesehen sind und daß die Verzögerungszeiten derart selbsttätig einstellbar sind, daß die Summe der Schall-Laufzeit und der jeweils eingestellten Verzögerungszeit für alle Lautsprecher (25, 26, 27, 28) gleich ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ferner Mittel (5, 29, 31, 37) zur Messung der durch die Wiedergabe eines Meßsignals, vorzugsweise eines Rauschsignals, durch die einzelnen Lautsprecher (25, 26, 27, 28) am Hörort bewirkten Schall-Pegel vorgesehen sind und daß die Lautstärke der einzelnen Lautsprecher (25, 26, 27, 28) im Sinne eines Ausgleichs von Pegeldifferenzen selbsttätig voreinstellbar ist.
3. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die eingestellten Verzögerungszeiten und gegebenenfalls Voreinstellungen der Lautstärke für mehrere Hörorte nicht-flüchtig speicherbar sind.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Information darüber, welche der gespeicherten Verzögerungszeiten und gegebenenfalls der gespeicherten Voreinstellungen der Lautstärke beim Einschalten der Einrichtung den Verzögerungseinrichtungen (10,

11, 12, 13) zugeführt werden, ebenfalls nicht-flüchtig speicherbar ist.

5. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzögerungseinrichtungen (10, 11, 12, 13) von digitalen Speichern gebildet werden, aus denen die jeweils zu verzögernden Audiosignale gegenüber dem Einschreiben zeitverzögert ausgelesen werden.
6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die digitalen Speicher Teile einer digitalen Audiosignalverarbeitungseinrichtung sind, daß nach der Messung der Schall-Laufzeiten ( $T_x$ ) für alle Lautsprecher daraus die maximale Schall-Laufzeit ( $T_{max}$ ) ausgewählt wird und daß die einzelnen Verzögerungszeiten gemäß  $T_{a_x} = (T_{max} - T_x) \cdot k$  berechnet wird, wobei  $T_a$  die einzustellende Verzögerungszeit in Abtastzyklen der digitalen Audiosignalverarbeitungseinrichtung,  $x$  den jeweiligen Lautsprecher und  $k$  das Verhältnis zwischen der Prozessor-Zyklusdauer, in welcher die Schall-Laufzeiten  $T_x$  bzw.  $T_{max}$  gemessen wurden, und der Abtastzyklusdauer bezeichnet.
7. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Messung der Schall-Laufzeit nacheinander jeweils einem Lautsprecher ein Impulssignal zugeführt wird, wobei gleichzeitig ein Zeitmesser (33) gestartet wird, der die Zeit mißt, bis an einem Meß-Mikrofon (29) der Schall-Pegel einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet.
8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Impulssignal durch einen Rechteckimpuls von mindestens 3 ms Länge realisiert wird.
9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Impulssignal über ein Tiefpaßfilter (35), vorzugsweise dritter Ordnung mit einer Grenzfrequenz von 11 kHz, dem Lautsprecher (25, 26, 27, 28) zugeführt wird.
10. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Audiosignale ferner Frequenzgang-Entzerrerschaltungen durchlaufen, daß Mittel zur Messung des Frequenzgangs zwischen den Lautsprechern und einem Meß-Mikrofon vorgesehen sind und daß die Frequenzgang-Entzerrer nach den Ergebnissen der Messung einstellbar sind, wobei die jeweils eingestellten Frequenzgänge der einzelnen Lautsprecher für ver-

schiedene Hörorte speicherbar sind.

5

10

15

20

25

30

35

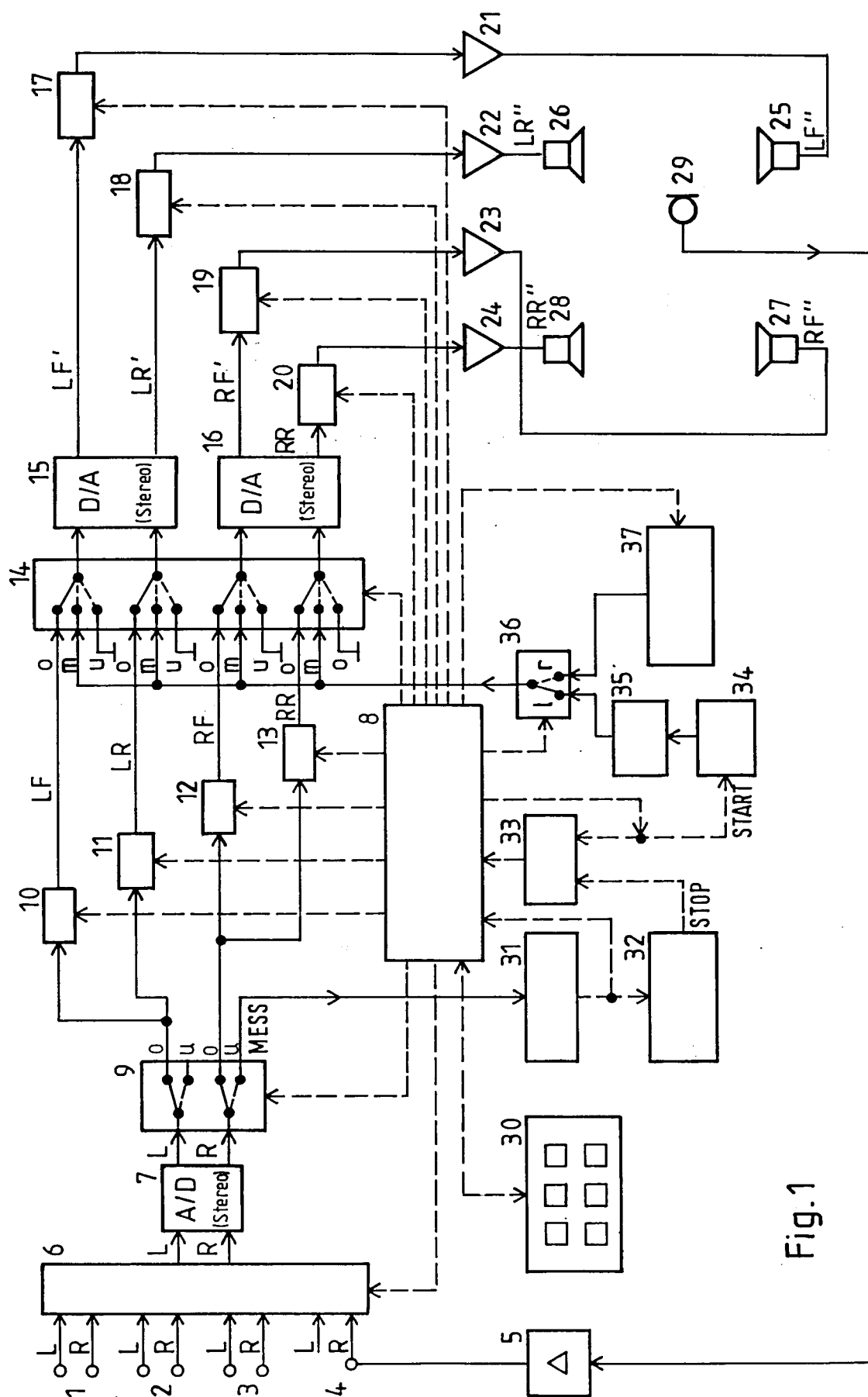
40

45

50

55

6



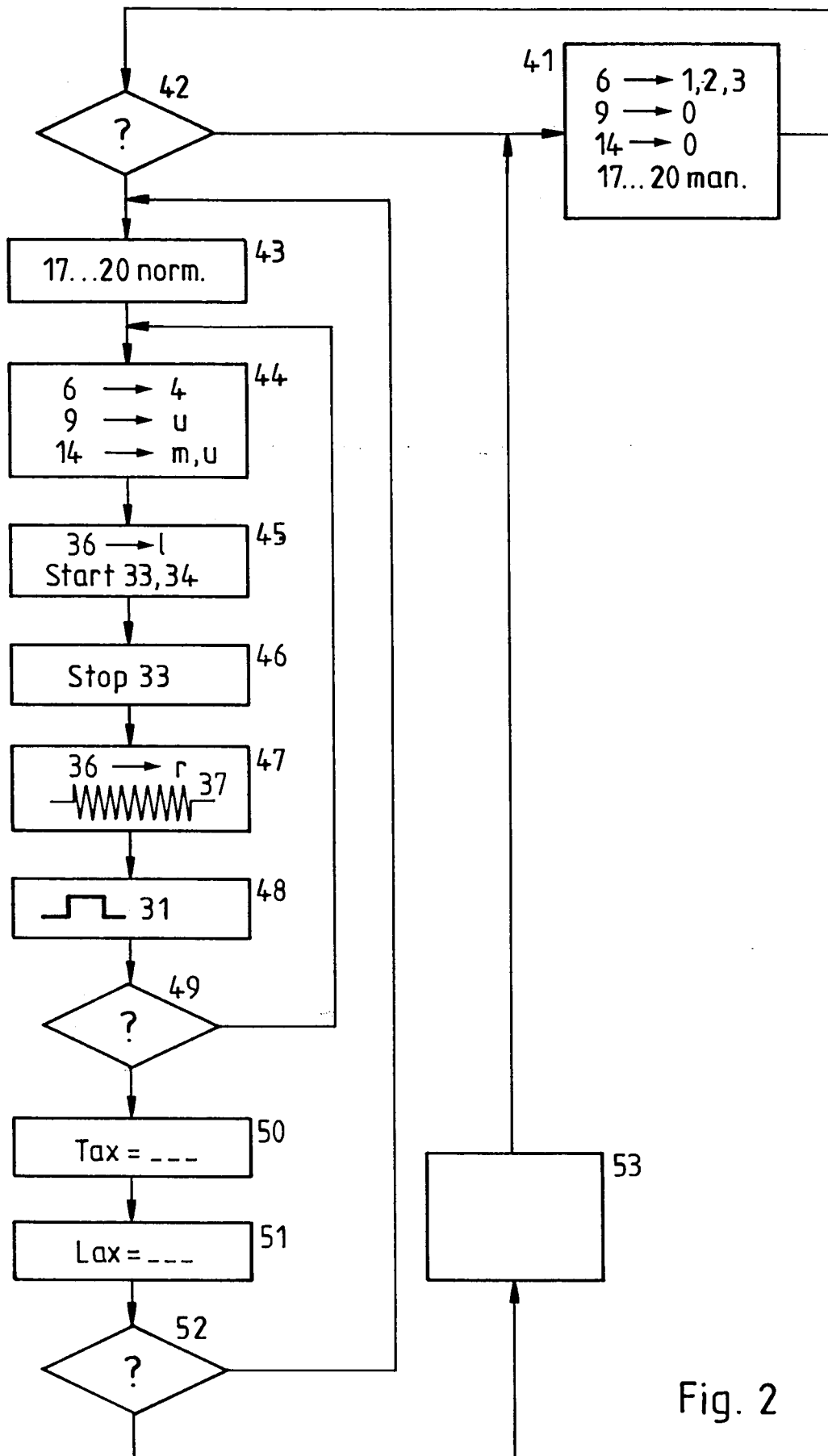


Fig. 2



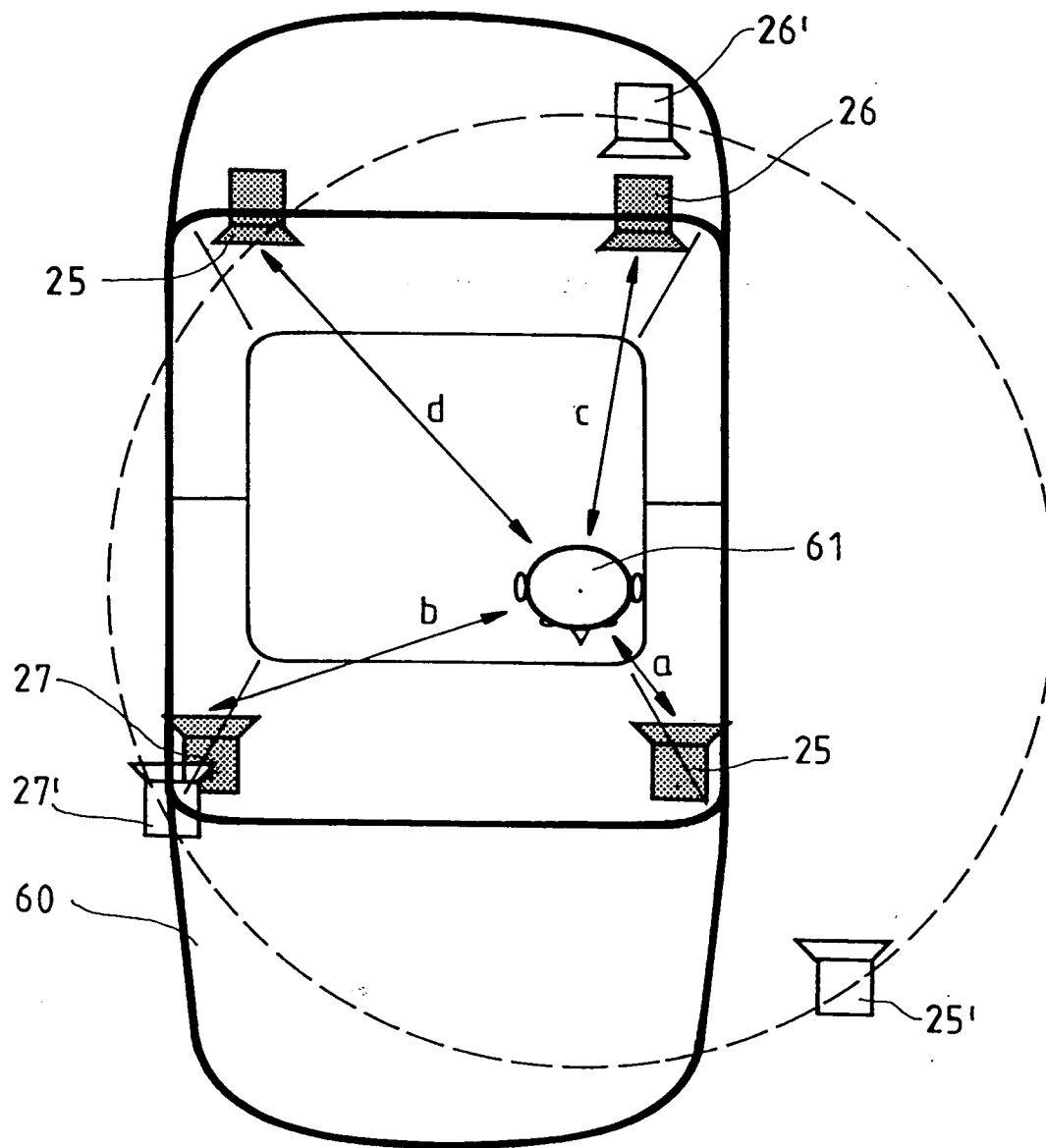


Fig. 3