



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2011 078 552.3  
(22) Anmeldetag: 01.07.2011  
(43) Offenlegungstag: 03.01.2013  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 15.05.2014

(51) Int Cl.: H03G 5/24 (2006.01)  
H04R 3/04 (2006.01)  
H04R 1/10 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Solid Sound Labs UG (haftungsbeschränkt),  
10961, Berlin, DE**  
  
(74) Vertreter:  
**Maikowski & Ninnemann Patentanwälte, 10707,  
Berlin, DE**

(72) Erfinder:  
**gleich Patentinhaber**

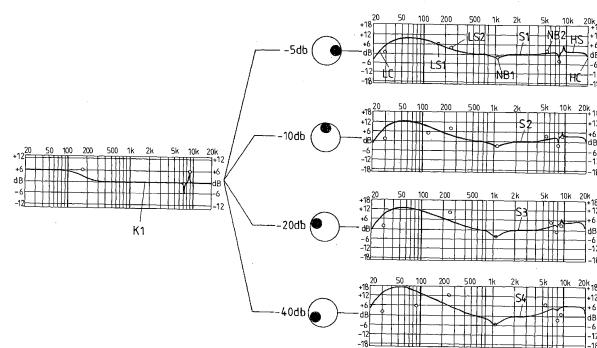
(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**DE 102 25 146 A1  
US 2006 / 0 093 159 A1  
US 4 982 435 A  
WO 2007/ 072 280 A1**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtungen zum Erzeugen eines Audiosignals**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Erzeugen eines an einen akustischen Wandler zu übermittelnden Audiosignals, mit den Schritten

- Bereitstellen eines Eingangssignals; und
- Erzeugen des an den akustischen Wandler zu übermittelnden Audiosignals durch Verändern des Eingangssignals in Abhängigkeit von einer vorgebbaren Lautstärke eines bei Empfang des Audiosignals durch den akustischen Wandler generierten Schallsignals, wobei
- das Verändern des Eingangssignals dadurch erfolgt, dass in Abhängigkeit von der vorgebbaren Lautstärke eine frequenzabhängige Korrekturfunktion bestimmt und auf das Eingangssignal angewandt wird, dadurch gekennzeichnet, dass

eine erste Stützkorrekturfunktion (S1) für eine erste Lautstärke eines bei Empfang des Audiosignals durch den akustischen Wandler generierten Schallsignals und eine zweite Stützkorrekturfunktion (S2–S4) für eine zweite Lautstärke bereitgestellt und die Korrekturfunktion durch Interpolation zwischen der ersten und der zweiten Stützkorrekturfunktion (S1–S4) bestimmt wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines an einen akustischen Wandler zu übermittelnden Audiosignals gemäß Anspruch 1 sowie eine Vorrichtung zum Erzeugen eines an einen akustischen Wandler zu übermittelnden Audiosignals gemäß Anspruch 7.

**[0002]** Die Lautstärkewahrnehmung eines Schallsignals durch das menschliche Gehör ist abhängig von der Frequenz des Schallsignals, wobei sich die Frequenzabhängigkeit der Lautstärkewahrnehmung wiederum mit der Lautstärke (z. B. dem Schalldruckpegel) des Schallsignals verändert. Eine Darstellung der Lautstärkeabhängigkeit der Lautstärkewahrnehmung erfolgt zum Beispiel durch Kurven gleicher Lautstärkepegel nach Fletcher-Munson. Aus der Audiotechnik ist bekannt, ein Audiosignal vor dem Übermitteln an einen akustischen Wandler (z. B. in Form eines Lautsprechers oder Kopfhörers) in Abhängigkeit von der gewünschten Lautstärke zu verändern, um das bei Wiedergabe des Audiosignals erzeugte Klangbild zu verbessern. Beispielsweise werden bei geringeren Lautstärken niederfrequente Bänder des Audiosignals verstärkt („Loudness“-Einstellung, wie zum Beispiel in der US 4,982,435 beschrieben).

**[0003]** Darüber hinaus beschreibt die DE 102 25 146 A1 ein Verfahren zur gehörrichtigen Pegelanpassung unter Verwendung eines digitalen Equalizers.

**[0004]** Das von der Erfindung zu lösende Problem besteht darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, die eine möglichst ausgewogene, insbesondere gehörrichtige Wiedergabe eines Audiosignals bei unterschiedlichen Lautstärken ermöglichen.

**[0005]** Dieses Problem wird durch das Verfahren mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 sowie durch die Vorrichtung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 7 gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0006]** Danach wird ein Verfahren zum Erzeugen eines an einen akustischen Wandler zu übermittelnden Audiosignals bereitgestellt, mit den Schritten

- Bereitstellen eines Eingangssignals; und
- Erzeugen des an den akustischen Wandler zu übermittelnden Audiosignals durch Verändern des Eingangssignals in Abhängigkeit von einer vorgebbaren Lautstärke eines bei Empfang des Audiosignals durch den akustischen Wandler generierten Schallsignals, wobei
- das Verändern des Eingangssignals dadurch erfolgt, dass in Abhängigkeit von der vorgebbaren Lautstärke eine frequenzabhängige Korrekturfunktion bestimmt und auf das Eingangssignal angewandt wird, wobei

– eine erste Stützkorrekturfunktion für eine erste Lautstärke eines bei Empfang des Audiosignals durch den akustischen Wandler generierten Schallsignals und eine zweite Stützkorrekturfunktion für eine zweite Lautstärke bereitgestellt und die Korrekturfunktion durch Interpolation zwischen der ersten und der zweiten Stützkorrekturfunktion bestimmt wird.

**[0007]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt demnach eine Verarbeitung des Eingangssignals, das von einer im Prinzip beliebigen Audioquelle wie z. B. einem Handy oder einem MP3-Player stammen kann, insbesondere unter Berücksichtigung der akustischen Eigenschaften des zum Wiedergeben des Audiosignals verwendeten akustischen Wandlers (zum Beispiel in Form eines Kopfhörers oder Lautsprechers). Dies ermöglicht eine besonders präzise Anpassung der Eingangssignale, so dass ein möglichst ausgewogenes Klangbild des bei Wiedergabe des erzeugten Audiosignals mit dem akustischen Wandler erzeugten Schallsignals realisiert werden kann.

**[0008]** Beispielsweise wird die Korrekturfunktion in Abhängigkeit von dem Frequenzgang des akustischen Wandlers bestimmt. Unter dem „Frequenzgang“ des akustischen Wandlers wird insbesondere die Frequenzantwort des Wandlers bei einem über einen vorgebbaren Frequenzbereich konstant gehaltenen Pegel (Amplitude) eines an den akustischen Wandler übermittelten Eingangssignals verstanden. Der Frequenzgang wird in einem vorgebbaren Frequenzbereich (z. B. von 20 Hz bis 20 000 Hz) bestimmt, wobei das erfindungsgemäße Verfahren das Ermitteln (Messen) des Frequenzganges umfassen kann. Denkbar ist jedoch auch, dass der Frequenzgang des Wandlers (bzw. verschiedene Frequenzgänge unterschiedlicher Wandlertypen) in einer Datenbank abgelegt sind, wobei zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens z. B. ein interessanter Frequenzgang aus der Datenbank geladen wird.

**[0009]** Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung erfolgt das Erzeugen des Audiosignals in Abhängigkeit von einer vorgebbaren Lautstärke eines bei Empfang des Audiosignals durch den akustischen Wandler generierten Schallsignals. Somit wird auch die Lautstärkeabhängigkeit der Lautstärkewahrnehmung durch das menschliche Gehör berücksichtigt, d. h. es wird ein möglichst gehörrichtiges Audiosignal erzeugt, wobei insbesondere auch die Lautstärkeabhängigkeit des Frequenzgangs des akustischen Wandlers einzbezogen wird. „Gehörrichtiges Audiosignal“ bedeutet insbesondere, dass das Eingangssignal von dem erfindungsgemäßen Verfahren (bzw. der weiter unten erläuterten erfindungsgemäßen Vorrichtung) bei unterschiedlichen Lautstärken jeweils objektiv unterschiedlich verändert wird, um ein Audiosignal zu ge-

nerieren, das bei Wiedergabe mit dem akustischen Wandler beim Hörer auch bei unterschiedlichen Lautstärken eine subjektiv ausgewogene Klangwahrnehmung erzeugt, wobei insbesondere typische Schwächen des menschlichen Gehörs und/oder Schwächen des Frequenzgangs des akustischen Wandlers (z. B. von Kopfhörern oder Lautsprechern) bei unterschiedlichen Lautstärken ausgeglichen werden. Durch die gehörrichtige Wiedergabe können z. B. auch geringere, d. h. gehörschonende oder wenig die Umgebung störende, Lautstärken verwendet werden, ohne dass auf einen ausgewogenen Klangeindruck verzichtet werden muss.

**[0010]** Beispielsweise wird mindestens ein Frequenzgang des akustischen Wandlers für eine vorgebbare Lautstärke, d. h. für eine vorgebbare Amplitude des zur Ermittlung des Frequenzganges an den akustischen Wandler übermittelten (elektrischen) Signals, bestimmt. Denkbar ist natürlich auch, dass verschiedene Frequenzgänge für unterschiedliche Lautstärken ermittelt und dem erfindungsgemäßen Erzeugen des Audiosignals zugrunde gelegt werden.

**[0011]** Die „vorgebbare Lautstärke“ des bei Empfang des Audiosignals durch den akustischen Wandler generierten Schallsignals ist zum Beispiel ein gewünschter Schalldruckpegel oder Lautstärkepegel des vom Wandler erzeugten Schallsignals. Die vorgebbare Lautstärke kann jedoch auch durch eine vorgebbare (gewünschte) Amplitude des an den akustischen Wandler zu übermittelnden (elektrischen) Audiosignals festgelegt sein. Beispielsweise wird das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugte Audiosignal vor dem Übermitteln an den akustischen Wandler in einem Verstärker verstärkt, wobei die „vorgebbare Lautstärke“ auch durch eine eingestellte Verstärkung des Verstärkers definiert sein kann, z. B. in Bezug auf eine Einstellung eines Lautstärkeregler des Verstärkers. Beispielsweise ist das erfindungsgemäße Verfahren in einem Gerät, das Audiosignale erzeugen kann (z. B. Handy, MP3-Player oder einem Rechner mit einer Audio- und/oder Videowiedergabesoftware, wie z. B. „iTunes“), verwirklicht, wobei die „vorgebbare Lautstärke“ durch eine Einstellung eines Lautstärkereglers des Gerätes oder der Audio- und/oder Videowiedergabesoftware definiert sein kann.

**[0012]** Bei Verwendung eines externen Verstärkers, d. h. eines Verstärkers, der separat zu dem Gerät angeordnet ist, in dem das erfindungsgemäße Verfahren verwirklicht ist, ist es darüber hinaus denkbar, dass der Verstärker eine Lautstärkeinformation über die an ihm eingestellte Lautstärke (d. h. eine Information über die „vorgebbare Lautstärke“) an das Gerät liefert (z. B. über eine leitungsgebundene Verbindung wie HDMI oder drahtlos), wobei das erfindungsgemäße Erzeugen des Audiosignals in Abhängigkeit von dieser Lautstärkeinformation (und zusätzlich mögli-

cherweise auch in Abhängigkeit von einer Lautstärkeeinstellung am Gerät selber) erfolgt.

**[0013]** Möglich ist auch (insbesondere bei Verwendung eines externen Verstärkers), dass die Lautstärke (z. B. der Schalldruckpegel) des bei Wiedergabe des mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Audiosignals generierten Schallsignals gemessen wird (z. B. unter Verwendung eines Mikrofons) und eine Information über die gemessene Lautstärke an das Gerät übermittelt und als „vorgebbare Lautstärke“ von dem erfindungsgemäßen Verfahren berücksichtigt wird.

**[0014]** Gemäß der Erfindung erfolgt das Verändern des Eingangssignals dadurch, dass in Abhängigkeit von der vorgebbaren Lautstärke eine frequenzabhängige Korrekturfunktion bestimmt und auf das Eingangssignal angewandt wird. Die Korrekturfunktion stellt eine Filterfunktion dar, mit der bei Anwendung auf das Eingangssignal die Amplitude des Eingangssignals frequenzabhängig verändert (verstärkt oder reduziert) werden kann. Hierbei können unterschiedlichen Frequenzbereichen (Frequenzbändern) des Eingangssignals nach Art eines Equalizers oder Kompressors unterschiedliche Filterfunktion (Filter) zugeordnet sein.

**[0015]** Die Eigenschaften, d. h. der frequenzabhängige Verlauf der durch den jeweiligen Filter realisierten Filterfunktion, der den Frequenzbändern zugeordneten Filter werden jeweils durch einstellbare Parameter (z. B. Gütfaktor oder Verstärkung bzw. Dämpfung) des Filters festgelegt, so dass die Korrekturfunktion durch die Parameter der verwendeten Filter beschrieben werden kann.

**[0016]** Die zu verwendende Korrekturfunktion (bzw. Parameter der Korrekturfunktion z. B. in Form von Parameterwerten von der Korrekturfunktion zugrunde liegenden Filtern) ist zum Beispiel in einer Datenbank gespeichert und wird zum Erzeugen des Audiosignals aus der Datenbank abgerufen. Beispielsweise umfasst die Datenbank abhängig von dem Typ des verwendeten akustischen Wandlers (z. B. abhängig vom Modell eines Kopfhörers) eine Mehrzahl von Korrekturfunktionen für unterschiedliche Lautstärken.

**[0017]** Die Korrekturfunktion kann empirisch, d. h. durch Hörproben, unter Verwendung des akustischen Wandler ermittelt werden, wobei z. B. Nichtlinearitäten des Frequenzganges des akustischen Wandlers ausgeglichen werden. Möglich ist natürlich auch eine rechnerische Ermittlung der Korrekturfunktion, z. B. durch Differenzbildung zwischen einem vorgegebenen konstanten Frequenzverlauf und dem tatsächlichen Frequenzgang des akustischen Wandlers. Denkbar ist darüber hinaus auch, dass die Korrekturfunktion nicht nur den Frequenzgang des akustischen Wandlers ausgleicht, sondern durch Hörpro-

ben so ermittelt wird, dass das bei Wiedergabe des Audiosignals durch den akustischen Wandler erzeugte Klangbild möglichst ausgewogen ist. Hierbei werden durch entsprechende Hörproben insbesondere individuelle Korrekturfunktionen für unterschiedliche akustische Wandlere und z. B. auch für unterschiedliche Lautstärken ermittelt. Denkbar ist auch, dass die Korrekturfunktion die Art des Eingangssignals berücksichtigt, beispielsweise, ob es sich um ein reines Sprachsignal handelt, oder den Stil eines Musiksignals.

**[0018]** In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung wird die Korrekturfunktion aus zwei Anteilen zusammengesetzt, wobei ein erster Anteil (Basiskorrekturfunktion) den Frequenzgang des akustischen Wandlers berücksichtigt (ausgleicht, z. B. linearisiert) und ein zweiter Anteil (Referenzkorrekturfunktion) durch Hörproben so ermittelt wird, dass die Klangwahrnehmung des bei Wiedergabe des durch Anwendung der Korrekturfunktion auf das Eingangssignal generierten Audiosignals möglichst ausgewogen ist.

**[0019]** Die Korrekturfunktion wird beispielsweise dadurch erzeugt, dass eine Differenz zwischen der Referenzkorrekturfunktion und dem Frequenzgang des akustischen Wandlers oder der in Abhängigkeit von dem Frequenzgang gebildeten Basiskorrekturfunktion gebildet wird. Auf diese Weise kann vermieden werden, dass für unterschiedliche Typen des akustischen Wandlers jeweils eine „erhörte“ individuelle Korrekturfunktion vorhanden sein muss. Stattdessen wird eine „universelle“ Referenzkorrekturfunktion bereitgestellt, die mit dem Frequenzgang des akustischen Wandlers verrechnet wird, z. B. durch die erwähnte Differenzbildung zwischen der Referenzkorrekturfunktion und dem jeweiligen Frequenzgang oder der Basiskorrekturfunktion.

**[0020]** Denkbar ist natürlich ebenfalls, dass für unterschiedliche Lautstärken (und z. B. auch für verschiedene Arten des Eingangssignals) derartige empirische Referenzkorrekturfunktionen bestimmt werden, mit denen unter Berücksichtigung des Frequenzganges des akustischen Wandlers dann unterschiedliche Korrekturfunktionen für unterschiedliche Lautstärken (bzw. unterschiedliche Eingangssignalarten) ermittelt werden.

**[0021]** Gemäß der Erfindung wird eine erste Stützkorrekturfunktion für eine erste Lautstärke (eines bei Empfang des Audiosignals durch den akustischen Wandler generierten Schallsignals) und eine zweite Stützkorrekturfunktion für eine zweite Lautstärke bereitgestellt, wobei die auf das Eingangssignal anzuwendende Korrekturfunktion durch Interpolation zwischen der ersten und der zweiten Stützkorrekturfunktion bestimmt wird. Die Interpolation erfolgt insbesondere dadurch, dass für unterschiedliche Frequenzen der jeweilige Verstärkungswert (bzw. Dämpfungs-

wert) der ersten und der zweiten Stützkorrekturfunktion (beispielsweise linear) interpoliert wird.

**[0022]** Gemäß einer Abwandlung wird die erste Stützkorrekturfunktion durch mindestens einen ersten Filter (z. B. in Form eines Notchfilters) und die zweite Stützkorrekturfunktion durch mindestens einen zweiten Filter (z. B. ebenfalls in Form eines Notchfilters) vom Typ des ersten Filters realisiert, wobei ein Parameter (z. B. der Gütfaktor) des ersten Filters einen ersten Wert aufweist und der entsprechende Parameter des zweiten Filters einen zweiten Wert, und wobei die Interpolation zwischen der ersten und zweiten Stützkorrekturfunktion durch Interpolation zwischen dem ersten und dem zweiten Wert des Filterparameters erfolgt (z. B. durch Interpolation zwischen den beiden Gütfaktoren).

**[0023]** Möglich ist selbstverständlich auch, dass nicht nur zwei Stützkorrekturfunktionen bereitgestellt werden, sondern mehr als zwei, um eine genauere Interpolation zu ermöglichen. Die Stützkorrekturfunktionen können jeweils bereits den Frequenzgang des akustischen Wandlers (insbesondere für die jeweilige Lautstärke) berücksichtigen, wobei unterschiedliche (individuelle) Stützkorrekturfunktionen für unterschiedliche Typen des akustischen Wandlers bereitgestellt werden. Denkbar ist jedoch auch, dass die Stützkorrekturfunktionen nach Art der oben beschriebenen Referenzkorrekturfunktion den Frequenzgang des akustischen Wandlers zunächst nicht berücksichtigen, sondern vor oder nach der Interpolation zur Ermittlung der Korrekturfunktionen an den Frequenzgang des akustischen Wandlers angepasst werden, z. B. durch die erwähnte Differenzbildung. Somit ist es möglich, dass zwar Frequenzgänge für unterschiedliche Typen des akustischen Wandlers bereitgestellt werden müssen, jedoch nur ein Satz von (universellen) Stützkorrekturfunktionen.

**[0024]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere als Programmcode verwirklicht. Insofern betrifft die Erfindung auch ein Speichermedium mit diesem Programmcode. Der Programmcode kann insbesondere auch auf mobile Endgeräte geladen werden, d. h. als „App“ realisiert sein, oder in die Software und/oder Hardware des mobilen Endgeräts direkt integriert sein.

**[0025]** Die Erfindung betrifft des Weiteren auch eine Vorrichtung zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens, mit

- einer Bereitstellungsvorrichtung zum Bereitstellen einer ersten Stützkorrekturfunktion für eine erste Lautstärke eines bei Empfang des Audiosignals durch den akustischen Wandler generierten Schallsignals und einer zweiten Stützkorrekturfunktion für eine zweite Referenzlautstärke;
- einer Korrekturfunktionsbestimmungsvorrichtung zum Bestimmen einer Korrekturfunktion in

Abhängigkeit von einer vorgebbaren Lautstärke eines bei Empfang des Audiosignals durch den akustischen Wandler generierten Schallsignals durch Interpolation zwischen der ersten und der zweiten Stützkorrekturfunktion; und

- einer Eingangssignalveränderungseinrichtung, die zum Erzeugen des Audiosignals das Eingangssignal durch Anwenden der Korrekturfunktion auf das Eingangssignal verändert.

**[0026]** Beispielsweise ist die Eingangssignalveränderungseinrichtung ausgebildet, (z. B. nach Art eines Equalizers) eine von dem Frequenzgang des akustischen Wandlers und der vorgebbaren Lautstärke abhängige Korrekturfunktion auf das Eingangssignal anzuwenden. Diese Funktion wurde bereits weiter oben erläutert.

**[0027]** Alternativ oder zusätzlich kann die Eingangssignalveränderungseinrichtung auch nach Art eines Kompressors oder Begrenzers („Limiters“) ausgebildet sein, wobei Parameter des Kompressors oder Begrenzers in Abhängigkeit von dem Frequenzgang des akustischen Wandlers und der vorgebbaren Lautstärke gewählt werden. Beispielsweise wird der Schwellwert, das Kompressionsverhältnis, die Einschaltzeit („Attack“) und/oder die Ausschaltzeit („Release“) in Abhängigkeit sowohl von der gewünschten Lautstärke als auch von dem Frequenzgang des verwendeten akustischen Wandlers gesetzt.

**[0028]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist insbesondere eine programmierbare Einrichtung (zum Beispiel in Form eines digitalen Signalprozessors-DSP), wobei die Eingangssignalveränderungseinrichtung insbesondere durch in der programmierbaren Vorrichtung enthaltenen Programmcode verwirklicht ist. Darüber hinaus kann die erfindungsgemäße Vorrichtung in einem (z. B. portablen) elektronischen Gerät, das zur Wiedergabe von Audiosignalen geeignet ist, integriert sein, z. B. wie bereits erwähnt in einem Handy oder einem MP3-Player. Die Vorrichtung kann auch Bestandteil eines Audioverstärkers oder eines sonstigen Wiedergabegerätes sein, z. B. einer „Docking Station“, an die ein Handy oder an ein MP3-Player angeschlossen werden kann.

**[0029]** Die Korrekturbestimmungsvorrichtung basiert auf dem bereits oben beschriebenen Prinzip, wonach durch Interpolation zwischen mindestens zwei bereitgestellten Stützkorrekturfunktionen eine auf das Eingangssignal anzuwendende Korrekturfunktion bestimmt wird.

**[0030]** Die Erfindung betrifft auch eine Audioanordnung mit einem akustischen Wandler und einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

**[0031]** Beispielsweise ist der akustische Wandler ausgebildet, eine Kennung, die den Typ des akusti-

schen Wandlers anzeigt, an die Vorrichtung zu übermitteln, wobei die Vorrichtung ihrerseits ausbildet ist, in Abhängigkeit von der empfangenen Kennung des akustischen Wandlers mindestens eine (frequenzabhängige) Korrekturfunktion aus einer Datenbank abzurufen und die Korrekturfunktion zum Verändern des Eingangssignals (zum Erzeugen des Audiosignals) auf das Eingangssignal anzuwenden. Bei der Korrekturfunktion handelt es sich, wie oben bereits erläutert, z. B. um eine unmittelbar anzuwendende Filterfunktion. Denkbar ist auch, dass mehrere Stützkorrekturfunktionen in Abhängigkeit von der Kennung aus der Datenbank ausgelesen und zum Ermitteln der auf das Eingangssignal anzuwendenden Korrekturfunktionen eine Interpolation zwischen den Stützkorrekturfunktionen erfolgt.

**[0032]** Wie oben bereits erwähnt, handelt es sich bei dem akustischen Wandler insbesondere um einen Lautsprecher (zum Beispiel einen Subwoofer) oder einen Kopfhörer. Allgemein wandelt ein akustischer Wandler ein elektrisches Signal in ein akustisches Signal (Schallsignal) um.

**[0033]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Es zeigen:

**[0034]** **Fig. 1** schematisch eine Übersicht einer Vorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

**[0035]** **Fig. 2** eine Detailansicht der Vorrichtung aus **Fig. 1**;

**[0036]** **Fig. 3** ein Beispiel für ein Bestimmen von Korrekturfunktionen für unterschiedliche Lautstärken anhand eines Frequenzganges eines akustischen Wandlers;

**[0037]** **Fig. 4** eine Abwandlung der Korrekturfunktionen aus **Fig. 3**;

**[0038]** **Fig. 5** eine Vorrichtung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung;

**[0039]** **Fig. 6** eine erste Detailansicht der **Fig. 5**;

**[0040]** **Fig. 7** eine zweite Detailansicht der **Fig. 5**; und

**[0041]** **Fig. 8** eine dritte Detailansicht der **Fig. 5**.

**[0042]** **Fig. 1** zeigt eine schematische Übersicht einer in Form eines digitalen Signalprozessors-DSP 1 verwirklichten erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei der DSP 1 in Form eines programmierten elektronischen Bausteins (z. B. eines Mikroprozessors) oder als Software verwirklicht sein kann. Der DSP 1 weist einen Eingang 11 auf, über den ein Eingangssignal

einer Audiosignalquelle (zum Beispiel ein MP3-Player) dem DSP 1 zugeführt werden kann. Des Weiteren weist der DSP 1 einen Ausgang 12 auf, über den ein aus dem Eingangssignal erzeugtes Audiosignal einem akustischen Wandler zum Beispiel in Form eines Kopfhörers übermittelt werden kann.

**[0043]** Der DSP 1 verfügt über eine Eingangssignalveränderungseinrichtung in Form eines dynamischen Equalizers 2, dem das über den Eingang 11 empfan gene Eingangssignal zugeführt wird. Der dynamische Equalizer 2 ist ausgebildet, das Eingangssignal sowohl in Abhängigkeit von einer vorgegebenen Lautstärke eines bei einem Empfang des erzeugten Audiosignals durch den akustischen Wandler generierten Schallsignals als auch in Abhängigkeit von einem Frequenzgang des verwendeten akustischen Wandlers zu verändern. Die Eingangsgrößen „vorgebbare Lautstärke“ und „Frequenzgang des akustischen Wandlers“ sind durch entsprechende Boxen und auf den Equalizer 2weisende Pfeile angedeutet. In Abhängigkeit von der gewünschten Lautstärke und dem Typ des verwendeten akustischen Wandlers stellt der Equalizer 2 eine frequenzabhängige Korrekturfunktion bereit und wendet diese Korrekturfunktion auf das Eingangssignal an.

**[0044]** Dadurch, dass die Veränderung des Eingangssignals sowohl lautstärkeabhängig und in Abhängigkeit von den Eigenschaften des akustischen Wandlers vorgenommen wird, kann eine optimierte, gehörrichtige Anpassung des Eingangssignals erfolgen, so dass das bei Wiedergabe des mit dem dynamischen Equalizer 2 erzeugten Audiosignals generierte Schallsignal einen möglichst harmonischen Klangeindruck beim Hörer hervorruft.

**[0045]** **Fig. 2** zeigt eine Teilansicht des dynamischen Equalizers 2 aus **Fig. 1**, wonach der Equalizer mehrere frequenzbandabhängige Filter (zugeordnet den Frequenzbändern „Frequenz 1“ bis „Frequenz N“) sowie Hochpass- und Tiefpass-Filter („Low Cut“, „Low Shelf“, „High Shelf“, „High Cut“) umfasst.

**[0046]** Die Eigenschaften der jeweiligen Filter werden insbesondere durch die Parameter Gütefaktor (Q-Faktor) und Verstärkung („Gain“) bestimmt, wobei es sich bei der Verstärkung auch um eine negative Verstärkung, d. h. um eine Dämpfung handeln kann. Der Gütefaktor und/oder die Verstärkung kann in jedem Frequenzbereich in Abhängigkeit sowohl von dem Frequenzgang des akustischen Wandlers (angedeutet durch Pfeile, die von der Einheit „akustischer Wandler“ abgehen) und von der angestrebten Lautstärke (angedeutete durch Pfeile, die von der Einheit „Lautstärke“ abgehen) eingestellt werden. Die unterschiedlichen Filter des Equalizers 2 definieren jeweils eine Filterfunktion für den jeweiligen Frequenzbereich, wobei eingesetzten Filter zusammen

die erwähnte Korrekturfunktion erzeugen, die auf das Eingangssignal angewandt wird.

**[0047]** Es ist denkbar, dass für eine vorgegebene Lautstärke und für den Typ des verwendeten akustischen Wandlers, die den Frequenzbändern zugeordneten Gütefaktoren und Verstärkungen aus einer Datenbank, die z. B. Bestandteil des Equalizers 2 ist oder auf die z. B. über das Internet zugegriffen werden kann, geladen wird.

**[0048]** Möglich ist wie oben bereits erläutert auch, dass zumindest zwei Stützkorrekturfunktionen (Stütz korrekturdatensätze) bereitgestellt, zum Beispiel einer Datenbank geladen werden, die für zwei Lautstärken jeweils Sätze der Gütefaktoren und der Verstärkungen enthalten. Anhand dieser Stützkorrekturfunktionen wird für eine vorgegebene Lautstärke, die zwischen den Lautstärken der Stützkorrekturfunktionen liegt, durch Interpolation zwischen den jeweiligen Werten der Gütefaktoren und Verstärkungen ein neuer Satz von Gütefaktoren und Verstärkungen generiert und die entsprechenden Filter mit diesen Werten auf das Eingangssignal angewandt.

**[0049]** Denkbar ist natürlich auch, dass ein Satz von Gütefaktoren und Verstärkungen, der einer Lautstärke zugeordnet ist, der der gewünschten Lautstärke am nächsten kommt, ohne Interpolation auf das Eingangssignal angewandt wird.

**[0050]** Das Vorgehen zur Ermittlung einer Korrekturfunktion zum Verändern des Eingangssignals wird zum Beispiel anhand der **Fig. 3** erläutert. Danach wird zunächst ein Frequenzgang F eines akustischen Wandlers (in diesem Fall ein Kopfhörer) bereitgestellt. Der Frequenzgang F ist auf einen Frequenzbereich mit zumindest annähernd linearem Frequenzgang normiert und als Abweichung (in dB) von diesem linearen Bereich angegeben.

**[0051]** Es ist zu erkennen, dass der Kopfhörer im Bassbereich (d. h. insbesondere im Frequenzbereich unterhalb von 100 Hz) dämpft. Des Weiteren zeigen sich Resonanzen im Bereich von 7 kHz bis 9 kHz. Um dieses nichtlineare Verhalten des akustischen Wandlers auszugleichen, werden mehrere Basiskorrekturfunktionen K1 bis K4 für unterschiedliche Lautstärken ermittelt (rechte Seite der **Fig. 3**), wobei die jeweiligen Lautstärken in Form einer in dB angegebenen Einstellung eines Verstärkers, der zum Verstärken des von der erfundungsgemäßen Vorrichtung erzeugten Audiosignals verwendet wird, dargestellt sind.

**[0052]** Die Basiskorrekturfunktionen K1–K4, die ausgehend von dem Frequenzgang F des Wandlers bestimmt werden, werden durch mehrere Filter erzeugt, z. B. durch Einsatz eines Low-Shelf-Filters LS, der einen Frequenzbereich bis etwa 180 Hz um etwa 6 dB anhebt (bei Lautstärke 0 dB). Des Weiteren wird

ein Notchfilter NF bei etwa 7.000 Hz und ein Boost-filter (Präsenzfilter) BF bei etwa 9.000 Hz verwendet. Die Eigenschaften (Parameter) der eingesetzten Filter, d. h. des Low-Shelf-Filters, des Notchfilters und des Präsenzfilters, werden in Abhängigkeit von der gewünschten Lautstärke variiert, so dass sich für die verschiedenen Lautstärken jeweils etwas unterschiedliche Basiskorrekturfunktionen ergeben. Beispielsweise wird die Frequenz des Low-Shelf-Filters LS von 180 Hz auf 82 Hz (bei -20 dB) abgesenkt und die durch den Low-Shelf-Filter bewirkte Signalanhebung auf 2,8 dB reduziert. In Bezug auf den Notch- und den Präsenzfilter werden Verstärkung, Gütefaktor und/oder die Mittenfrequenz ebenfalls lautstärke-abhängig variiert.

**[0053]** Eine Weiterentwicklung der Erfindung zeigt die **Fig. 4**. Hiernach wird ausgehend von den basierend auf dem Frequenzgang F des verwendeten akustischen Wandlers erzeugten Basiskorrekturfunktionen K1 bis K4 (von denen beispielhaft die Kurve K1 dargestellt ist) Stützkorrekturfunktionen S1 bis S4 für unterschiedliche Lautstärken ermittelt. Diese Stützkorrekturfunktionen S1 bis S4 werden durch Hinzunahme weiterer Filter erzeugt, um einen möglichst ausgewogenen Klang bei der Wiedergabe des erzeugten Audiosignals zu erzielen; beispielsweise wird zusätzlich ein Low-Cut-Filter LC, Low-Shelf-Filter LS1, LS2, N-Notch-Boost-Filter NB1, NB2, ein High-Shelf-Filter HS und ein High-Cut-Filter HC verwendet.

**[0054]** Die Eigenschaften der Filter werden lautstärke-abhängig variiert, so dass für vier unterschiedliche Lautstärken unterschiedliche Stützkorrekturfunktionen S1 bis S4 erzeugt werden. Die jeweiligen Parameter der Filter werden insbesondere empirisch bestimmt, d. h. durch Beurteilung des jeweils entstehenden Klangbildes. Beispielsweise wird der Notchfilter NB1 im oberen Mittenbereich zwischen 1.000 und 4.000 Hz verwendet, zum Beispiel mit einem Gütefaktor von 0,7. Sowohl der Gütefaktor als auch die Absenkung durch den Filter NB1 wird zu niedrigeren Lautstärken hin verändert (die Abschwächung wird erhöht). Die in **Fig. 4** gezeigten Stützkorrekturfunktionen S1 bis S4 sind jedoch nur beispielhaft, selbstverständlich ist es auch denkbar, anders verlaufende Stützkorrekturfunktionen vorzusehen.

**[0055]** Den Stützkorrekturfunktionen S1 bis S4 liegen jeweils Datensätze der Parameter der verwendeten Filter zugrunde (vgl. **Fig. 2**), wobei die auf das Eingangssignal anzuwendende Korrekturfunktion durch Interpolation zwischen den Parameterwerten der Filter benachbarter Stützkorrekturfunktionen bestimmt werden kann. Beispielsweise ist der Gütefaktor des Notchfilters NB1 für die Lautstärken -10 dB und -20 dB bekannt, so ein Gütefaktor des Notchfilters z. B. für eine Lautstärke -15 dB durch Interpolation der Gü-

tefaktoren zwischen den Lautstärken -10 dB und -20 dB bestimmt werden kann.

**[0056]** Die in **Fig. 4** gezeigten Stützkorrekturfunktionen S1-S4 beinhalten jeweils bereits den Frequenzgang des akustischen Wandlers bzw. die in Abhängigkeit von dem Frequenzgang bestimmten Basiskorrekturfunktionen K1-K4. Denkbar ist jedoch auch, dass zunächst Stützkorrekturfunktionen S1-S4 bereitgestellt werden, die den Frequenzgang des Wandlers nicht berücksichtigen. Die auf das Eingangssignal anzuwendende Korrekturfunktion wird dann durch Kombination der Stützkorrekturfunktionen und des Frequenzganges bzw. der Basiskorrekturfunktionen K1-K4 erzeugt, wie oben erläutert.

**[0057]** Die **Fig. 5** bezieht sich auf ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung. Hiernach weist die Eingangssignalveränderungseinrichtung des digitalen Signalprozessor **1** neben dem dynamischen Equalizer **2** einen dynamischen Kompressor **3** und einen dynamischen Begrenzer (Limiter) **4** auf.

**[0058]** Analog zum dynamischen Equalizer **2** werden Parameter des dynamischen Kompressors **3** und des dynamischen Begrenzers **4** in Abhängigkeit sowohl von der vorgebbaren Lautstärke als auch von dem Frequenzgang des verwendeten akustischen Wandlers gewählt. Es ist natürlich nicht zwingend, dass eine Kombination aus einem dynamischen Kompressor und einem dynamischen Begrenzer verwendet wird. Vielmehr kann der Kompressor **3** oder der Begrenzer **4** auch allein verwendet werden, z. B. auch ohne den Equalizer **2**. Der in **Fig. 5** gezeigte digitale Signalprozessor **1** kann insbesondere in einem Heimkino-System (einem Heimkino-Verstärker) zur Wiedergabe einer Tonspur eines Videos verwendet werden, z. B. um auch bei geringer Wiedergabebelautstärke (z. B. wegen Nachtruhe) eine möglichst gute Sprachverständlichkeit zu erreichen. Denkbar ist natürlich auch, dass der digitale Signalprozessor **1** der **Fig. 5** in ein mobiles Endgerät (z. B. in einen Laptop oder einen Tablet-Computer) integriert ist und zur Wiedergabe (z. B. über einen Kopfhörer) einer Videotonspur verwendet wird.

**[0059]** Das von dem dynamischen Equalizer **2** in Abhängigkeit von dem Frequenzgang des akustischen Wandlers und der Lautstärke erzeugte Ausgangssignal (Audiosignal) wird, bevor es an den akustischen Wandler weitergeleitet wird, beispielsweise zunächst dem Kompressor **3** zugeleitet, wie in **Fig. 6** dargestellt.

**[0060]** Details des dynamischen Kompressors **3** sind in **Fig. 7** gezeigt. Danach werden unterschiedlichen Frequenzbereichen 1 bis N jeweils unterschiedliche Werte verschiedener Parameter des Kompressors, nämlich Einschaltzeit („attack“), Ausschaltzeit („release“), Kompressionsverhältnis („ratio“) und/oder

Schwellwert („threshold“) zugewiesen. Die frequenzabhängigen Werte dieser Parameter werden in Abhängigkeit von der gewünschten Lautstärke gesetzt, so dass für unterschiedliche Lautstärken analog zu dem dynamischen Equalizer **2** jeweils eine individuelle Filterfunktion (Korrekturfunktion) erzeugt wird. Die Parameterwerte werden für einige diskrete Lautstärken bestimmt (Stützpunkte), wobei für Lautstärken zwischen diesen Stützpunktlaутstärken eine Interpolation der entsprechenden Werte erfolgen kann, wie oben z. B. in Bezug auf den Equalizer **2** erläutert.

**[0061]** Fig. 8 zeigt Details des dynamischen Begrenzers **4**, wobei das Verhalten, d. h. die Filterfunktion (Korrekturfunktion), die durch den Begrenzer **4** realisiert wird, insbesondere durch zwei Parameter, nämlich einem Schwellwert („limiter threshold“) und einer Ausschaltzeit („release time“) bestimmt wird. Die Bestimmung der Werte für diese Parameter erfolgt analog zum dynamischen Equalizer **2** oder zum dynamischen Kompressor **3** in Abhängigkeit sowohl von einem Frequenzgang des verwendeten akustischen Wandlers als auch von der gewünschten Lautstärke.

#### Bezugszeichenliste

1	digitaler Signalprozessor
2	dynamischer Equalizer
3	dynamischer Kompressor
4	dynamischer Begrenzer
11	Eingang
12	Ausgang
F	Frequenzgang
K1–K4	Basiskorrekturfunktion
S1–S4	Stützpunktkorrekturfunktion

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen eines an einen akustischen Wandler zu übermittelnden Audiosignals, mit den Schritten  
 – Bereitstellen eines Eingangssignals; und  
 – Erzeugen des an den akustischen Wandler zu übermittelnden Audiosignals durch Verändern des Eingangssignals in Abhängigkeit von einer vorgebbaren Lautstärke eines bei Empfang des Audiosignals durch den akustischen Wandler generierten Schallsignals, wobei  
 – das Verändern des Eingangssignals dadurch erfolgt, dass in Abhängigkeit von der vorgebbaren Lautstärke eine frequenzabhängige Korrekturfunktion bestimmt und auf das Eingangssignal angewandt wird,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
 eine erste Stützpunktkorrekturfunktion (S1) für eine erste Lautstärke eines bei Empfang des Audiosignals durch den akustischen Wandler generierten Schallsignals und eine zweite Stützpunktkorrekturfunktion (S2–S4) für eine zweite Lautstärke bereitgestellt und die Korrekturfunktion durch Interpolation zwischen der ers-

ten und der zweiten Stützpunktkorrekturfunktion (S1–S4) bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Frequenzgang (F) des akustischen Wandlers für zumindest eine vorgebbare Lautstärke ermittelt und die Korrekturfunktion in Abhängigkeit von dem Frequenzgang (F) des akustischen Wandlers bestimmt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bestimmen der Korrekturfunktion ein Abrufen der Korrekturfunktion oder Parameter der Korrekturfunktion aus einer Datenbank umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bestimmen der Korrekturfunktion ein Bereitstellen mindestens einer Referenzkorrekturfunktion und Bilden einer Differenz zwischen der Referenzkorrekturfunktion und dem Frequenzgang (F) des akustischen Wandlers umfasst.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Korrekturfunktion unter Verwendung mindestens eines Filters erzeugt wird, wobei Parameter des Filters in Abhängigkeit von dem Frequenzgang (F) des akustischen Wandlers und der vorgebbaren Lautstärke bestimmt werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
 – die erste Stützpunktkorrekturfunktion (S1) unter Verwendung mindestens eines ersten Filters und die zweite Stützpunktkorrekturfunktion (S2–S4) unter Verwendung mindestens eines zweiten Filters vom Typ des ersten Filters erzeugt wird, wobei  
 – ein Parameter des ersten Filters der ersten Stützpunktkorrekturfunktion (S1) einen ersten Wert aufweist und der entsprechende Parameter des zweiten Filters einen zweiten Wert, und  
 – die Interpolation zwischen der ersten und zweiten Stützpunktkorrekturfunktion (S1–S4) durch Interpolation zwischen dem ersten und dem zweiten Wert des Parameters erfolgt.

7. Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, mit  
 – einer Bereitstellungsvorrichtung, die zum Bereitstellen einer ersten Stützpunktkorrekturfunktion (S1) für eine erste Lautstärke eines bei Empfang eines Audiosignals durch den akustischen Wandler generierten Schallsignals und einer zweiten Stützpunktkorrekturfunktion (S2–S4) für eine zweite Lautstärke ausgebildet ist;  
 – einer Korrekturfunktionsbestimmungsvorrichtung, die zum Bestimmen einer Korrekturfunktion in Abhängigkeit von einer vorgebbaren Lautstärke eines bei Empfang des Audiosignals durch den akustischen Wandler generierten Schallsignals durch Interpolati-

on zwischen der ersten und der zweiten Stützkorrekturfunktion (S1–S4) ausgebildet ist; und  
– einer Eingangssignalveränderungseinrichtung, die ausgebildet ist, zum Erzeugen des Audiosignals ein Eingangssignal durch Anwenden der Korrekturfunktion auf das Eingangssignal zu verändern.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eingangssignalveränderungseinrichtung nach Art eines dynamischen Equalizers, Kompressors oder Begrenzers ausgebildet ist.

9. Audioanordnung mit einem akustischen Wandler und einer Vorrichtung gemäß Anspruch 7.

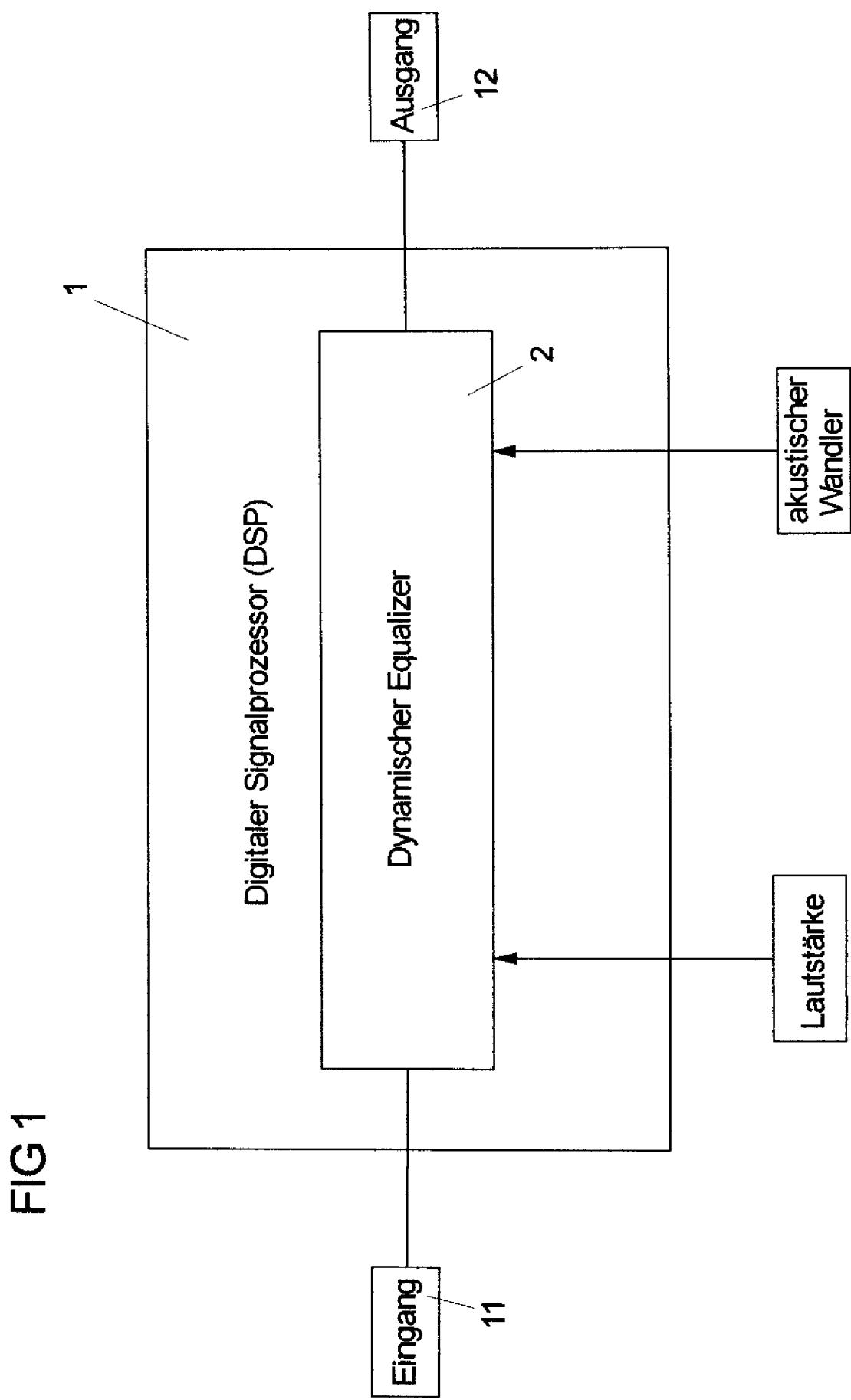
10. Audioanordnung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass

– der akustische Wandler ausgebildet ist, eine Kennung an die Vorrichtung (1) zu übermitteln; und  
– die Vorrichtung (1) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von der Kennung des akustischen Wandlers mindestens eine frequenzabhängige Korrekturfunktion aus einer Datenbank abzurufen und die Korrekturfunktion zum Erzeugen des Audiosignals auf das Eingangssignal anzuwenden.

11. Audioanordnung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der akustische Wandler ein Lautsprecher oder ein Kopfhörer ist.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



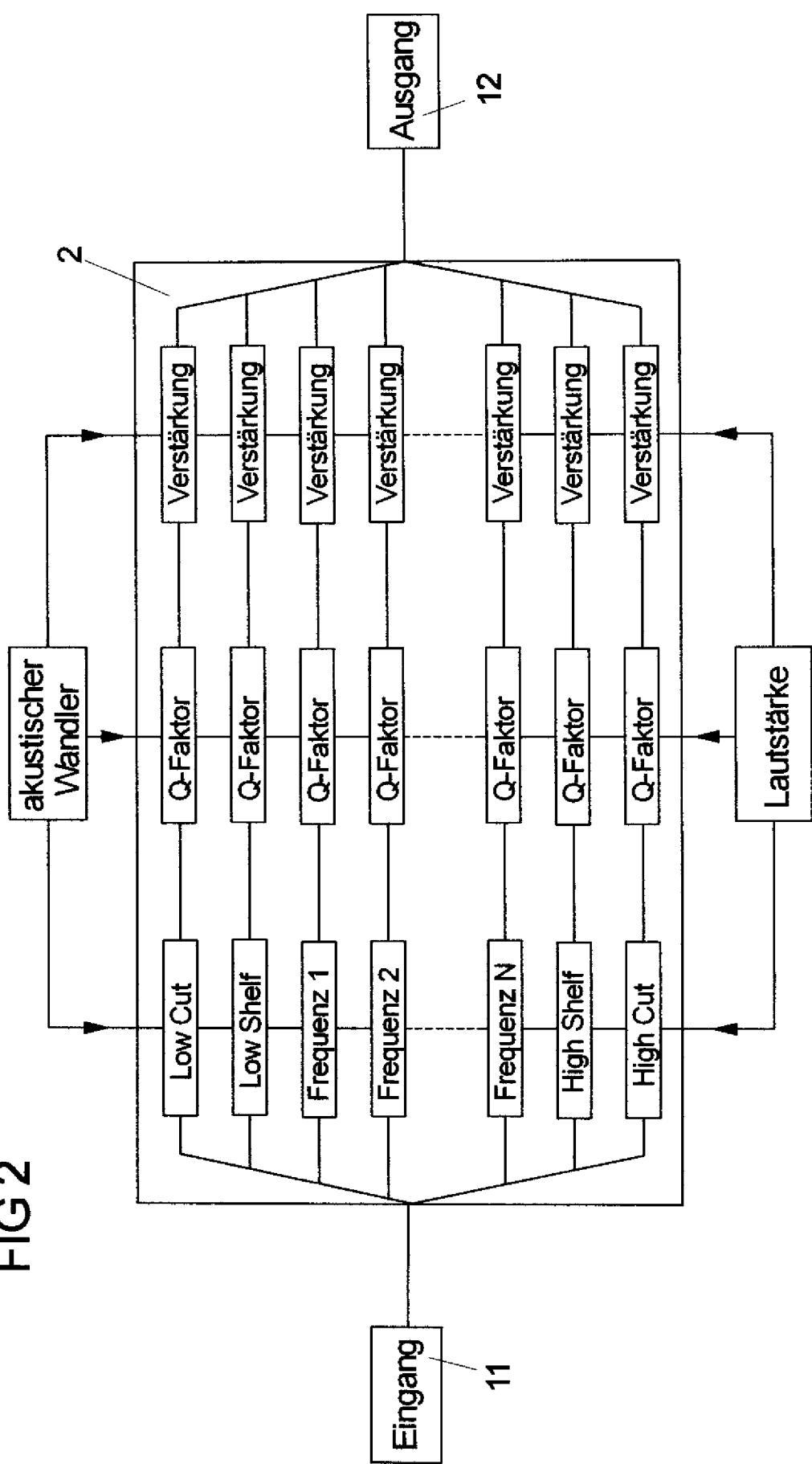
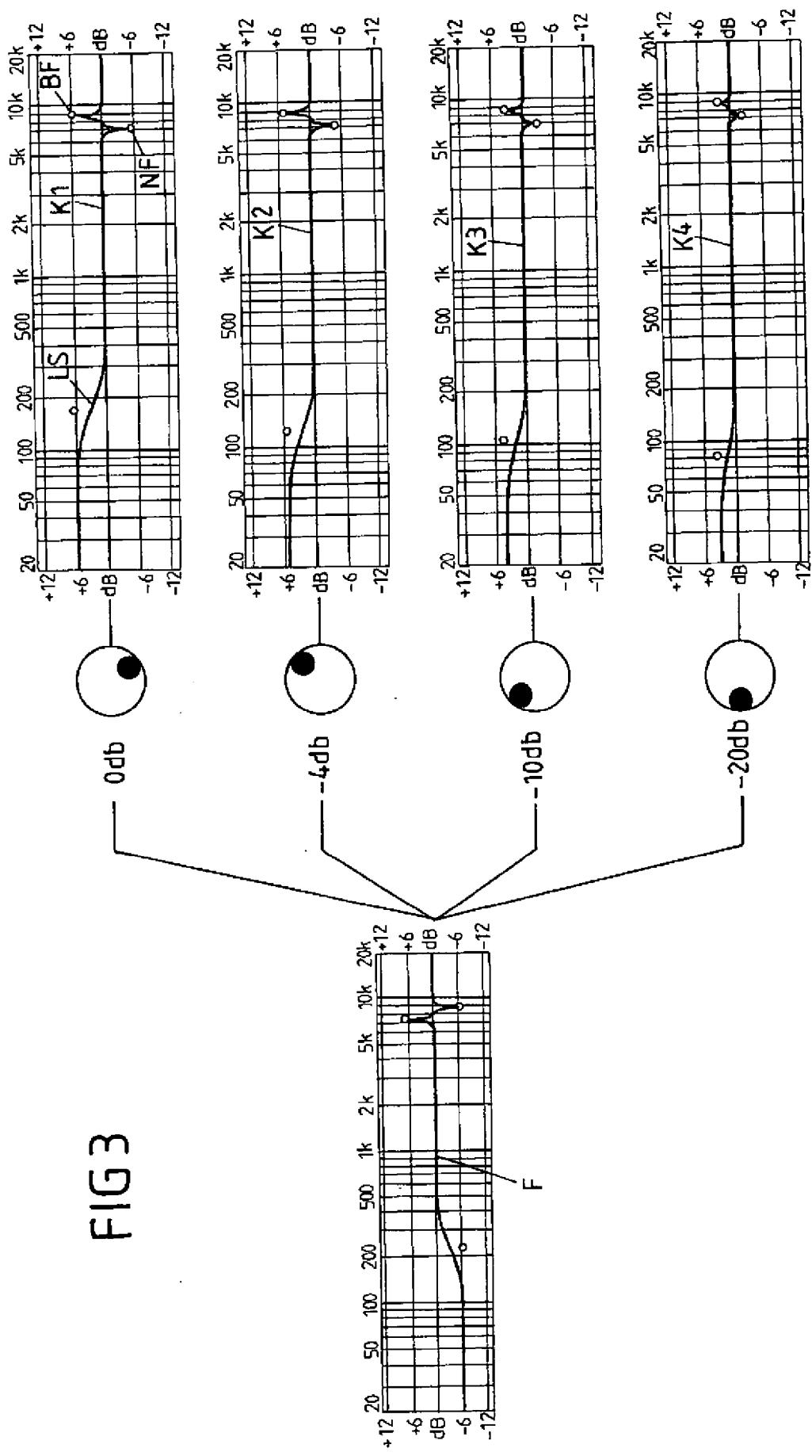
**FIG 2**

FIG 3



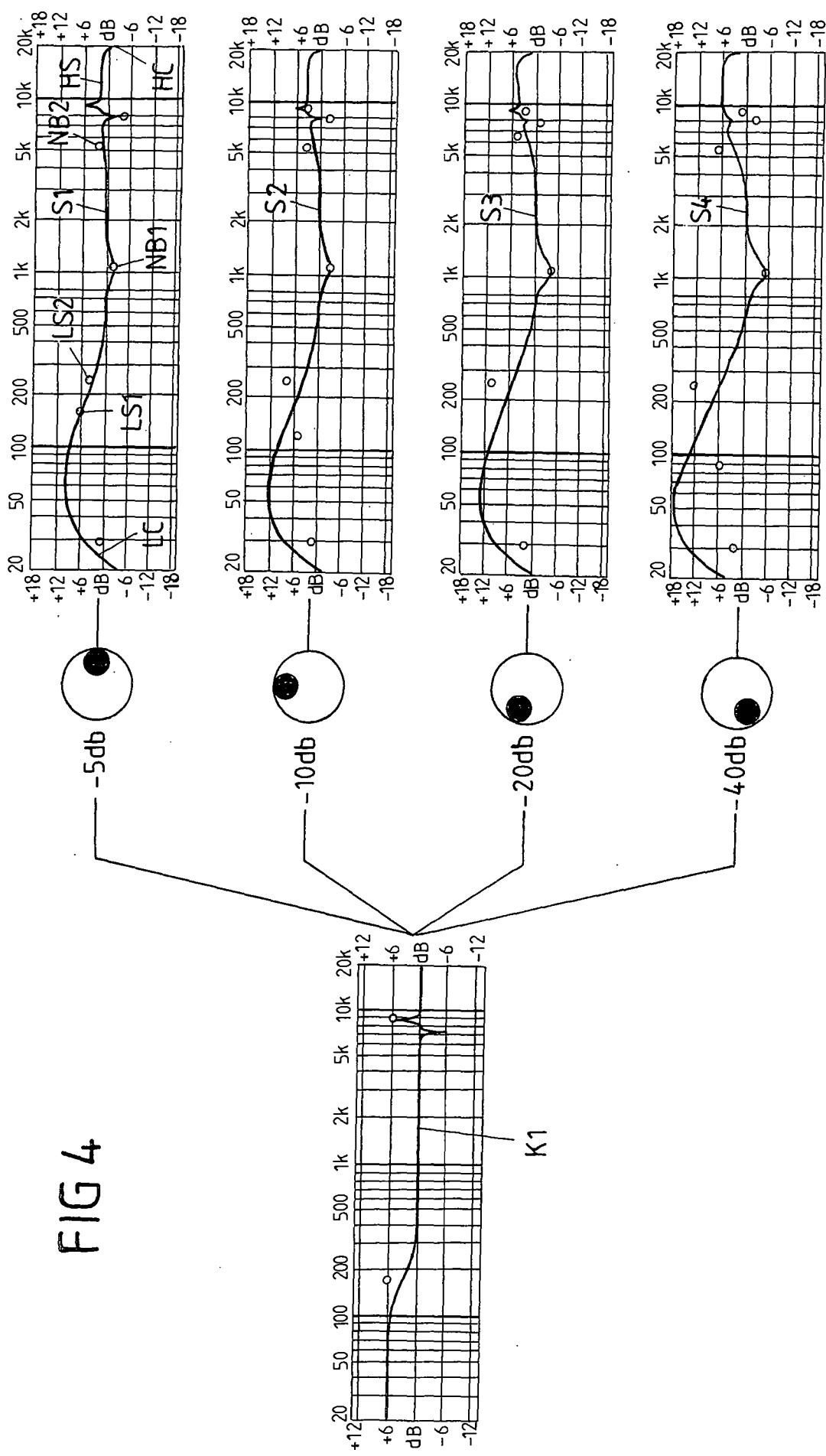


FIG 4

FIG 5

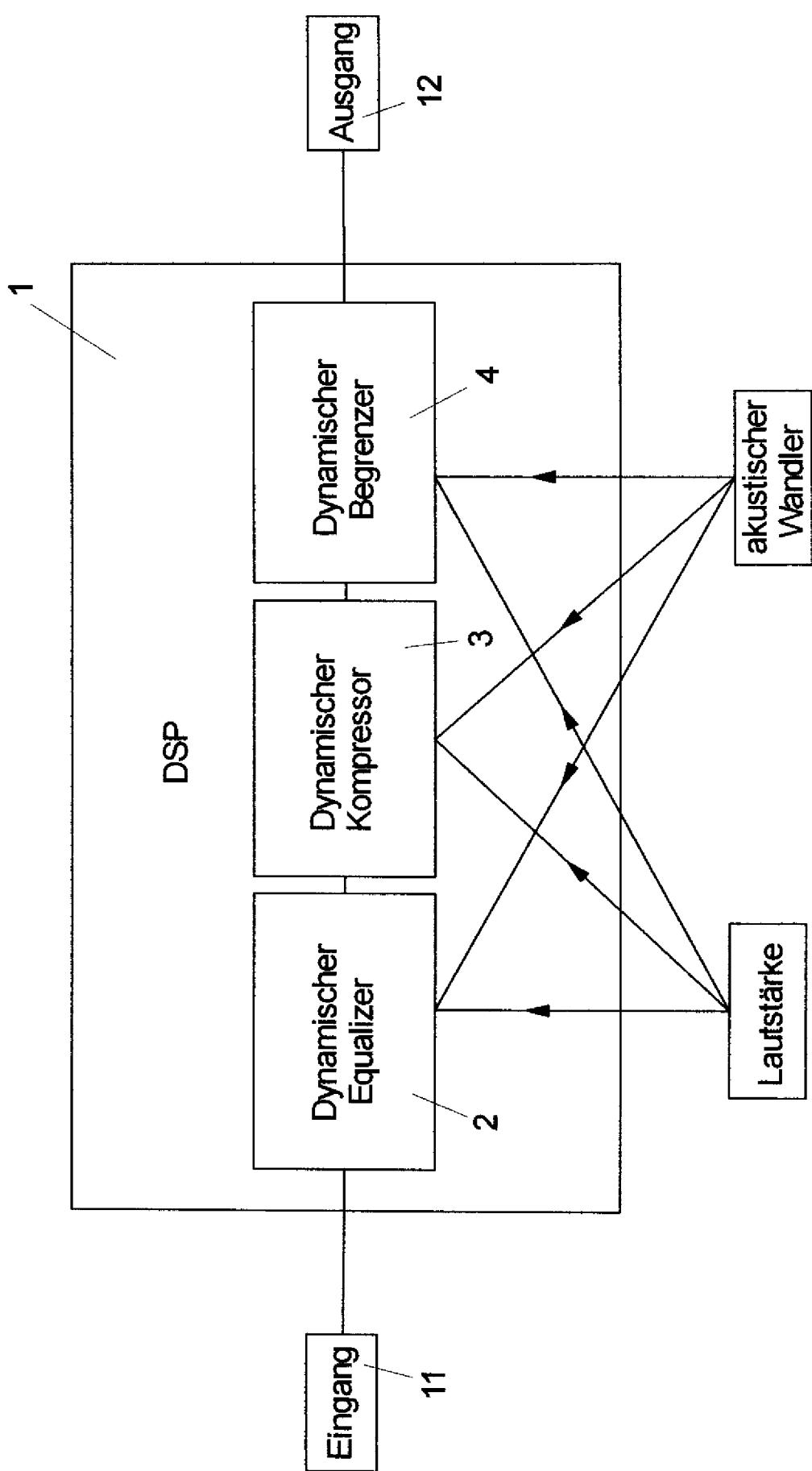


FIG 6

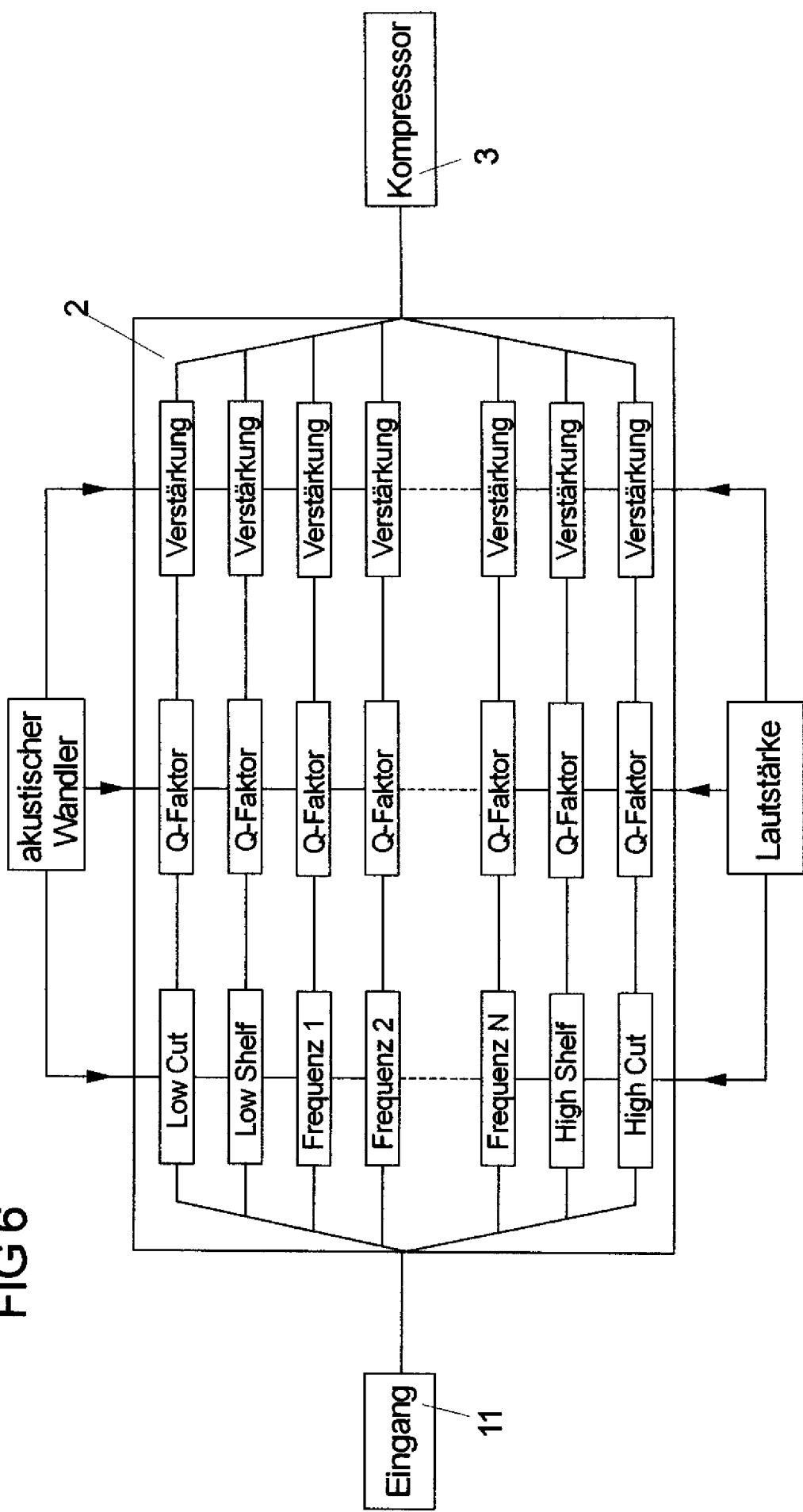


FIG 7

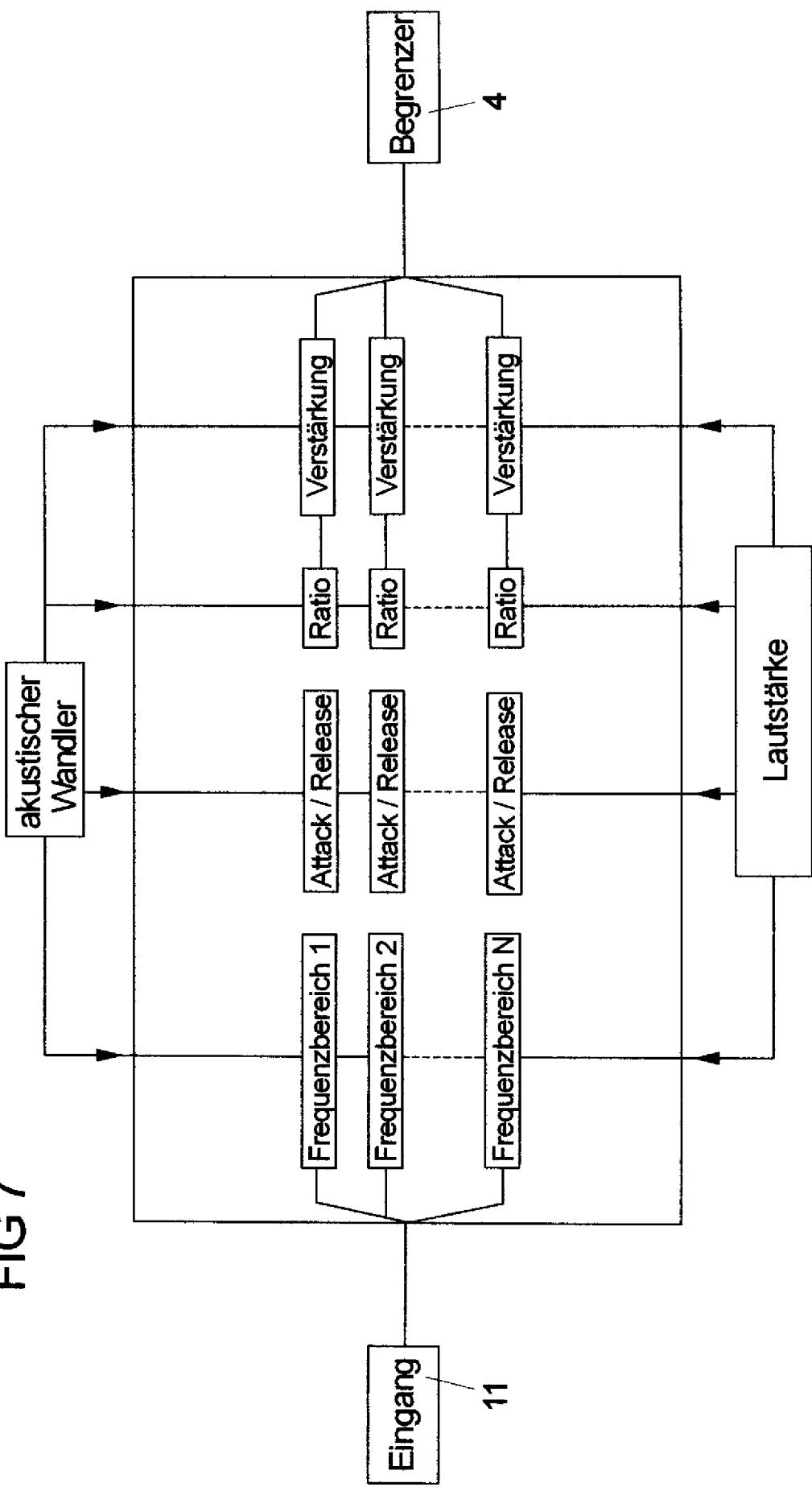


FIG 8

