

(19)



(11)

EP 1 883 064 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.01.2008 Patentblatt 2008/05

(51) Int Cl.:
G10H 1/06 ^(2006.01) **G10H 1/16** ^(2006.01)
G10H 3/18 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07014781.4**

(22) Anmeldetag: **27.07.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **29.07.2006 DE 102006035188**

(71) Anmelder: **Kemper, Christoph
44791 Bochum (DE)**

(72) Erfinder: **Kemper, Christoph
44791 Bochum (DE)**

(74) Vertreter: **Klickow, Hans-Henning
Patentanwälte
Hansmann-Klickow-Hansmann
Jessenstrasse 4
22767 Hamburg (DE)**

(54) **Musikinstrument mit Klangwandler**

(57) Das Musikinstrument weist einen Klangwandler auf, der ein von mindestens einem Resonator erzeugtes Anregungssignal in ein Klangsignal transformiert. Der Klangwandler ist mit einem einstellbaren Schwingungs-

profil versehen, bei dem mindestens ein Profilparameter durch ein Referenzprofil eines Referenzinstrumentes definiert ist.

EP 1 883 064 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Musikinstrument mit einem Klangwandler, der ein von mindestens einem Resonator erzeugtes Anregungssignal in ein Klangsignal transformiert, und bei dem der Klangwandler mit einem einstellbaren Schwingungsprofil versehen ist, bei dem mindestens ein Profilparameter durch ein Referenzprofil eines Referenzinstrumentes definiert ist.

[0002] Die Klangerzeugung eines Musikinstrumentes erfolgt in der Regel durch das Zusammenwirken von drei Einzelkomponenten. Zunächst erfolgt eine Anregung, mit der eine Anregungsenergie in das Instrument eingegeben wird. Dies kann beispielsweise der Bogen einer Geige, der Hammer eines Klaviers oder das Mundstück sowie das Blättchen eines Saxophons sein. Eine weitere Komponente betrifft das Vorhandensein von einem oder mehreren Resonatoren, welche die Grundfrequenz der einzelnen Töne bestimmen. Die Resonatoren können konstante oder variable Eigenschaften besitzen. Resonatoren sind beispielsweise die Saiten einer Geige oder einer Gitarre bzw. die variable Luftsäule eines Saxophons. Die in den Resonator eingeleitete Anregungsenergie führt gemeinsam mit dem anregendem Element und dem Resonator zur Klangerzeugung.

[0003] Als dritte Komponente wirkt an der Klangerzeugung ein Schallwandler bzw. Resonanzkörper mit, der die vom Instrument bereitgestellte Schwingungsenergie in Schallpegel in der umgebenden Luft transformiert und die Schwingungsenergie hierdurch mit möglichst hohem Wirkungsgrad vom Instrument in die Luft transportiert. Derartige Resonanzkörper sind beispielsweise der Körper einer Geige, der Trichter eines Saxophons, der Tonabnehmer einer elektrischen Gitarre oder der Lautsprecher eines Gitarrenverstärkers.

[0004] Der Schallwandler bzw. der Resonanzkörper stellt in der Regel einen akustischen oder elektroakustischen Impedanzwandler dar und wird typischerweise derart entworfen, um eine hohe wahrnehmbare Lautstärke des Instrumentes zu erreichen. Darüber hinaus erfüllt der Schallwandler oder Resonanzkörper die Aufgabe, das Frequenzspektrum des Instrumentes zu formen, um hierdurch einen angenehmen und charaktervollen Klang des Instrumentes zu erzeugen.

[0005] Der durch den Resonanzkörper beeinflusste Klangcharakter bestimmt wesentlich die wahrgenommene Qualität eines Musikinstrumentes und somit auch die Qualität eines musikalischen Vortrages. Die akustischen Eigenschaften des Schallwandlers werden sowohl durch dessen Geometrie als auch durch die verwendeten Materialien bestimmt.

[0006] In akustischer Hinsicht wird der individuelle Klangcharakter eines Instrumentes durch die sogenannten Formanten bestimmt. Diese Formanten sind schmalbandige Anhebungen im Frequenzspektrum und in der Regel unabhängig von der gespielten Tonhöhe. Das menschliche Ohr reagiert sehr sensibel auf Basis einer Mustererkennung auf diese Formanten, so daß auch mu-

sikalisch ungeschulte Menschen beispielsweise in einfacher Weise den Klang einer Violine vom Klang einer Bratsche unterscheiden können, obwohl sich die Instrumente im wesentlichen nur durch die Größe ihres Klangkörpers unterscheiden.

[0007] Aufgrund einer Vielzahl von physikalischen Parametern, die das Klangbild eines bestimmten Schallwandlers oder des Resonanzkörpers bestimmen, erweist es sich in der Regel als äußerst aufwendig, einen Resonanzkörper mit einem exakt vorgegebenen Klangprofil zu versehen. Ein weiteres wesentliches Problem besteht dann, wenn eine größere Anzahl von Resonanzkörpern mit im wesentlichen gleichen vorgegebenen Klangbildern produziert werden soll.

[0008] Aus der DE 103 92 940 T5 ist es bekannt, ein von einem Schallwandler eines Musikinstrumentes generiertes Schallsignal zu modifizieren. Der Schallwandler ist mit einem einstellbaren Schwingungsprofil versehen. Eine Modifizierung des Schwingungssignals erfolgt unter Verwendung eines Signalprozessors.

[0009] Die US 2005/0045027 A1 beschreibt einen variablen Speicher für zu generierende Frequenzgänge, um den Klang eines Musikinstrumentes an andere vorgegebene Instrumente anzupassen. Entsprechende gespeicherte Frequenzgänge werden abgerufen und im Rahmen einer Steuerung verarbeitet.

[0010] In der US 6,740,805 B2 wird ein Verfahren zur Ausstrahlung eines zuvor erfaßten und gespeicherten räumlichen Klangereignisses beschrieben. Das Klangereignis wird in einem ersten Schritt über mehrere im Raum verteilte Mikrofone aufgenommen und anschließend wird die Aufnahme ohne Einbeziehung eines weiteren Musikinstrumentes wiedergegeben.

[0011] Aus der DE 20 2004 008 347 U1 ist ein Verfahren zur algorithmischen Erzeugung von Melodien unter Berücksichtigung äußerer Einflußfaktoren bekannt.

[0012] In der US 5,578,548 A wird ein verarbeitungsverfahren beschrieben, um den Frequenzgang eines Klangkörpers eines Musikinstrumentes und den Frequenzgang einer Anregung des Resonators zusammenzufassen. Durch die Zusammenfassung können die benötigte Prozessorleistung und die Speicherkapazität vermindert werden.

[0013] Aus der US 6,392,135 B1 ist ein virtuelles Musikinstrument bekannt, das abgespeichertes Klangmaterial in adaptierbarer Art und Weise wiedergeben kann.

[0014] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Musikinstrument der einleitend genannten Art derart zu gestalten, daß die Erzeugung eines vorgegebenen Klangbildes unterstützt wird.

[0015] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Referenzprofil durch die meßtechnische Erfassung des Klanges des Referenzinstrumentes generiert ist und daß der Klangwandler als Teil eines Regelkreises zur Auswertung einer Differenz zwischen dem Referenzprofil und einem Eigenprofil des Klangwandlers ausgebildet ist.

[0016] Durch die Ausbildung des Klangwandlers mit

einem einstellbaren Schwingungsprofil und durch die Parametrisierung dieses Schwingungsprofils in Abhängigkeit vom Referenzprofil eines Referenzinstrumentes ist es möglich, das Referenzprofil eines beliebig auszuwählenden Referenzinstrumentes nachzubilden. Es ist somit möglich, das Klangbild des Klangwandlers weitgehend an das Klangbild des Referenzinstrumentes anzunähern. Insbesondere ist es auch möglich, eine große Anzahl von Klangwandlern mit gleichen und vom Referenzprofil des Referenzinstrumentes bestimmten Klangbildern zu produzieren. Insbesondere ist daran gedacht, daß der Klangwandler als Schallwandler ein akustisches Schallsignal generiert.

[0017] Eine Realisierung des Klangwandlers erfolgt typischerweise derart, daß der Klangwandler als ein Resonanzkörper ausgebildet ist.

[0018] Eine Ausführungsform steht darin, daß der Schallwandler als ein akustischer Resonanzkörper ausgebildet ist.

[0019] Darüber hinaus ist auch daran gedacht, daß der Klangwandler als ein elektroakustischer Resonanzkörper ausgebildet ist.

[0020] Zur Bereitstellung eines charakteristischen Referenzprofils wird vorgeschlagen, daß das Referenzprofil durch während eines vorgebbaren Zeitintervalles erfolgende Mittelwertbildung bestimmt ist.

[0021] Eine aussagefähige Abspeicherung eines Klangbildes kann dadurch erfolgen, daß das Referenzprofil durch den Frequenzgang des Referenzinstrumentes definiert ist.

[0022] Insbesondere wird eine genaue Definition des Klangbildes dadurch unterstützt, daß das Referenzprofil eine statistische Verteilung von Tonhöhen und Lautstärken definiert.

[0023] Eine unmittelbare Erfassung eines Referenzprofils kann dadurch erfolgen, daß das Referenzprofil durch Auswertung von zum Auswertungszeitpunkt gespielter Musik definiert ist.

[0024] Auf eine gegenständliche Anwesenheit des Referenzinstrumentes kann dadurch verzichtet werden, daß das Referenzprofil durch Auswertung von aufgezeichneter Musik definiert ist.

[0025] Eine adaptive Frequenzganganpassung des Klangwandlers wird dadurch unterstützt, daß eine Meßeinrichtung zur Messung eines Frequenzganges des Klangwandlers mit dem Klangwandler gekoppelt ist.

[0026] Eine konkrete Realisierung der Parametrisierung erfolgt dadurch, daß der Klangwandler mindestens ein adaptives Element zur Frequenzganganpassung aufweist.

[0027] Eine genaue Adaption des Eigenprofils an das Referenzprofil kann dadurch erfolgen, daß der Klangwandler als Teil eines Regelkreises zur Auswertung einer Differenz zwischen dem Referenzprofil und einem Eigenprofil des Klangwandlers ausgebildet ist.

[0028] Eine individuelle Beeinflußbarkeit wird dadurch erreicht, daß eine Parametrisierung des Klangwandlers manuell beeinflussbar ist.

[0029] In den Zeichnungen sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung zur Erzeugung, Erfassung und Verwendung eines Referenzprofils zur Parametrisierung eines Klangwandlers,

Fig. 2 eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung einer Veränderung eines Eigenprofils eines Klangwandlers unter Berücksichtigung eines Referenzprofils und

Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung einer Ausführungsvariante, bei der die Übertragungscharakteristik eines Klangwandlers an die Übertragungscharakteristik eines Referenzklangwandlers angepaßt wird.

[0030] Fig. 1 zeigt in einer schematischen Blockschaltbilddarstellung die Erzeugung, Abspeicherung und Verwendung eines Referenzprofils (1). Von einem Referenzinstrument (2), das aus einem Klangerzeuger (3) und einem Referenzschallwandler (4) ausgebildet ist, wird unmittelbar oder unter Verwendung eines Lautsprechers (5) ein Referenzklang generiert, der von einem Mikrofon (6) erfaßt wird. Das Mikrofon (6) ist an einen Referenzspeicher (7) angeschlossen, der eine Abspeicherung des Referenzprofils ermöglicht. Der Referenzspeicher (7) ist mit einer Signalverarbeitung (8) gekoppelt, die insbesondere eine statistische Auswertung des vom Mikrofon (6) erfaßten Klangbildes unterstützt.

[0031] Eine Erfassung des Referenzprofils (1) kann beispielsweise derart erfolgen, daß ein hinreichend langer musikalischer Vortrag auf einem spezifischen Referenzinstrument (2) erfaßt und unter Verwendung der Signalverarbeitung (8) statistisch hinsichtlich des charakteristischen Frequenzganges des Referenzinstrumentes (2) bzw. dessen Referenzschallwandlers (4) ausgewertet wird. Die Signalverarbeitung (8) kann eine Mittelwertbildung umfassen.

[0032] Durch die Signalverarbeitung (8) wird nicht nur ein Frequenzgang des Referenzschallwandlers (4) ermittelt, sondern es wird zusätzlich auch der Frequenzgang der Klangerzeugung analysiert und erfaßt. Das Ergebnis der statistischen Auswertung ist somit auch abhängig von der Art des musikalischen Vortrages und insbesondere von der statistischen Verteilung der gespielten Tonhöhen und deren Lautstärke. Ein typisches Referenzprofil beinhaltet somit für einzelne Frequenzanteile die jeweiligen Amplitudenwerte bzw. die relativen Amplitudenanteile an der gesamten Signalamplitude. Eine Quantisierung des Frequenzverlaufes erfolgt mit einer ausreichend feinen Unterteilung.

[0033] Durch die Kopplung des Mikrofons (6) an den Referenzspeicher (7) bzw. die Signalverarbeitung (8) ist es nicht erforderlich, daß das Referenzinstrument ge-

genständlich bei der Durchführung der Signalverarbeitung anwesend ist. Eine Audioaufnahme des Klangbildes des Referenzinstrumentes (2) erweist sich als ausreichend. Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist insbesondere auch daran gedacht, im Bereich des Referenzspeichers (7) mehrere unterschiedliche Referenzprofile (1) abzulegen. Ein Nutzer kann somit zwischen mehreren Referenzprofilen (1) auswählen.

[0034] Gemäß der Ausführungsform in Fig. 1 weist das erfindungsgemäße Musikinstrument (9) einen Klangerzeuger (10) auf, der mit einem Schallwandler (11) gekoppelt ist. Der Schallwandler (11) generiert ein akustisches Signal, das unmittelbar oder unter Verwendung eines Lautsprechers (12) einer Umgebung zugeführt wird. Ein aktuelles Eigenprofil (13) des Schallwandlers (11) wird einer Differenzbildung (14) zugeführt, die als zweite Eingangsgröße das Referenzprofil (1) auswertet. Das von der Differenzbildung (14) bereitgestellte Ausgangssignal wird unter Berücksichtigung einer Verstärkung (15) dem Schallwandler (11) zugeführt und parametrisiert hier dessen konkret vorliegendes Klangbild.

[0035] Für den Fall, daß die Differenzbildung (14) als Ausgangssignal den Wert Null liefert, hat der Schallwandler (11) sein Klangbild derart variiert, daß das aktuelle Eigenprofil gleich dem vorgegebenen Referenzprofil (1) ist. Der Schallwandler (11) ist typischerweise derart ausgebildet, daß er ein variables und parametrisierbares Klangbild aufweist und den Frequenzgang seines Ausgangssignals noch während des musikalischen Vortrags kontinuierlich mißt. Der Schallwandler (11) ermittelt somit automatisch sein Eigenprofil (13) zeitgleich zur Generierung des musikalischen Vortrages.

[0036] Durch einen permanenten oder zyklischen Vergleich des Eigenprofils (13) mit dem Referenzprofil (1) erfolgt eine Veränderung des variablen Schallwandlers (11) derart, daß die Differenzen zwischen dem Eigenprofil (13) und dem Referenzprofil (1) minimiert werden. Das Musikinstrument (9) nimmt somit durch die Parametrisierung seines Schallwandlers (11) adaptiv das Klangbild des Referenzinstrumentes (2) an.

[0037] Die Frequenzganganpassung des Musikinstrumentes (9) kann automatisch oder interaktiv mit einem Benutzer erfolgen. Insbesondere ist es möglich, eine manuelle Beeinflussung des Adaptionvorganges derart durchzuführen, daß der Nutzer die Frequenzganganpassung durch die Art seines musikalischen Vortrags interaktiv steuern kann. Insbesondere kann der Musiker durch die statistische Wahl der Tonhöhen und Lautstärken die Annäherung an das Referenzprofil (1) steuern.

[0038] Darüber hinaus ist es möglich, daß der Musiker in künstlerischer Absicht durch ein bewußtes andersartiges Spiel des zu parametrisierenden Musikinstrumentes (9) das Verhalten des Schallwandlers (11) vom Referenzprofil (1) wegführt, um hierdurch ein individuelles Klangbild zu generieren.

[0039] Die vorstehenden Erläuterungen zur Konstruktion des Schallwandlers (11) und der zugeordneten Funktionskomponenten in Kombination mit dem Musik-

instrument gelten in gleicher Weise auch bei einer gerätetechnischen Realisierung ohne Zuordnung zu einem Musikinstrument und auch ohne gleichzeitige Generierung eines akustischen Schallsignals. Der durch die Rückkopplung bereitgestellte Regelkreis umfaßt gemäß der Ausführungsform in Fig. 1 den Luftweg zwischen dem Lautsprecher (12) und dem Mikrofon (6).

[0040] Fig. 2 veranschaulicht einen Ablauf, bei dem das Referenzprofil (1) unter Verwendung einer Audioaufnahme generiert wird, das beispielsweise auf einer Kassette (16) abgespeichert ist. Der verfahrensablauf entspricht im wesentlichen der Darstellung in Fig. 1, zusätzlich ist ein Ohr (17) eines Benutzers bzw. eines Hörers dargestellt. Es können auch in anderer Art und Weise abgespeicherte Referenzprofile (1) verwendet werden.

[0041] Alternativ zu einer direkten Generierung eines akustischen Schallsignals durch den Schallwandler (11) ist es auch möglich, daß der Schallwandler (11) ein elektrisches oder sonstiges Ausgangssignal generiert, das erst in einem weiteren Verarbeitungsschritt zeitgleich oder zeitlich versetzt in ein akustisches Schallsignal umgewandelt wird. Beispielsweise kann das unmittelbare Ausgangssignal des im weiteren allgemein als Klangwandler bezeichneten Schallwandlers (11) zunächst aufgezeichnet und nach einer entsprechenden Abspeicherung zu einem späteren Zeitpunkt in hörbaren Schall transformiert wird.

[0042] Der Klangwandler (11) kann auch als digitale oder analoge Schaltung realisiert sein, deren Ausgangssignal einem Verstärker oder unmittelbar einem Lautsprecher oder einem andersartigen Schallgenerator zugeführt wird. Bei einer digitalen Realisierung des Klangwandlers (11) ist insbesondere auch daran gedacht, die Signalverarbeitung unter Anwendung einer Fouriertransformation durchzuführen.

[0043] In einer weiteren Ausführungsform kann der Klangwandler (11) als ein adaptiver Filter realisiert sein. Gemäß der Ausführungsform in Fig. 2 ist es nicht zwingend erforderlich, daß ein akustischer Luftweg als Übertragungsstrecke in den bereitgestellten Regelkreis einbezogen wird.

[0044] Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform, bei der der Klangerzeuger (10) des Musikinstrumentes (9) sein Ausgangssignal sowohl dem Schallwandler (11) als auch dem Referenzschallwandler (4) zuführt. Das Ausgangssignal des Schallwandlers (11) wird wiederum über das Eigenprofil (13), die Differenzbildung (14) und eine einstellbare Verstärkung (15) zurückgeführt. Auf die Differenzbildung (14) wird ebenfalls das Ausgangssignal des Referenzschallwandlers (4) unter Zwischenschaltung des Referenzspeichers (7) und der Signalverarbeitung (8) geführt. Das Übertragungsprofil des Schallwandlers (11) kann hierdurch an das Übertragungsprofil des Referenzschallwandlers (4) angepaßt werden. Insbesondere kann hierdurch erreicht werden, daß ein gerätetechnisch vergleichsweise preiswert aufgebauter Schallwandler (11) hinsichtlich seines Übertragungsverhaltens an das Übertragungsverhalten eines hochwertigen Referenz-

schallwandlers (4) angepaßt wird.

[0045] Die Adaption des Übertragungsverhaltens des Schallwandlers (11) gemäß der Ausführungsform in Fig. 3 kann bei einer zeitgleichen Zuführung des Ausgangssignals des Klangerzeugers (10) sowohl zum Referenzschallwandler (4) als auch zum Schallwandler (11) erfolgen, es ist aber auch möglich, zeitlich versetzt zunächst unter Verwendung des Referenzschallwandlers (4) das Referenzprofil (1) abzuspeichern und zu zeitlich späteren Prozeßschritten eine Adaption einer beliebigen Anzahl von Schallwandlern (11) an das Referenzprofil (1) durchzuführen. Das Verfahren eignet sich somit auch zur Durchführung einer Serienproduktion. Die Serienproduktion kann sowohl durch eine für jedes Gerät vorgenommenen individuelle Adaption als auch unter Verwendung eines einmalig ermittelten Adaptionsprofils erfolgen, das abgespeichert und für jedes zu adaptierende Gerät identisch verwendet wird.

[0046] Vorangehend war der verwendete Klangwandler (11) bevorzugt als Schallwandler erläutert. Die tatsächliche Schallerzeugung und/oder die Verarbeitung eines ursprünglich als Schallsignal vorliegenden Eingangssignales stellt jedoch keinen unverzichtbaren Teil der Erfindung dar. Vielmehr ist der erläuterte Schallwandler lediglich eine Ausführungsform des Klangwandlers. Der Klangwandler kann darüber hinaus als Lautsprecher, linearer oder nicht linearer Verstärker, Gitarrenverstärker, Prozessor oder Audioeffekt-Prozessor ausgeführt sein. Die Realisierung kann wahlweise analog, digital oder teilweise analog und teilweise digital erfolgen. Verwendung als Klangwandler können auch Signalprozessoren finden.

[0047] Das ausgewertete Referenzklangprofil kann auf akustischem Wege über den bereits erläuterten Referenzschallwandler (4) ermittelt werden, es ist aber auch eine rein elektronische Verarbeitung denkbar. Bei der Auswertung eines Klangprofils eines tatsächlichen Instrumentes ist es möglich, den bereits erwähnten musikalischen Vortrag auf diesem Instrument auszuwerten, es ist aber auch möglich, das Instrument gezielt mechanisch oder elektrisch einer Anregungsfunktion zu unterwerfen und das entsprechende Ausgangssignal zu analysieren. Es werden hierbei nicht zwangsläufig im eigentlichen Sinne musikalische Klänge generiert, sondern die Klangerzeugung kann in Abhängigkeit von Testsignalen bzw. Testanregungen erfolgen.

[0048] Der erfindungsgemäße Klangwandler und der Referenz-Klangwandler sind nicht notwendigerweise ein untrennbarer Teil eines Musikinstruments und können zur Durchführung der erfindungsgemäßen Messungen sowohl mit einem Musikinstrument als auch mit einem andersartigen analytischen, breitbandigen Signal angelegt werden.

[0049] Alternativ oder ergänzend können auch Klangwandler bzw. Schallwandler oder Resonanzkörper verwendet werden, welche eine nichtlineare Übertragungsfunktion haben. Der Unterschied zu linearen Klangwandlern besteht darin, dass das generierte Spektrum des

Klangwandlers abhängig von der Amplitude des Eingangssignals ist. Zudem erzeugt ein polyphones Musikinstrument im nichtlinearen Klangwandler Intermodulationen bzw. Verzerrungen und Obertöne.

[0050] Diese Nichtlinearitäten sind oftmals gewollt und werden als Teil des Klangcharakters des Schallwandlers betrachtet. Ein Beispiel ist ein Gitarrenverstärker oder ein Lautsprecher, oder die Kombination aus beidem. Der Verstärker wird oftmals im nichtlinearen Bereich betrieben, in dem der Schallwandler (der Lautsprecher) durch seine hohe Energieaufnahme Verzerrungen in der Verstärkerentstufe erzeugt. Auch der Lautsprecher selbst erzeugt einen hohen Klirrfaktor, da bei großen Signalauslenkungen die dämpfende Membranaufhängung außerhalb ihres linearen Bereichs gerät.

[0051] Auch andere z.T. historische Klangprozessoren wie analoge Equalizer können hier herangezogen werden. Sie erzeugen Nichtlinearitäten, die sich neben der Frequenzgangsänderung positiv auf den Klang auswirken.

[0052] Typische Nichtlinearitäten begrenzen die Signalamplitude nach oben oder unten. Dieses erfolgt je nach Kennlinie mehr oder weniger sanft. Kleine Amplituden bleiben hingegen nahezu linear und unkomprimiert.

[0053] Es zeigt sich, dass ein nichtlinearer Klangwandler in drei Komponenten zerlegt werden kann: Die reine Nichtlinearität, und die Frequenzgänge vor und nach dieser Nichtlinearität.

[0054] Bei großen Signalpegeln bestimmt der eingangsseitige Frequenzgang vor allem den Charakter der Verzerrung und der Intermodulationen. Der ausgangsseitige Frequenzgang hingegen erzeugt die charakteristischen Formanten des Klangwandlers. Bei kleinen Signalpegeln hat die Nichtlinearität keine Signifikanz und kann vernachlässigt werden. Hier werden beide Frequenzgänge als ein einziger Frequenzgang wahrgenommen.

[0055] Aufbauend auf der Vorrichtung des adaptiven Klangwandlers soll nachfolgend eine Vorrichtung erläutert werden, welche beide Frequenzgänge eines nichtlinearen Referenz-Klangwandlers erfasst und auf einen adaptiven nichtlinearen Klangwandler appliziert.

[0056] Der erfindungsgemäße Klangwandler hat insbesondere zwei separate Schwingungsprofile mit einer zwischengeschalteten Nichtlinearität.

[0057] Vom Referenz-Klangwandler werden nun zwei Referenzprofile ermittelt:

- Ein Referenzprofil A bei geringem Eingangspegel. Hier spielt die Nichtlinearität der Referenz für den Frequenzgang keine Rolle. Dieses erste Profil repräsentiert die Multiplikation beider Frequenzgänge. Der Gesamtpegel wird durch die Verstärkung der Nichtlinearität um ihren Nullpunkt bestimmt.
- Ein zweites Referenzprofil B bei hohem Eingangspegel. Hier grenzt die Nichtlinearität beide Fre-

quenzgänge voneinander ab. Die nun entstehenden Intermodulationen und Obertöne werden ausschließlich von dem vorgelagerten Frequenzgang bestimmt. Das aus der Nichtlinearität resultierende Frequenzspektrum wird vom nachgelagerten Frequenzgang geformt. Der Gesamtpegel wird durch die absolute Amplitudenbegrenzung der Nichtlinearität bestimmt.

[0058] Der adaptive nichtlineare Klangwandler wird vorzugsweise in zwei Stufen dem Referenzklangwandler angepasst:

[0059] In der ersten Stufe wird der adaptive Klangwandler als linear angenommen mit einem Frequenzgang L. Bei geringem Eingangspegel wird dieser Frequenzgang L derart geregelt, dass sein Eigenprofil dem Referenzprofil A entspricht. Dieser

[0060] Vorgang entspricht exakt dem zuvor beschriebenen Regelkreis. Der ermittelte Frequenzgang L ist jedoch lediglich ein Zwischenergebnis: Er entspricht der Multiplikation der beiden Frequenzgänge vor und nach der Nichtlinearität. Der individuelle Verlauf der Frequenzgänge ist jedoch noch nicht bekannt.

[0061] In der zweiten Stufe wird der adaptive Klangwandler als die beschriebene Kombination zweier Frequenzgänge A und B mit einer dazwischen liegenden Nichtlinearität geschaltet. Bei hohem Eingangspegel wird der Frequenzgang B derart geregelt, dass sein Eigenprofil dem Referenzprofil B entspricht. Dieser Vorgang entspricht exakt dem zuvor beschriebenen Regelkreis.

[0062] Das Eigenprofil ist nun jedoch zusätzlich beeinflusst vom Frequenzgang A und der Nichtlinearität. Hier erfährt der Regelkreis seine zweite Rückkoppelung: während Frequenzgang B geregelt wird, wird Frequenzgang A gleichzeitig derart modifiziert, dass die Multiplikation von Frequenzgang A und B dem früher ermittelten Frequenzgang L entspricht.

[0063] Daher wird Frequenzgang A invers geregelt: Wird ein Spektralanteil von Frequenzgang B im Pegel angehoben, so wird der entsprechende Spektralanteil von Frequenzgang A im selben Maße abgesenkt. So bleibt der kombinierte serielle Frequenzgang L erhalten.

[0064] Auch Frequenzgang A hat trotz der nachgeschalteten Nichtlinearität einen Einfluss auf das Eigenprofil des Klangwandlers und somit auf die Regelung. Durch die komprimierende Wirkung der Nichtlinearität ist dieser Einfluss jedoch geringer als der Einfluss von Frequenzgang B. Das garantiert, dass der Regelungsprozess in keinem Punkt instabil oder indifferent verläuft.

[0065] Wenn in der zweiten Stufe über den Regelungsprozess die Differenz zwischen Referenzprofil B und dem Eigenprofil minimiert wurde, dann sind die Frequenzgänge A und B exakt angenähert.

[0066] Neben den Frequenzgängen A und B hat der Charakter der zwischengeschalteten Nichtlinearität einen entscheidenden Einfluss auf das dynamische Klangverhalten des Klangwandlers.

[0067] Die vorliegende Erfindung stützt sich im wesentlichen auf eine triviale Nichtlinearität, wie sie überall in der Natur vorkommt.

[0068] Die Bedingungen der trivialen Nichtlinearität sind:

- Ein quasilineares Verhalten bei geringer Amplitude
- Eine absolute Amplitudenbegrenzung oben und unten.
- Ein monotoner Kennlinienverlauf
- Keine Hysterese
- Kein Gedächtnis: Die Nichtlinearität liefert für dieselbe Eingangsgröße immer dieselbe Ausgangsgröße, unabhängig vom bisherigen Signalverlauf.

[0069] Die triviale Nichtlinearität weist zwei fundamentale Parameter auf: Die Verstärkung im quasilinearen Bereich und der Pegel der absoluten Amplitudenbegrenzung.

[0070] Diese beiden Parameter können im erfindungsgemäßen nichtlinearen Klangwandler frei gewählt werden. Sie werden durch die beschriebene zweistufige Ermittlung des Eigenprofils in den Frequenzgängen L bzw. A und B erfasst und über den Regelprozess kompensiert, da alle Frequenzgänge und Profile naturgemäß auch absolute Pegel-Verstärkungen bzw. Abschwächungen beinhalten.

[0071] Der kombinierte Frequenzgang L korrigiert somit die Verstärkung im quasilinearen Bereich. Der nachgeschaltete Frequenzgang B korrigiert den Pegel der absoluten Amplitudenbegrenzung der Nichtlinearität.

Patentansprüche

1. Musikinstrument mit einem Klangwandler, der ein von mindestens einem Resonator erzeugtes Anregungssignal in ein Klangsignal transformiert, und bei dem der Klangwandler mit einem einstellbaren Schwingungsprofil versehen ist, bei dem mindestens ein Profilparameter durch ein Referenzprofil eines Referenzinstrumentes definiert ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Referenzprofil (1) durch die meßtechnische Erfassung des Klanges des Referenzinstrumentes (2) generiert ist und daß der Klangwandler (11) als Teil eines Regelkreises zur Auswertung einer Differenz zwischen dem Referenzprofil (1) und einem Eigenprofil (13) des Klangwandlers (11) ausgebildet ist.
2. Musikinstrument nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Klangwandler (11) als ein Resonanzkörper ausgebildet ist.
3. Musikinstrument nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Klangwandler (11) als ein akustischer Resonanzkörper ausgebildet ist.

4. Musikinstrument nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Klangwandler (11) als ein elektroakustischer Resonanzkörper ausgebildet ist.
5. Musikinstrument nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Referenzprofil (1) durch während eines vorgebbaren Zeitintervalles erfolgende Mittelwertbildung bestimmt ist.
6. Musikinstrument nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Referenzprofil durch den Frequenzgang des Referenzinstrumentes (2) definiert ist.
7. Musikinstrument nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Referenzprofil (1) eine statistische Verteilung von Tonhöhen und Lautstärken definiert.
8. Musikinstrument nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Referenzprofil durch Auswertung von zum Auswertungszeitpunkt gespielter Musik definiert ist.
9. Musikinstrument nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Referenzprofil durch Auswertung von aufgezeichneter Musik definiert ist.
10. Musikinstrument nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Meßeinrichtung zur Messung eines Frequenzganges des Klangwandlers (11) mit dem Klangwandler (11) gekoppelt ist.
11. Musikinstrument nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Klangwandler (11) mindestens ein adaptives Element zur Frequenzganganpassung aufweist.
12. Musikinstrument nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Parametrisierung des Klangwandlers (11) manuell beeinflussbar ist.
13. Klangwandler, der ein von mindestens einem Resonator erzeugtes Anregungssignal in ein Klangsignal transformiert, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Klangwandler (11) mit einem einstellbaren Schwingungsprofil versehen ist, bei dem mindestens ein Profilparameter durch ein Referenzprofil (1) eines Referenzinstrumentes (2) derart definiert ist, daß das Referenzprofil (1) durch die meßtechnische Erfassung des Klanges des Referenzinstrumentes (2) generiert ist und daß der Klangwandler (11) als Teil eines Regelkreises zur Auswertung einer Differenz zwischen dem Referenzprofil (1) und einem Eigenprofil (13) des Klangwandlers (11) ausgebildet ist.
14. Klangwandler nach der Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Klangwandler (11) mindestens teilweise als eine digitale Schaltung ausgebildet ist.
15. Klangwandler nach einem der Ansprüche 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Klangwandler (11) eine Einrichtung zur Durchführung einer Fouriertransformation aufweist.
16. Klangwandler nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Klangwandler (11) als Teil eines digitalen Gitarrenverstärkers ausgebildet ist.
17. Klangwandler nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Musikinstrument mindestens aus dem Klangerzeuger (3), dem Schallwandler (4) und einem Verstärker ausgebildet ist.
18. Klangwandler nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Klangwandler (11) als ein adaptiver Filter ausgebildet ist.
19. Klangwandler nach einem der Ansprüche 13 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Ausbildung zur zeitlich gleichzeitigen Erfassung sowohl des Referenzprofils (1) als auch eines Eigenprofils vorgesehen ist.
20. Klangwandler nach einem der Ansprüche 13 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Klangcharakteristik eines bestimmten Musikinstrumentes zeitlich nacheinander zwei verschiedenen Verstärkern zugeführt wird und daß die Übertragungscharakteristik des Klangwandlers (11) an die Übertragungscharakteristik des Referenzklangwandlers (4) angepaßt wird.
21. Klangwandler nach einem der Ansprüche 13 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Übertragungscharakteristik mindestens teilweise nicht linear ist.
22. Klangwandler nach einem der Ansprüche 13 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Resonanzkörper eines zugeordneten Musikinstrumentes eine nicht lineare Übertragungsfunktion aufweist.
23. Klangwandler nach einem der Ansprüche 13 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Klangwandler (11) separate Schwingungsprofile mit einer zwischengeschalteten Nichtlinearität aufweist.
24. Klangwandler nach einem der Ansprüche 13 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Klangwandler (11) einem Referenzschallwandler zweistufig angepaßt ist.

25. Klangwandler nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Klangwandler (11) in einer ersten Stufe mit einer linearisierten Übertragungsfunktion einem Referenzprofil A angepaßt wird und in einer zweiten Stufe unter Berücksichtigung zweier Frequenzgänge A und B mit zwischengestalteter Nicht-linearität an ein Referenzprofil B angepaßt ist. 5
26. Klangwandler nach einem der Ansprüche 13 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Klangwandler (11) als Teil eines Musikinstrumentes ausgebildet ist. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

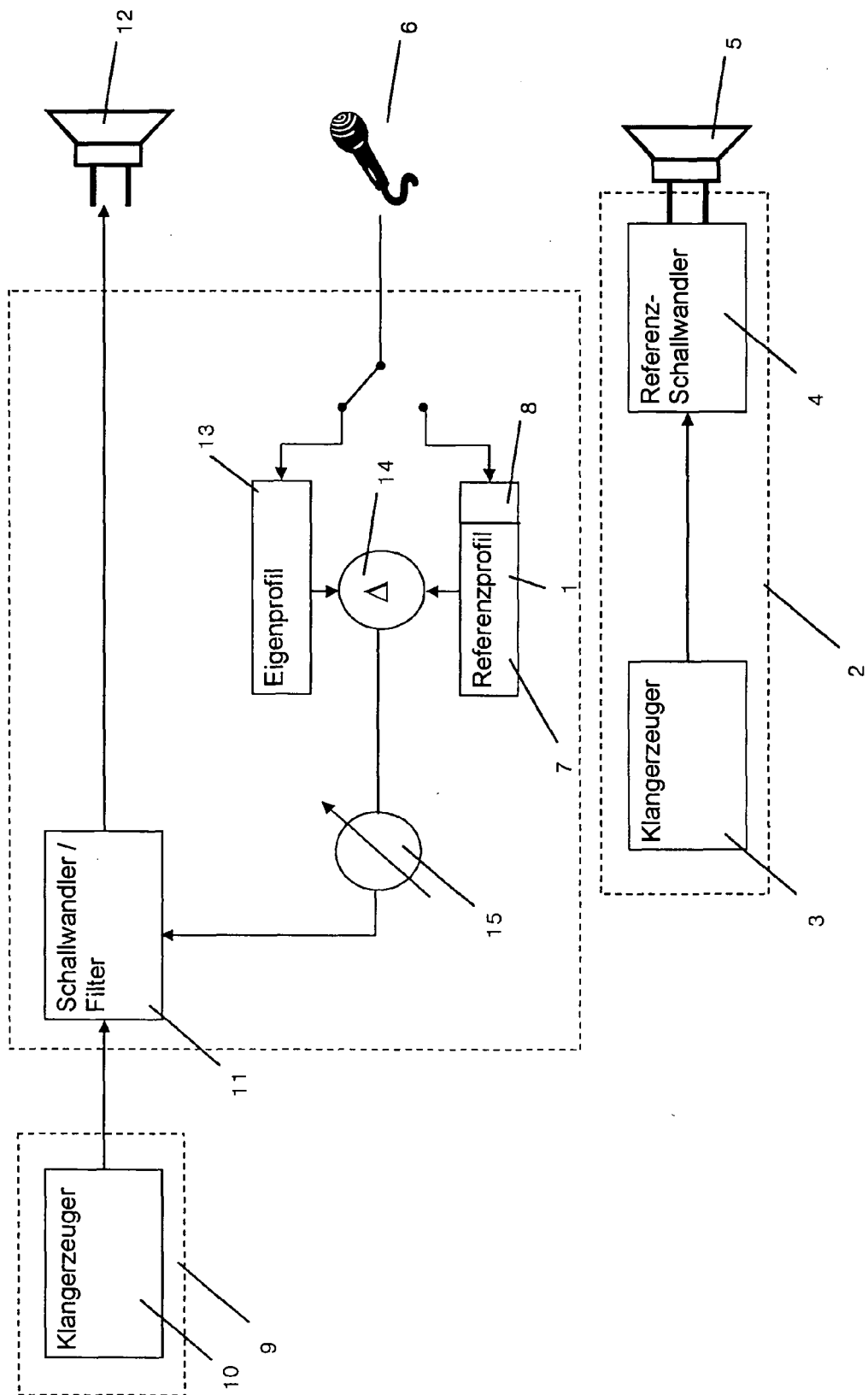


Fig. 1

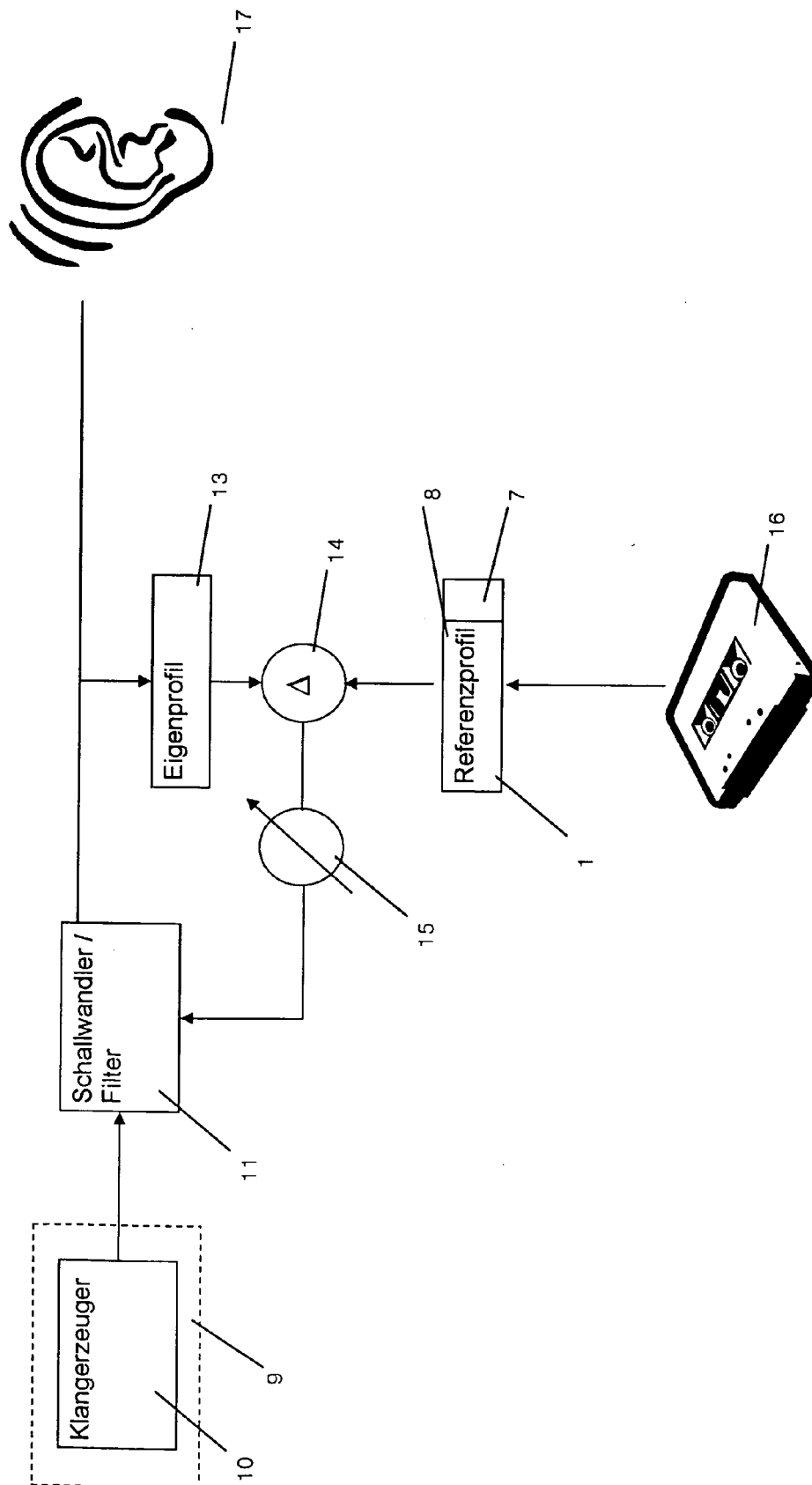


Fig. 2

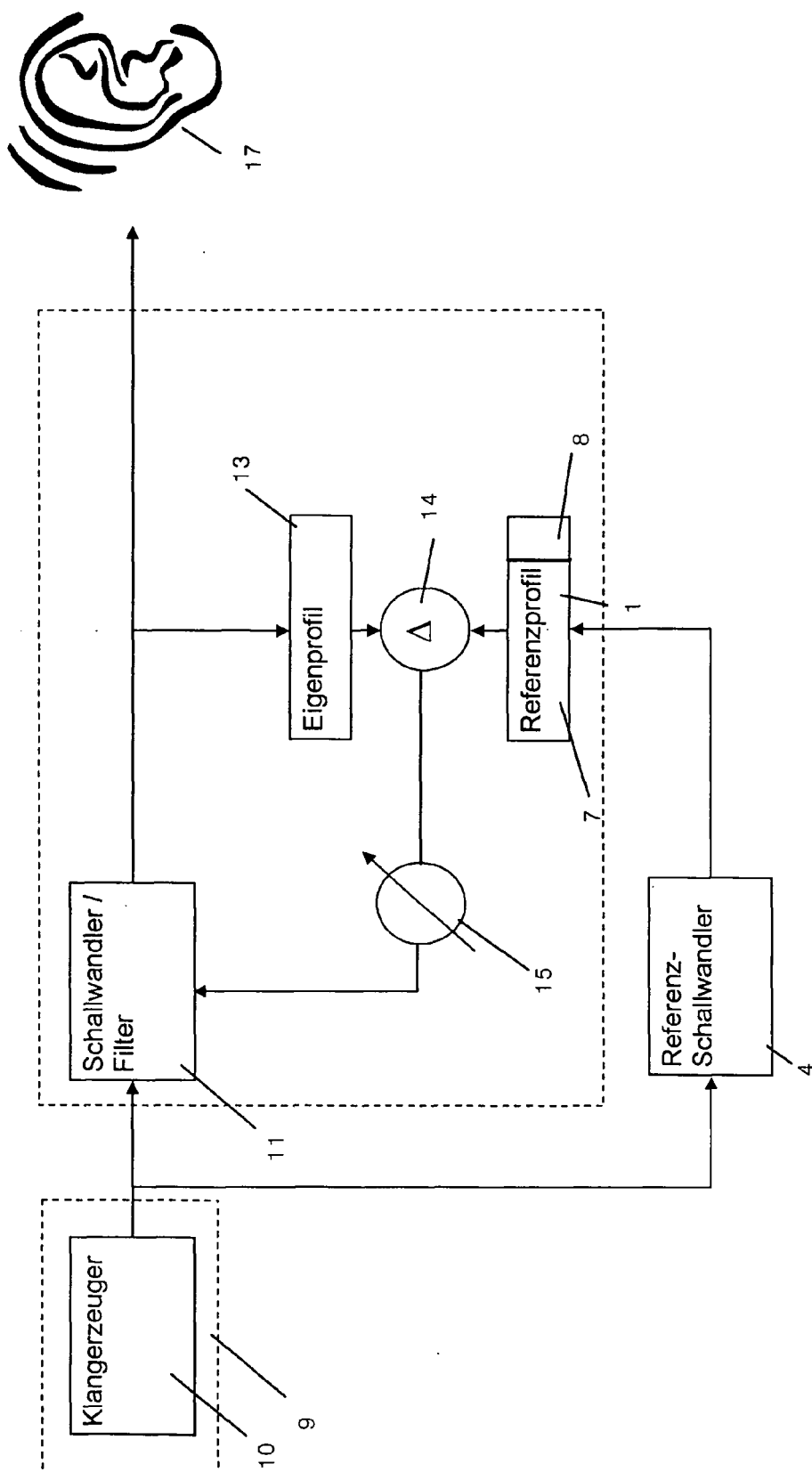


Fig. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 01 4781

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2004/187673 A1 (STEVENSON ALEXANDER J [US]) 30. September 2004 (2004-09-30) * Absätze [0004], [0220] - [0255]; Abbildungen 1-3 *	1,2,4, 10, 13-17,26	INV. G10H1/06 G10H1/16 G10H3/18
Y		3,5-9, 11,12, 18-25	
Y	----- US 6 448 488 B1 (EKHAUS IRA [US] ET AL) 10. September 2002 (2002-09-10) * Spalte 2, Zeile 21 - Zeile 36 *	3	
Y	----- US 6 504 935 B1 (JACKSON DOUGLAS L [US]) 7. Januar 2003 (2003-01-07) * Spalte 3, Zeile 58 - Spalte 6, Zeile 2 *	5-9,11, 12,18,19	
Y	----- US 5 133 014 A (PRITCHARD ERIC K [US]) 21. Juli 1992 (1992-07-21) * Spalte 5, Zeile 25 - Spalte 6, Zeile 31 *	20-25	
A	----- US 2005/145103 A1 (HAGA TSUYOSHI [JP]) 7. Juli 2005 (2005-07-07) * das ganze Dokument *	1-26	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) G10H
A	----- US 6 320 113 B1 (GRIFFIN STEVEN F [US] ET AL) 20. November 2001 (2001-11-20) * das ganze Dokument *	1-26	
A	----- US 5 173 567 A (FUJITA YOSHIO [JP]) 22. Dezember 1992 (1992-12-22) * das ganze Dokument *	1-26	
A	----- US 2006/147050 A1 (GEISLER JEREMY A [US]) 6. Juli 2006 (2006-07-06) * das ganze Dokument *	1-26	
		-/-	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 26. Oktober 2007	Prüfer Fruhmann, Markus
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 01 4781

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 0 725 381 A (YAMAHA CORP [JP]) 7. August 1996 (1996-08-07) * das ganze Dokument * -----	1-26	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 26. Oktober 2007	Prüfer Fruhmann, Markus
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2
EPO FORM 1503 03.82 (PC4C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 07 01 4781

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

26-10-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004187673 A1	30-09-2004	KEINE	
US 6448488 B1	10-09-2002	KEINE	
US 6504935 B1	07-01-2003	KEINE	
US 5133014 A	21-07-1992	KEINE	
US 2005145103 A1	07-07-2005	JP 2005189600 A	14-07-2005
US 6320113 B1	20-11-2001	KEINE	
US 5173567 A	22-12-1992	JP 2697192 B2	14-01-1998
		JP 3121494 A	23-05-1991
US 2006147050 A1	06-07-2006	KEINE	
EP 0725381 A	07-08-1996	CN 1134580 A	30-10-1996
		DE 69613253 D1	19-07-2001
		DE 69613253 T2	11-04-2002
		HK 1008362 A1	08-03-2002
		JP 2820052 B2	05-11-1998
		JP 8211871 A	20-08-1996
		US 5719346 A	17-02-1998

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10392940 T5 [0008]
- US 20050045027 A1 [0009]
- US 6740805 B2 [0010]
- DE 202004008347 U1 [0011]
- US 5578548 A [0012]
- US 6392135 B1 [0013]