



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 672 865 A5

⑤① Int. Cl.<sup>4</sup>: H 04 R 25/00

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## ⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 5191/85

㉔ Anmeldungsdatum: 06.12.1985

㉓ Priorität(en): 21.12.1984 DK 6219/84

㉔ Patent erteilt: 29.12.1989

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 29.12.1989

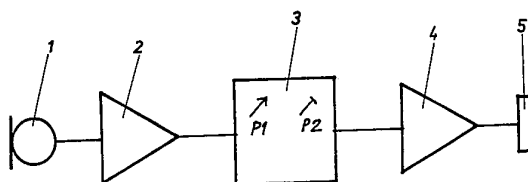
㉗ Inhaber:  
GN Danavox A/S, Kopenhagen (DK)

㉗ Erfinder:  
Bergenstorf, Hans, Hilleroed (DK)  
Otto, Torsten, Hilleroed (DK)

㉗ Vertreter:  
Rebmann-Kupfer & Co., Zürich

### ⑤④ Hörgerät zum Beseitigen der Hörverluste bei hohen Frequenzen.

⑤⑦ Das Hörgerät für Hörbehinderte mit Hörverlusten bei hohen Frequenzen enthält eine Schalleingangsöffnung mit einem Schalldetektor (1), einen einstellbaren Verstärkerkreis (2, 3, 4) und eine Schallwiedergabeeinrichtung (5). Die Regeleinrichtung (3) des Verstärkerkreises weist ein erstes Regelement (P1), das durch den Benutzer bedient wird, auf, der auf diese Weise in der Lage ist, die Steilheit des Frequenzganges des Verstärkers bei Frequenzen oberhalb einer Grenzfrequenz zu verändern, so dass eine veränderbare Anhebung hoher Frequenzen erreicht wird. Ausserdem weist das Hörgerät ein zweites Regelement (P2) auf, das ein im wesentlichen frequenzunabhängiges Steuerglied für die Grundverstärkung ist, die durch eine Audiologen auf der Grundlage von Daten des Benutzers, einschliesslich Audiogrammen, eingestellt wird.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Hörgerät mit einer Schalleintrittsöffnung, einem Schallempfänger, einem mit diesem verbundenen einstellbaren Verstärkerkreis, bestehend aus einem Vorverstärker, einer Regeleinrichtung und einem Ausgangsverstärker mit Mitteln zum Anpassen der Verstärkung und einer Schallwiedergabeeinrichtung, wobei mit dem einstellbaren Verstärkerkreis ein Regelement zur Bedienung durch den Benutzer vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (3) einerseits ein erstes Regelement (P1) in einem selektiven Verstärkerkreis (7, C1, C2, C3, R1, R2, R3) aufweist, der im wesentlichen oberhalb einer Grenzfrequenz ( $f_0$ ) eine frequenzabhängige Verstärkung beim Regulieren der Steilheit des Frequenzganges des Verstärkers bei Frequenzen oberhalb der Grenzfrequenz ( $f_0$ ) durchführt und andererseits ein zweites Regelement (P2) in einem Grundverstärkerkreis (6, C4, C5, C6, C7, R4, R5, R6) aufweist, der im wesentlichen über dem gesamten Frequenzbereich eine gleichmässige frequenzunabhängige Verstärkung durchführt.

2. Hörgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (3) eingangsseitig den Grundverstärkerkreis (6,... R6) mit einem ersten Regelverstärker (6) und einem dazugehörigen Netzwerk (C4, C5, C6, C7, R4, R5, R6) sowie dem zweiten Regelement (P2) sowie einen Rückkopplungsweig (A-B) aufweist, wobei dieser im wesentlichen einen zweiten Regelverstärker (7), ein Netzwerk (C1, C2, C3, R1, R2, R3) und das erste Regelement (P1) enthält und die frequenzabhängige Verstärkung mit einer veränderbaren Anhebung der hohen Frequenzen vornimmt.

3. Hörgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Regelement (P1) als ein variabler Widerstand ausgebildet ist.

4. Hörgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzfrequenz ( $f_0$ ) zwischen 500 und 2000 Hz liegt.

5. Hörgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (3) einen ersten Regelverstärker (6) mit einem Rückkopplungsweig enthält, der mit dem zweiten Regelverstärker (7) versehen ist, welcher zusammen mit einem Netzwerk (C1, C2, C3, R1, R2, R3 und P1) den Frequenzgang des Rückkopplungsweiges (A - B) festlegt und der der Regeleinrichtung (3) eine veränderbare Anhebung der hohen Frequenzen verleiht.

6. Hörgerät nach einem der Ansprüche 2 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Regelement (P1) einen Teil des Rückkopplungsweiges (A - B) bildet, der den zweiten Regelverstärker (7) enthält und dass das erste Regelement (P1) in Form eines veränderbaren Widerstandes in dem Netzwerk für den zweiten Verstärker (7) ausgebildet ist.

## BESCHREIBUNG

Die Erfindung bezieht sich auf ein Hörgerät gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Fast alle Leute leiden bereits in einem Alter von 30 - 60 Jahren an einem Verlust der Hörfähigkeit bei hohen Frequenzen. Bei niedrigen Frequenzen ist ihre Hörfähigkeit normal oder fast normal, jedoch nimmt ihre Hörfähigkeit oberhalb von Frequenzen von 1000 Hz mit zunehmender Frequenz ab. Im täglichen Leben kommen sie normalerweise durch die übliche Praxis gut zurecht, eine Hand hinter das Ohr zu halten, um den Schalleindruck zu vergrössern und um andere Laute zu unterdrücken, die sie nicht wahrnehmen wollen. Viele Leute finden sich mit dieser Situation ab, da sie die Nachteile nicht in Kauf nehmen können, die mit der Verwendung eines Hörgeräts verbunden sind. Zeit und Geld müssen bereitgestellt werden für Hörprüfungen, das Erwerben des Hörgeräts, die Anpassung des oder der Hörgeräte an den Hörverlust und die regelmässige Überprüfung, dass das oder die Hörgeräte entsprechend der

Hörverminderung eingestellt werden, die im allgemeinen mit zunehmendem Alter ungünstiger wird.

Durch den hochfrequenten, frequenzabhängigen Hörverlust treten viele Nachteile auf, deren Grund nicht allein darin besteht, dass es schwierig ist, Musik zu hören, sondern auch Sprache zu hören, da die hohen Töne der Konsonanten und die Formanten F3 und F4 der Vokale, die in dem Bereich der hohen Frequenzen liegen, sehr wichtig für das Verständnis der Sprache sind.

Auf der Grundlage von Messungen, die bei einer grossen Anzahl von Hörgeschädigten mit einem Hörverlust bei hohen Frequenzen durchgeführt wurden, können Kurven des Hörverlustes als eine Funktion der Frequenz gezeichnet werden, bei denen das Alter der Leute ein Parameter ist und die stilisiert in Fig. 1 der Zeichnung gezeigt sind. Diese und andere entsprechende Kurven können vielen Lehrbüchern und Zeitschriften entnommen werden, die sich mit diesem Gegenstand befassen. Bei Frequenzen unterhalb etwa 1000 Hz ist der Hörverlust von der Frequenz unabhängig, während er bei höheren Frequenzen frequenzabhängig ist, wie der Fig. 1 ganz deutlich entnommen werden kann. Daraus kann man ersehen, dass eine grosse Anzahl von Leuten in der Altersgruppe von 30 - 60 Jahren oberhalb etwa 1000 Hz einen frequenzabhängigen Hörverlust haben, durch den Schwierigkeiten beim Hören auftreten können, während diese unter 1000 Hz eine fast normale Hörfähigkeit haben. Oberhalb von etwa 1000 Hz ist der Abfall um so grösser, je höher das Alter der Person ist.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein neues Hörgerät zum Beseitigen der Hörverluste bei hohen Frequenzen. Über viele Jahre hinweg konnte bei einem Hörverlust bei hohen Frequenzen dadurch geholfen werden, dass der Patient mit einem oder zwei Hörgeräten versehen wurde, die derart ausgebildet sind, dass ein Audiologe den Frequenzgang des Hörgeräts entsprechend den Daten des Patienten, einschliesslich Audiogrammen, anpasst, während der Patient selbst die Verstärkung über den gesamten Frequenzbereich mittels einer einstellbaren Lautstärkeregelung einstellt. Viele Patienten halten es für schwierig, sich an diese Form der Anpassung zu gewöhnen, da sie nun plötzlich alle hochfrequenten Töne hören, die sie viele Jahre hinweg überhaupt nicht wahrnehmen konnten, so dass sie im Ergebnis oft beklagen, dass das Hörgerät «geräuschvoll» ist und dass die Laute sehr «scharf» werden. Deshalb muss in vielen Fällen der Audiologe die Einstellungen in mehreren Schritten und über mehrere Monate durchführen, so dass der Patient sich langsam daran gewöhnt, dass er wieder in der Lage ist, normal zu hören. Viele Leute haben nicht die Geduld, sich dieser Prozedur der Einstellung zu unterziehen und somit war in vielen Fällen die Anpassung der Hörgeräte nicht erfolgreich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein völlig neues Hörgerät anzugeben, bei dem diese Nachteile nicht auftreten, aber bei dem die Benutzer des Hörgeräts selbst die Einregulierung für den Hörverlust bei hohen Frequenzen entsprechend ihren eigenen Erfordernissen und allmählich vornehmen können, dementsprechend, wie sie sich an das Hören der Laute aus ihrer Umgebung gewöhnen.

Erfindungsgemäss wird die Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Ausserdem kann das Hörgerät die Merkmale der Ansprüche 2 - 6 aufweisen.

Man stellt die Steilheit des Frequenzganges des Verstärkers oberhalb der Grenzfrequenz ein. Unterhalb der Grenzfrequenz wird das Hörgerät in der Fabrik auf eine feste, niedrige und frequenzabhängige Verstärkung eingestellt, so dass sich der Benutzer nicht an die unbeabsichtigt hohe Lautstärke bei niedrigen Frequenzen gewöhnen muss. Durch die Verwendung des Hörgerätes gemäss der Erfindung an beiden Ohren kann das Hörgerät frei verändert werden, so dass es der Benutzer selbst ist, der die audiologische Einstellung durchführt. Somit ist das

Hörgerät nicht notwendigerweise eine Prothese, für deren Bereitstellung eine Hilfe erforderlich ist, sondern ein Hörgerät, das man sich besorgen kann, wenn die Notwendigkeit hierfür vorhanden ist.

In Fällen eines ernsthafteren Hörverlustes ist in der Regel eine audiologische Unterstützung erforderlich, um festzustellen, welche Art von Hörverlust man hat. Eine häufige Klage ist ein altersbedingter Hörverlust oder Presbycusis. Die Presbycusis wird normalerweise durch das Zeichnen eines Audiogramms durch zwei Kurven über den Hörverlust durch die Luftübertragung und die Knochenleitung. Wenn diese beiden Kurven für dasselbe Ohr im Wesentlichen übereinstimmen und den Verlauf haben, wie er in Fig. 1 gezeigt ist, gleichzeitig der Patient älter als 50 Jahre ist, ist normalerweise damit Presbycusis verbunden. Näherungsweise leiden 50% aller Leute mit einer Verminderung der Hörfähigkeit an Presbycusis.

Auch hier wurde bewiesen, dass vielen Leuten mit solchen grösseren Hörverlusten durch die vorliegende Erfindung geholfen werden kann. Mit einem erfindungsgemässen Hörgerät ist es möglich, sowohl den frequenzunabhängigen Hörverlust bei niedrigen Frequenzen als auch den frequenzabhängigen Hörverlust bei hohen Frequenzen ohne die üblichen Probleme der Gewöhnung bei üblichen Hörgeräten zu kompensieren.

Wenn der Audiologe auf der Grundlage der Daten des Patienten, einschliesslich der Audiogramme, in der Lage war, festzustellen, dass der Patient an einem Hörverlust bei hohen Frequenzen leidet, beispielsweise Presbycusis, wird der Patient mit einem oder zwei Hörgeräten gemäss der Erfindung versorgt, so dass dieser anschliessend in der Lage ist den frequenzabhängigen Einfügungsgewinn wie gewünscht einzuregulieren, wodurch die bekannten Probleme der Gewöhnung dadurch auf ein Minimum heruntergedrückt werden können, dass der Patient Tag für Tag oder Woche für Woche eine immer grössere Verstärkung der hohen Frequenzen einführen kann.

Mit einem Hörgerät ist es möglich, dass die Patienten selbst die Einregulierung zur Grundverstärkung vornehmen. Man vermeidet ungenaues Einstellen des Hörgeräts dadurch, dass der Audiologe auf der Grundlage der Audiogramme die Grundverstärkung auf einen geeigneten Wert einstellt, und dass danach die Patienten selbst den frequenzabhängigen Teil des Einfügungsgewinns einstellen können. Es ist damit für den Patienten leichter, sich an das Hörgerät zu gewöhnen. In diesem Zusammenhang hat sich gezeigt, dass es von grossem Vorteil ist, dass es die Patienten selbst sind, die bestimmen, wie lange die Dauer der Gewöhnung sein soll.

Das Hörgerät gemäss der Erfindung ist aus der Sicht des Benutzers somit frei von einer Lautstärkeregelung im herkömmlichen Sinn. Viele Experimente haben bewiesen, dass dies für Benutzer mit Hörverlusten bei hohen Frequenzen, beispielsweise Patienten mit Presbycusis, völlig ohne Bedeutung ist, wenn sie die Steilheit der Frequenzkurve für den Einfügungsgewinn einregulieren können. Diese wirkt tatsächlich als eine Art von Lautstärkeregelung, jedoch genau in der frequenzabhängigen Weise, wie es für die Leute mit dieser Art von Hörverlust erforderlich ist.

Das Hörgerät gemäss der Erfindung kann beispielsweise mit einem Verstärkungssystem versehen sein, das ein Tiefpassfilter der dritten Ordnung in einem Rückkopplungskreis enthält, mit dem man den Einfügungsgewinn frequenzabhängig oberhalb einer vorgegebenen Grenzfrequenz einregulieren kann, so dass eine einstellbare Anhebung der hohen Frequenzen dadurch erreicht wird, dass die Steilheit des Frequenzgangs oberhalb der Grenzfrequenz des Filters veränderbar einstellbar ist.

Das Hörgerät gemäss der Erfindung kann auch derart ausgebildet sein, dass es einen einfachen Schaltkreis enthält, der beispielsweise aus einem oder mehreren integrierten Schaltkreisen leicht herstellbar ist, wobei die reine physikalische Ausdeh-

nung auf ein Minimum herabgedrückt werden kann, was von grosser Bedeutung in einem Hörgerät ist, bei dem der Raumbedarf in hohem Masse eingeschränkt ist.

Die vorwiegende Verwendung eines solchen Hörgerätes liegt in der Abhilfe bei einem Hörverlust bei hohen Frequenzen, jedoch kann das Hörgerät auch bei Patienten mit anderen Arten von grösseren Hörverlusten oder Verminderungen der Hörfähigkeit verwendet werden.

Das Hörgerät gemäss der Erfindung kann vorzugsweise als ein vollständig im Ohr angeordnetes Hörgerät ausgebildet sein, aber selbstverständlich kann es auch als ein hinter dem Ohr angeordnetes Hörgerät oder als Hörbrille oder als ein Hörgerät ausgebildet sein, das am Körper getragen wird.

Einzelheiten der Erfindung werden unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben, bei der

Fig. 1 eine stilisierte Gruppe von Kurven von altersbedingten Hörverlusten als eine Funktion der Frequenz zeigt;

Fig. 2 den grundsätzlichen Aufbau eines Hörgeräts gemäss der Erfindung zeigt;

Fig. 3 den grundsätzlichen Aufbau einer anderen Ausführungsform des Hörgeräts gemäss der Erfindung zeigt;

Fig. 4 ein Beispiel des relativen Einfügungsgewinns bei verschiedenen Einstellungen einer durch den Patienten bedienten Steuereinheit zeigt;

Fig. 5 ein Beispiel des relativen Einfügungsgewinns bei einer Kombination der Einstellungen der durch den Patienten bedienten Steuereinheit und einer Steuereinheit für die Grundverstärkung zeigt, und

Fig. 6 ein Schaltbild eines Regelteils in einer Ausführungsform des Hörgeräts gemäss der Erfindung zeigt.

Die Fig. 1 der Zeichnung zeigt die oben erwähnten stilisierten Kurven, betreffend altersabhängige Hörverluste als eine Funktion der Frequenz. Die Kurven wurden nach einer grossen Anzahl von Audiogrammen von Leuten gezeichnet, die an Presbycusis und anderen Formen von hochfrequenten Gehörverlusten leiden. Es kann ganz klar erkannt werden, dass bei Frequenzen, die höher sind als etwa 1000 Hz ein frequenzabhängiger Verlust auftritt, der mit zunehmendem Alter stärker wird. Unterhalb von etwa 1000 Hz ist der Hörverlust geringer und, was sehr charakteristisch ist, unabhängig von der Frequenz.

Es kann klar erkannt werden, dass bis zu einem Alter von etwa 60 Jahren der Hörverlust in dem Bereich niedriger Frequenzen unterhalb von etwa 1000 Hz normalerweise 10 dB nicht überschreitet und bei Leuten unter 50 Jahren der Hörverlust in dem Bereich niedriger Frequenzen normalerweise 3 - 4 dB nicht überschreitet. Somit ist es für Leute in diesen Gruppen nicht erforderlich, das Tonbild in diesem Frequenzbereich sehr stark zu verstärken, jedoch oberhalb von etwa 1000 Hz ist der Hörverlust stärker ausgeprägt.

Auf der anderen Seite haben die Leute mit höherem Alter grössere Hörverluste. Beispielsweise hat ein an Presbycusis leidender Patient im Alter von 80 Jahren einen typischen Hörverlust von etwa 20 dB bei Frequenzen unterhalb von 1000 Hz und einen frequenzabhängigen Hörverlust, der von etwa 1000 Hz bis etwa 8000 Hz um etwa 50 dB zunimmt, so dass bei etwa 8000 Hz der Patient einen Hörverlust von etwa 70 dB hat, wie es in Fig. 1 dargestellt ist.

Gemäss der Erfindung ist das Hörgerät im Prinzip ausgebildet, wie es in Fig. 2 gezeigt ist, wobei das Hörgerät in üblicher Weise einen Schalldetektor, beispielsweise ein Mikrofon 1 enthält, das mit einem Vorverstärker 2 verbunden ist. Es ist offensichtlich, dass der Vorverstärker 2 auch andere Signalquellen haben kann, beispielsweise eine Aufnahmespule usw. Das Hörgerät hat auch einen üblichen Ausgangsverstärker 4 und eine Schallwiedergabeeinrichtung in der Form einer Hörkapsel oder eines Knochenleitungshörers 5.

Das Regelteil 3 hat ein durch einen Benutzer bedienbares Regelement P1, mit dem die Steilheit der Arbeitsfrequenz des

Verstärkers oberhalb der Grenzfrequenz von etwa 1000 Hz verändert werden kann, so dass eine veränderbare Anhebung von hohen Frequenzen erreicht wird, die den Hörverlust kompensiert. Der Benutzer besorgt sich nur ein oder zwei Hörgeräte, die so lange selbst eingestellt werden können, bis eine geeignete Kompensation erreicht wird.

In den Fällen von grösseren Hörverlusten, bei denen der Benutzer auch einen Hörverlust bei Frequenzen unterhalb 1000 Hz kompensieren muss, wird ein Hörgerät verwendet, das im Prinzip derart ausgebildet ist, wie es in Fig. 3 gezeigt ist, wo das Regelteil 3 erweitert ist. Zwischen dem Vorverstärker 2 und dem Ausgangsverstärker 4 ist ein Regelteil 3 mit wenigstens zwei Regelementen P1 und P2 angeordnet. Das Regelteil 3 wird im einzelnen in Verbindung mit Fig. 6 der Zeichnung beschrieben. P1 ist das Einstellelement, das durch den Patienten oder Benutzer bedient wird, und P2 ist das Einstellelement, mit dem der Audiologe die Grundverstärkung einstellt, wenn das Hörgerät dem Benutzer übergeben wird. Wie bereits in dem oben erwähnten Beispiel eines an Presbycusis leidenden 80-Jahre alten Patienten mit einem Hörverlust bei niedrigen Frequenzen von 20 dB erwähnt wurde, stellt der Audiologe somit P2 auf einen geeigneten Wert im Verhältnis zu dem Hörverlust und anderen Daten des Patienten ein.

In Fig. 4 ist der relative Einfügungsgewinn zu erkennen, den die Benutzer selbst mittels des Regelements P1 einführen können und zwar von einem absoluten Minimum, d.h. von der frequenzunabhängigen Kurve I zur Kurve II mit einem mittleren Einfügungsgewinn und zu Kurve III mit einem maximalen Einfügungsgewinn bei hohen Frequenzen. Die Kurven sind natürlicherweise nur ein Beispiel. Das Regelement P1 ist im allgemeinen für eine kontinuierliche Einregelung in der Form eines veränderbaren Widerstandes (Rheostaten) ausgebildet, aber es kann natürlich auch in der Form eines Stufenschalters ausgebildet sein.

In den Figs. 4 und 5 ist der Frequenzbereich in zwei Bereiche L und H bei einer Frequenz  $f_0$  von etwa 1000 Hz eingeteilt, die eine Grenzfrequenz für den Regelschaltkreis 3 darstellt, der im einzelnen im Zusammenhang mit Fig. 6 der Zeichnung beschrieben wird.

Die Grenzfrequenz  $f_0$  wird derart dargestellt, als läge sie bei etwa 1000 Hz, aber es ist für die auf diesem Gebiet tätigen Fachleute offensichtlich, dass  $f_0$  im Bereich zwischen 500 Hz und 2000 Hz liegen kann, was auch aus den Figs. 4 und 5 hervorgeht. Die Grenzfrequenz bei etwa 1000 Hz ist somit nur ein Beispiel, das für die Erklärung der Erfindung verwendet wird.

Wenn man nun zu dem oben erwähnten Beispiel des 80-Jahre alten Patienten zurückkehrt, ist in Fig. 5 mit dem Doppelpfeil G gezeigt, wie das Kurvenbild in Fig. 4 nach oben und unten durch die Einstellung der Grundverstärkung mittels des Regelementes P2 parallel verschoben werden kann. Beispielsweise ist das Kurvenbild, das durch die durchgezogenen Linien dargestellt ist, um 20 dB gegenüber dem gestrichelt dargestellten

Kurvenbild angehoben, so dass die gesamte Anhebung bei hohen Frequenzen bei etwa 8000 Hz nun aus einer Grundverstärkung von 20 dB plus einem möglichen maximalen Anstieg des Einfügungsgewinns von etwa 40 dB ist, d.h. dass sie insgesamt etwa 60 dB ist. In diesem Beispiel kann der Patient somit soweit nach oben einregulieren, bis ein Hörpegel erreicht wird, der einer Gesamtverstärkung im Bereich hoher Frequenzen von 60 dB entspricht. Die Anhebung der Grundverstärkung um 20 dB, die dem Hörverlust bei Frequenzen unterhalb von 1000 Hz entspricht, ist in Fig. 5 nur als Beispiel gezeigt, um die Erfindung zu erklären. Wie gross die Grundverstärkung im Verhältnis zum Hörverlust bei niedrigen Frequenzen angehoben werden soll, wird von vielen Faktoren abhängen, einschliesslich den Audiogrammen des Patienten, der Art der Verringerung der Hörfähigkeit und der übrigen Daten des Patienten.

Die in den Figs. 4 und 5 gezeigten Kurven sind nur Beispiele von getesteten Einstellungen der Verstärkung. Für auf diesem Gebiet tätige Fachleute ist es offensichtlich, dass jede andere Einstellung der Verstärkung benutzt werden kann und das andere Frequenzgänge und Anhebungen bei hohen Frequenzen erreicht werden können, ohne von der Grundidee der Erfindung abzuweichen.

Die Kurve III für einen maximalen relativen Einfügungsgewinn ist in Fig. 4 mit einer Abflachung dargestellt, d.h. mit einer maximalen relativen Anhebung von hohen Frequenzen um etwa 40 dB. Dies ist natürlich ein Beispiel, da der Frequenzgang auf viele Arten eingestellt werden kann, die alle von den momentanen Erfordernissen abhängen.

Fig. 6 der Zeichnung zeigt ein Beispiel, wie das Regelteil 3 ausgestaltet werden kann. Der Verstärker 6 ist ein invertierender Verstärker mit einer negativen Rückkopplung über zwei parallele Rückkopplungszweige, nämlich den Zweig, der R4 enthält, und den Rückkopplungszweig zwischen den Punkten A und B und der den Verstärker 7 enthält, der zusammen mit einem Netzwerk aus Widerständen R1, R2, R3 und P1 und Kondensatoren C1, C2 und C3 den Frequenzgang des Rückkopplungszweiges zwischen A und B bestimmt. Der Verstärker 7 ist ein nicht-invertierender Verstärker mit kleiner Ausgangsimpedanz und mit einer Rückkopplung, so dass die Gesamtverstärkung 1 ist. Die Verstärker 6 und 7 sind in anderer Hinsicht in üblicher Weise ausgebildet. Der Rückkopplungszweig zwischen A und B bildet ein veränderbares Tiefpassfilter der dritten Ordnung, wobei die Steilheit des Frequenzgangs oberhalb der Grenzfrequenz  $f_0$  des Filters über das Regelement P1, das ein veränderbarer Widerstand ist, unterschiedlich einstellbar ist. In dem Gesamtsystem 3 besteht die sich ergebende Funktion des Regelementes P1 darin, dass es die Steilheit des Frequenzgangs oberhalb der Grenzfrequenz  $f_0$  einreguliert, so dass eine einstellbare Anhebung der hohen Frequenzen erreicht wird. P2 ist ein frequenzunabhängiges Verstärkungssteuerglied in der Form eines einstellbaren Widerstands.

