

**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT**  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

**(11) CH 719 150 A1**

(51) Int. Cl.: **G10K 11/17** (2006.01)  
**H04R 29/00** (2006.01)  
**H04S 7/00** (2006.01)

## Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

**(12) PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 070572/2021

(71) Anmelder:  
Rocket Science AG, Eichstrasse 29  
8045 Zürich (CH)

(22) Anmeldedatum: 17.11.2021

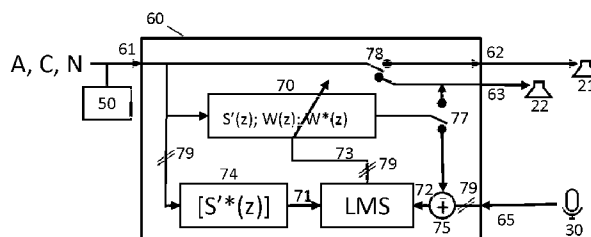
(72) Erfinder:  
Christian Frick, 8038 Zürich (CH)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.05.2023

(74) Vertreter:  
EZ-Patent GmbH, Stuhlenstrasse 13  
8123 Ebmatingen (CH)

(54) **Verfahren zum Eliminieren von Raummoden und digitaler Signalprozessor sowie Lautsprecher dafür.**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Eliminieren von Raummoden  $\tilde{N}$ . Es besteht im Wesentlichen darin, dass mit Hilfe eines digitalen Signalprozessors (60) in einer zweistufigen Kennwertmessung ein Filter  $W^*(z)$  erzeugt und abgespeichert wird, welcher die Schallveränderungen eines durch einen Haupt-Lautsprecher (21) in einen Raum ausgesandten Nutzersignals  $N$  charakterisiert und abbildet, darunter auch die so erzeugten Raummoden  $\tilde{N}$ . Das Filter  $W^*(z)$  erzeugt aus dem digital vorliegenden Nutzersignal  $N$ , das vom Haupt-Lautsprecher (21) abgespielt wird, ein verändertes Signal  $\tilde{N}$ - zum Löschen der Raummoden  $\tilde{N}$ , welches von einem Korrektur-Lautsprecher (22) abgespielt wird. Die beiden Signale löschen sich im Raum gegenseitig aus. Da der Durchlauf durch das Filter  $W^*(z)$  eine gewisse Zeit  $dt$  erfordert, bleibt das Originalsignal  $N$  vollständig im Raum hörbar und kann nicht gelöscht werden. Das Signal  $N$ - kann folglich nur den Teil der Schallwellen im Raum (10) auslöschen, welcher nach dieser Zeit  $dt$  noch vorhanden ist. Somit ist gewährleistet, dass das Originalsignal  $N$  vollständig und im Vergleich zur Quelle unverändert im Raum hörbar ist, während die lang anhaltenden Raummoden  $\tilde{N}$  nach kurzer Zeit  $dt$  ausgelöscht werden. Haupt- und Korrektur-Lautsprecher (21, 22) können ein und derselbe Lautsprecher sein. Die Erfindung betrifft auch einen dafür vorgesehenen digitalen Signalprozessor (60) und einen Lautsprecher (21, 22).



## Beschreibung

### Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft Verfahren zum Eliminieren von Raummoden, die sich beim Abspielen eines Nutzersignals durch einen Haupt-Lautsprecher als Resonanzen in einem Raum bilden.

### Technischer Hintergrund

[0002] In jedem Raum, z.B. in Aufnahmestudios, bilden sich bei bestimmten Frequenzen Resonanzen aus, sogenannte Raummoden. Diese sind im Verhältnis zu anderen Tönen, die mit gleichem Pegel abgespielt werden, im Pegel verzerrt und anhaltender und werden als störend empfunden.

[0003] Eine Raummode kann sich ausbilden, wenn eine halbe Wellenlänge eines Tons oder eines ganzzahligen Vielfachen davon genau der Raumlänge, -breite oder einer anderen wichtigen Abmessung des Raums entspricht, in dem der Ton erzeugt wird. Zum Vergleich kann die Anregung einer Gitarrensaite hinzugezogen werden, bei der sich Grundtöne und Obertöne bilden. Die Frequenzen der störenden Raummoden sind im Bassbereich, wobei höhere Obertöne weniger ausgeprägt sind.

[0004] Gewollt ist, dass die ursprünglichen Töne eines abgespielten Nutzersignals in allen Frequenzen vollständig und korrekt gehört werden und danach abklingen, wie wenn der Raum unendlich gross wäre. Es sollen keine Töne des Ursprungssignals unterdrückt, angehoben oder zeitlich verändert werden. An den Wänden des Raums reflektierte Töne sind an sich zugelassen, ausser in den Frequenzen der Raummoden.

[0005] Bekannte Lösungen für dieses Problem setzen einen Filter ein, welcher die Tonausgabe für problematische Töne dem Problem entsprechend lautstärkebezogen ausgleichen. Diese Lösungen ändern aber den Originalklang des abzugebenden Tonsignals, weshalb davon abzusehen ist.

[0006] Bei der US 10490180 wird aus einer ersten digitalen Information, die eine durch einen Lautsprecher verursachte Systemimpulsantwort beschreibt, eine zweite digitale Information, die eine auslöschende Impulsantwort beschreibt, abgeschwächt und zeitversetzt addiert. Dazu muss ein Verzögerungswert ermittelt werden.

[0007] Bei der EP 2357847 wird für einen Lautsprecher an einer vordefinierten Position innerhalb eines Hörraums eine zu entzerrende Verzögerungsantwort zugeordnet. Anschliessend werden Filterkoeffizienten für Allpassfilter berechnet, die jeweils stromaufwärts diesem Lautsprecher angeordnet sind, wobei der Allpassfilter eine solche Übertragungscharakteristik aufweist, dass die entsprechende Verzögerungsantwort einer vordefinierten Zielverzögerung entspricht.

[0008] Diese Lösungen haben in der Regel den Nachteil, dass eine präzise Zeitverzögerung ermittelt werden muss, damit das Active Noise Cancelling / Control Signal (ANC Signal) in der richtigen Phasenlage dem Originalsignal überlagert wird. Zudem ist die Rechenleistung sehr hoch, weil das ANC Signal in sehr kurzer Zeit berechnet und bereitgestellt werden muss, um das Korrektursignal rechtzeitig ausgeben zu können.

### Beschreibung der Erfindung

[0009] Daher ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zu beschreiben, welches die vollständige Originaltonfolge einer Vorgabe in einem Raum abspielen und dabei die Ausbildung der Raummoden im Raum verhindern kann. Vorzugsweise soll dies bei einer verhältnismässig geringen Rechenleistung möglich sein, damit eine zeitnahe Korrektur des Originalsignals erfolgen kann, unter Verwendung von handelsüblichen Prozessoren, wie sie beispielsweise in Konsumgüter üblicherweise eingesetzt werden.

[0010] Es sind weitere Aufgaben der Erfindung, einen digitalen Signalprozessor (DSP) zu beschreiben, mit welchem dieses Verfahren ausführbar ist, sowie einen Lautsprecher, der den Raum mit dem Nutzer- oder mit einem Korrektursignal beschallen kann, ohne dass Raummoden die Akustik im Raum stören.

[0011] Die Aufgaben werden gelöst durch die Ansprüche in den entsprechenden Kategorien. Vorteilhafte Verfahren und Ausführungen sind in den jeweils davon abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0012] Die erfindungsgemässen Ausführungen werden im Zusammenhang mit den Figuren beschrieben.

[0013] Die Lösung der Erfindung besteht im Wesentlichen darin, dass in einer zweistufigen Kennwertmessung mit Hilfe eines digitalen Signalprozessors ein Filter  $W^*(z)$  erzeugt und abgespeichert wird, welcher die Schallveränderungen eines durch einen Haupt-Lautsprecher in einen Raum ausgesandten Nutzersignals  $N$  charakterisiert und abbildet, darunter auch die so erzeugten Raummoden  $\tilde{N}$ . Der Filter  $W$  erzeugt aus dem digital vorliegenden Nutzersignal  $N$ , das vom Haupt-Lautsprecher abgespielt wird, ein verändertes Signal  $\tilde{N}$ - zum Löschen der Raummoden  $\tilde{N}$ , welches von einem Korrektur-Lautsprecher abgespielt wird. Die beiden Signale löschen sich im Raum gegenseitig aus. Da der Durchlauf durch den Filter  $W$  eine gewisse Zeit  $dt$  erfordert, bleibt das Originalsignal  $N$  vollständig im Raum hörbar und kann nicht gelöscht werden. Das Signal  $\tilde{N}$ - kann folglich nur den Teil der Schallwellen im Raum auslöschen, welcher nach dieser Zeit  $dt$  noch vorhanden ist. Somit ist gewährleistet, dass das Originalsignal  $N$  vollständig im Raum hörbar ist, während die lang anhaltenden Raummoden  $\tilde{N}$  nach kurzer Zeit  $dt$  ausgelöscht werden. Haupt- und Korrektur-Lautsprecher können ein und derselbe Lautsprecher sein.

**[0014]** Das Nutzersignal N muss als digitales Signal vorliegen oder aus einem analogen Signal digitalisiert werden, damit das erfindungsgemässe Verfahren damit durchgeführt werden kann.

**[0015]** In der ersten Stufe der Kennwertmessung wird in einem Zwischenfilter  $S^{**}(z)$  die Charakteristik der Akustik eines digitalen Signals A nachgebildet und abgespeichert, nachdem es vom Korrektur-Lautsprecher in diesem Raum abgespielt wurde. Dazu wird an einem Mikrophon im Raum das Signal B empfangen und analysiert.

**[0016]** In der zweiten Stufe wird ein Signal C sowohl vom Haupt- als auch vom Korrektur-Lautsprecher in den Raum abgespielt und vom Mikrophon als Signal D empfangen. Zudem wird ein Filter  $W(z)$  generiert, welcher das Signal C verändert, bevor es an den Korrektur-Lautsprecher abgegeben wird. Der Filter W wird nun derart verändert und angepasst, bis der Schall am Mikrophon möglichst ausgelöscht wird. Dies ist möglich, da die Charakteristik des Korrektur-Lautsprechers bereits als  $S^{**}(z)$  bekannt ist. Dieser Filter wird schliesslich als  $W^{*}(z)$  gespeichert und für die Nutzung des Verfahrens eingesetzt.

### Kurze Erläuterung zu den Figuren

**[0017]** Die Erfindung soll nachfolgend im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen:

- Fig. 1                    ein digitaler Signalprozessor (DSP) zur Verwendung für eine erste Kennwertmessung, wenn separate Haupt-Lautsprecher und Korrektur-Lautsprecher verwendet werden;
- Fig. 2                    ein digitaler Signalprozessor mit seinen Anschlüssen zur Verwendung für eine zweite Kennwertmessung, wenn separate Haupt-Lautsprecher und Korrektur-Lautsprecher verwendet werden;
- Fig. 3                    ein digitaler Signalprozessor mit seinen Anschlüssen zur Verwendung für die Nutzung des Verfahrens mit einem Nutzersignal, wenn separate Haupt-Lautsprecher und Korrektur-Lautsprecher verwendet werden;
- Fig. 4                    ein digitaler Signalprozessor mit seinen Anschlüssen zur Verwendung für eine erste Kennwertmessung, wenn ein gemeinsamer Lautsprecher verwendet wird;
- Fig. 5                    ein digitaler Signalprozessor mit seinen Anschlüssen zur Verwendung für eine zweite Kennwertmessung, wenn ein gemeinsamer Lautsprecher verwendet wird;
- Fig. 6                    ein digitaler Signalprozessor mit seinen Anschlüssen zur Verwendung für die Nutzung des Verfahrens mit einem Nutzersignal, wenn ein gemeinsamer Lautsprecher verwendet wird;
- Fig. 7                    ein schematischer Aufbau eines digitalen Signalprozessors mit seinen Anschlüssen für die Verwendung in den Figuren 1 bis 3, wenn separate Haupt-Lautsprecher und Korrektur-Lautsprecher verwendet werden;
- Fig. 8                    ein schematischer Aufbau eines digitalen Signalprozessors mit seinen Anschlüssen für die Verwendung in den Figuren 4 bis 6, wenn ein gemeinsamer Lautsprecher verwendet wird;
- Fig. 9                    ein Raum, eingerichtet zur Durchführung des Verfahrens;
- Fig. 10                  ein digitaler Signalprozessor mit daran angeschlossener Tonelektronik, schematisch dargestellt.

### Wege zur Ausführung der Erfindung

**[0018]** In Fig. 9 ist schematisch ein Raum 10 dargestellt, in dem das erfindungsgemässe Verfahren durchgeführt werden kann, beispielsweise ein Aufnahmestudio. Als Raum 10 kann auch ein Konzertsaal oder ein Wohnzimmer dienen. Als Aufnahmestudio weisen die den Raum 10 begrenzenden Wände 13 in der Regel keine rechtwinkligen Ecken zueinander auf, um Raummoden möglichst zu verhindern. Der Raum 10 kann mit optionalen weiteren Lautsprechern 12 ausgestattet sein, welche für das erfindungsgemässe Verfahren ohne Bedeutung und Einfluss sind. Zudem können Möbel wie ein Mischpult und ein Sitz 11 einer Person sowie Computer und Bildschirme jeglicher Art in diesem Raum 10 angeordnet sein. Eine typische Grösse für einen solchen Raum 10 ist 10-100 m<sup>2</sup>, wobei das Verfahren auch in grösseren und kleineren Räumen 10 sinnvoll eingesetzt werden kann.

**[0019]** Für das erfindungsgemässe Verfahren müssen ein Haupt-Lautsprecher 21 und ein Korrektur-Lautsprecher 22 im Raum 10 angeordnet sein, wobei diese als separate oder, alternativ dazu, auch als ein gemeinsamer Lautsprecher 23 ausgestaltet sein können. Zudem muss ein Mikrophon 30 im Raum angeordnet sein, wobei die oder der Lautsprecher 21, 22, 23 und das Mikrophon 30 mit entsprechender Tonelektronik mit einem digitalen Signalprozessor 60 verbunden sind.

**[0020]** In Fig. 10 ist schematisch der digitale Signalprozessor 60 mit daran angeschlossener Tonelektronik 40 dargestellt. Diese umfasst beispielsweise für jeden der verwendeten Lautsprecher 21, 22, 23 je einen Digital-Analog-Wandler 41 jeglicher Art, allenfalls einen Vorverstärker 42 und einen Leistungsverstärker 43, während das Mikrophon 30 mit einem Mikrofonverstärker 44 und mit einem Analog-Digital-Wandler 45 verbunden ist, wobei Leitungen 46 für die Verbindungen dienen

können. Die Wandler 41, 45 sind schliesslich mit den vorgesehenen Anschlüssen am Signalprozessor 60 verbunden. Alternativ kann die notwendige Tonelektronik 40 im Signalprozessor 60 integriert sein.

[0021] Es ist jeweils nur ein Lautsprecher 21, 22, 23 aufgeführt, es können entsprechend aber auch jeweils mehrere Lautsprecher 21, 22, 23 mit den gleichen Funktionen sein, die ebenfalls mit der erforderlichen Tonelektronik 40 verbunden sind.

[0022] Mit der in Fig. 9 dargestellten am Signalprozessor 60 verbundenen Vorrichtung können der oder die Lautsprecher 21, 22, 23 Schallwellen 24 in den Raum 10 ausgeben, welche vom Mikrofon 30 erfasst und als Signal in den Signalprozessor 60 weitergeleitet werden können. Zudem bilden sich im Raum 10 Raummoden  $\tilde{N}$  aus, wovon hier eine schematisch in Sinusform gestrichelt dargestellt ist. In Fig. 9 sind zwei alternative, bevorzugte Stellen des Mikrofons 30 dargestellt, wobei aber nur ein Mikrofon 30 verwendet wird, und dies auch nur während der Durchführung von Kennwertmessungen. Während der Nutzung des Verfahrens mit einem Nutzersignal N muss kein Mikrofon 30 verwendet werden. Dazu braucht es einzig den Signalprozessor 60 und einen oder zwei daran mit der erforderlichen Tonelektronik 40 angeschlossene Lautsprecher 21, 22, 23.

[0023] Prinzipiell ist das Verfahren mit diesen zwei hier genannten Möglichkeiten durchführbar: In der ersten Variante sind jeweils ein Haupt-Lautsprecher 21 und ein von diesem separaten Korrektur-Lautsprecher 22 vorgesehen, in der zweiten sind diese zusammen als ein gemeinsamer Lautsprecher 23 ausgestaltet. Die erste Variante ist in den Figuren 1-3 und 7, die zweite in den Figuren 4-6 und 8 genauer beschrieben.

[0024] Das erfindungsgemässe Verfahren umfasst im Wesentlichen eine erste und eine zweite Kennwertmessung, dargestellt in den Figuren 1 und 2 resp. 4 und 6 für die erste und zweite Variante, sowie die eigentliche Nutzung mit einem Nutzersignal, dargestellt in den Figuren 3 und 6.

[0025] Die Figuren 7 und 8 zeigen die beiden Varianten des Signalprozessors 60 als Schaltschema, zur Durchführung jeweils aller Verfahrensschritte.

[0026] In der Folge wird die Erfindung ausführlich beschrieben:

[0027] Das erfindungsgemässe Verfahren dient dem Eliminieren von Raummoden  $\tilde{N}$ , die sich beim Abspielen eines digitalen Nutzersignals N durch einen Haupt-Lautsprecher 21 als Resonanzen in einem Raum 10 bilden. Es ist gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

a. Einrichtung und Durchführung von Kennwertmessungen, durch

- i. Positionieren eines Haupt-Lautsprechers 21 und eines Korrektur-Lautsprechers 22 in einem Raum 10, beispielsweise in einem Tonstudio, wobei diese Lautsprecher 21, 22 zwei separate oder ein gemeinsamer Lautsprecher 23 sein können;

Positionieren eines Mikrophons 30 in diesem Raum 10;

Vorsehen eines digitalen Signalprozessors 60 mit einem Signaleingang 61 zur Eingabe und Bearbeitung von digitalen Signalen A, C, N, einem ersten 62 und einem zweiten 63 Lautsprecherausgang für den Haupt-Lautsprecher 21 und den Korrektur-Lautsprecher 22, die zu einem gemeinsamen Lautsprecherausgang 64 für den gemeinsamen Lautsprecher 23 zusammengefasst sein können, und einem Mikrofoneingang 65 für das Mikrofon 30,

Verbindung des Signalprozessors 60, des oder der Lautsprecher 21, 22, 23 und des Mikrofons 30 mit einer Tonelektronik 40, zur Erzeugung und Erfassung von Schallwellen 24 mittels Lautsprecher 22, 23 und Mikrofon 30;

- ii. Durchführen einer ersten Kennwertmessung, bei der eine erste Transferfunktion  $S(z)$ , welche die Veränderung eines digitalen Signals A abbildet, nachdem es auf einem Sekundärpfad S, der über den Korrektur-Lautsprecher 22 oder den gemeinsamen Lautsprecher 23 als Schallwellen 24 abgespielt, am Mikrofon 30 aufgenommen und als digitales Signal B erfasst wurde  $[AS(z)=B]$ , durch einen veränderbaren elektronischen Filter  $S'(z)$  nachgebildet wird, unter Verwendung eines LMS (Least Mean Square) Moduls zur Durchführung eines numerischen Gradientenverfahrens, vorzugsweise mittels der filtered-x LMS Methode, welches auf Grund der Kenntnis des ursprünglichen Signals A den veränderbaren Filter  $S'(z)$  generiert und so lange anpasst, bis das ursprüngliche Signal A, nachdem es diesen Filter  $S'(z)$  durchlaufen hat, dem erfassten Signals B am Ende des Sekundärpfades S entspricht und dieses entsprechend an einem elektronischen Subtrahierer 75 möglichst auslöscht  $[AS(z) - AS'(z) = 0]$ ;
- iii. Abspeichern dieses elektronischen Filters  $S^*(z)$ , der somit unveränderbar wird;

- iv. Durchführen einer zweiten Kennwertmessung, bei der eine zweite Transferfunktion  $Pz$ , welche die Veränderung eines digitalen Signals  $C$  abbildet, nachdem es auf einem Primärpfad  $P$ , der über den Haupt-Lautsprecher 21 oder den gemeinsamen Lautsprecher 23 als Schallwellen 24 abgespielt, am Mikrophon 30 aufgenommen und als digitales Signal  $D$  erfasst wurde [ $CP(z)=D$ ], durch einen veränderbaren elektronischen Filter  $W(z)$  teilweise nachgebildet wird, unter Verwendung des LMS Moduls zur Durchführung eines numerischen Gradientenverfahrens, vorzugsweise mittels der filtered-x LMS Methode, welches auf Grund der Kenntnis des ursprünglichen Signals  $C$ , nachdem es den abgespeicherten Filter  $S^*(z)$  durchlaufen hat, den veränderbaren Filter  $W(z)$  generiert und so lange anpasst, bis das ursprüngliche Signal  $C$ , wenn es diesen veränderbaren Filter  $W(z)$  und anschliessend den Sekundärpfad  $S$  durchläuft, dem Negativen des erfassten Signals  $D$  vom Primärpfad  $P$  entspricht und dieses entsprechend beim Zusammenführen am Mikrophon 30 minimiert [ $CP(z) - CWS(z) \approx 0$ ];
  - v. Abspeichern des elektronischen Filters  $W^*(z)$ , der somit unveränderbar wird;
- b. Einrichten und Nutzung des Verfahrens mit einem Nutzersignal  $N$ , durch
- i. Positionieren des Haupt-Lautsprechers 21 und des Korrektur-Lautsprechers 22, oder des gemeinsamen Lautsprechers 23, an denselben Stellen im selben Raum 10 wie bei den Kennwertmessungen, mit derselben dafür erforderlichen Tonelektronik 40 und Anschliessen am digitalen Signalprozessor 60 wie bei Schritt a.;
  - ii. Leiten des digitalen Nutzersignals  $N$  zum ersten oder gemeinsamen Ausgang 62, 64 und Abspielen durch den Haupt- oder gemeinsamen Lautsprecher 21, 23, wobei sich Raummoden  $\tilde{N}$  im Raum 10 ausbilden;
  - iii. gleichzeitiges Leiten dieses Nutzersignals  $N$  durch den zuletzt abgespeicherten Filter  $W^*(z)$  im Signalprozessor 60 und anschliessendes Weiterleiten zum zweiten oder gemeinsamen Ausgang 63, 64, und wegen der vom Filter  $W^*(z)$  beanspruchten Zeit  $dt$  verzögertes Abspielen dieses gefilterten Nutzersignals ( $\tilde{N}$ -) durch den Korrektur- oder gemeinsamen Lautsprecher 22, 23,
  - iv. wodurch die Raummoden  $\tilde{N}$  des digitalen Nutzersignals  $N$ , die nach der Zeitverzögerung  $dt$  noch im Raum 10 vorhanden sind, gelöscht werden.

**[0028]** Zur Erläuterung wird demnach im Schritt a. zuerst der Raum 10 eingerichtet. Dabei soll darauf geachtet werden, dass der oder die Lautsprecher 21, 22, 23 stets am selben Ort bleiben müssen. Die Kennwertmessungen müssen jeweils nur einmal durchgeführt werden. Danach können beliebige Nutzersignale  $N$  so lange abgespielt werden, bis sich die Raumgeometrie im Verhältnis der Lautsprecherpositionen verändert hat. Wird also beispielsweise eine Raumteilung vorgenommen oder die Lautsprecherposition verändert, so werden erneute Kennwertmessungen notwendig. Daher sollte die Position der Lautsprecher 21, 22, 23 sorgsam gewählt werden.

**[0029]** Da Raummoden  $\tilde{N}$  in der Regel tieffrequent sind, ist es ratsam, Subwoofer als Lautsprecher 21, 22, 23 zu verwenden, da diese geeignet sind, tieffrequente Töne abzuspielen.

**[0030]** Das Mikrophon 30 kann prinzipiell an einer beliebigen Stelle im Raum 30 angeordnet sein. Es hat sich aber als vorteilhaft erwiesen, dass das Mikrophon 30 im Schritt a. an einer Stelle positioniert wird, an der entweder im Schritt b. voraussichtlich eine Person 11 sein wird, oder nahe einer Wand 13 des Raums 10, welche vom Haupt-Lautsprecher 21 weit entfernt ist.

**[0031]** Das Ziel der ersten Kennwertmessung, dargestellt in Fig. 1 und 4, ist die Ermittlung und Abspeicherung des unveränderbaren elektronischen Filter  $S^*(z)$ , der für die zweite Kennwertmessung, dargestellt in Fig. 2 und 5, benötigt wird. Dazu wird der veränderbare Filter  $S'(z)$  so lange durch das LMS Modul verändert und angepasst, bis das Signal, das aus dem Subtrahierer 75 [ $AS'(z) - B$ ] im zweiten Eingang 72 ins LMS Modul abgegeben wird, minimal, möglichst null ist. Solange dies nicht der Fall ist, verändert das LMS Modul den veränderbaren Filter  $S'(z)$  weiter. Das Originalsignal  $A$ , das im ersten Eingang 71 ins LMS Modul eingeht, dient ihm dabei als Referenz. Der veränderbare Filter  $S'(z)$  bildet die Transferfunktion  $S(z)$  auf dem Sekundärpfad elektronisch ab. Dies bedeutet, dass sich ein Signal  $A$ , welches den Filter  $S'(z)$  durchläuft, gleich verändert, wie das Signal  $A$ , das den Sekundärpfad über Lautsprecher 22, 23 und Mikrophon 30, zwischenzeitlich als Schallwelle 24, durchläuft. Zu dieser Veränderung gehören auch alle raumbedingten Verzerrungen und Raummoden  $\tilde{N}$ , die sich im Raum 10 ausbreiten und noch lange nach Abgabe eines Impulses nachschwingen.

**[0032]** Die Nachbildung wird mit Hilfe des LMS Modul eingestellt und dauert ca. zwischen 10 und 30 Sekunden, dann kann der ermittelte, veränderbare Filter  $S'(z)$  als unveränderbarer Filter  $S^*(z)$  abgespeichert werden. Er wird nur für die zweite Kennwertmessung gebraucht, nicht aber für die spätere Nutzphase. Als Signal  $A$  kann ein beliebiges Signal verwendet werden, welches einen ausreichenden Frequenzanteil an allen relevanten tiefen Frequenzen hat. Weisses oder, bevorzugt, rosa Rauschen hat sich als zweckmässig erwiesen.

**[0033]** Anschliessend kann der Signalprozessor 60 für diese zweite Kennwertmessung eingerichtet werden. Am Ort des früheren veränderbaren Filters  $S'(z)$  ist nun der veränderbare Filter  $W(z)$ . Sein Ausgang führt zum zweiten oder gemeinsamen Ausgang 63, 64 und schliesslich zum Korrektur-Lautsprecher 22 oder zum gemeinsamen Lautsprecher 23, wie in Fig. 2 und 5 dargestellt. Alternativ kann ein weiterer Signalprozessor 60 verwendet werden, der für diese zweite Kennwertmessung eingerichtet ist.

**[0034]** Ziel dieser zweiten Kennwertmessung, dargestellt in Fig. 2 und 5, ist die Ermittlung und Abspeicherung des unveränderbaren elektronischen Filters  $W^*(z)$ , der schliesslich für die Nutzung gemäss Fig. 3 und 6 gebraucht wird. Diese zweite Kennwertmessung ist abgeschlossen, wenn das Signal D, das vom Mikrofon 30 an das LMS Modul geleitet wird, möglichst ausgelöscht ist. Dies ist erreicht, wenn die Schallwellen, die vom Korrektur-Lautsprecher 22 verursacht sind, möglichst jene kompensieren, welche vom Haupt-Lautsprecher 21 verursacht sind. Dies wiederum bedeutet, dass sich das Signal C auf dem Primärpfad P gleichsam verändert wie auf dem Weg durch den Filter  $W(z)$  mit anschliessendem Weg über den Sekundärpfad S. Da dieser Sekundärpfad S bereits aus der ersten Kennwertmessung in Form des  $S^*(z)$  bekannt ist, kann der resultierende Filter  $W^*(z)$  auf dieselbe Art ermittelt werden wie zuvor  $S^*(z)$ . Als Ausgangssignal C kann wiederum weisses oder, bevorzugt, rosa Rauschen verwendet werden, das Verfahren dauert ähnlich lange.

**[0035]** Das LMS Modul kann allerdings nur kausale Zusammenhänge in den Signalen aus seinen beiden Eingängen 71, 72 erkennen und darauf reagieren. Es verändert den elektronischen Filter  $W(z)$  derart, dass keine Anteile mehr im Signal D vorhanden sind, die einen kausalen Zusammenhang mit dem Signal aus dem Filterplatz 74 aufweisen. Demnach sind beispielsweise Umgebungsgeräusche, die nur in den Eingang 71 ins LMS Modul eingehen, irrelevant und haben keinen Einfluss auf die Kennwertmessung oder auf die Veränderung des elektronischen Filters  $W(z)$ .

**[0036]** Der Durchlauf des Signals C durch den elektronischen Filter  $W(z)$  benötigt eine gewisse Zeitdauer  $dt$ . Daher ist das Signal im Sekundärpfad S entsprechend später vom Korrektur-Lautsprecher 22, 23 abgegeben als im Primärpfad P vom Haupt-Lautsprecher 21, 23. Somit kann das Signal im Sekundärpfad S das Originalsignal C im Primärpfad P nicht eliminieren, weil es zu spät ist. Die Raummoden  $\tilde{N}$  hingegen schwingen noch lange im Raum 10 nach und breiten sich dort aus. Sie haben einen kausalen Zusammenhang mit dem Originalsignal, von dem sie verursacht wurden, und lassen sich daher vom Korrektur-Lautsprecher 22, 23 eliminieren.

**[0037]** Das Signal C braucht eine Zeit  $dt$  zum Durchlaufen des Filters  $W(z)$  und zudem eine Zeit  $dt_s$ , um den Sekundärpfad zu durchlaufen, wobei bei normalen Verhältnissen  $dt$  viel kürzer ist als  $dt_s$ . Zudem braucht das Signal C die Zeit  $dt_p$  zum Durchlaufen des Primärpfades. Die Anordnung der Lautsprecher in den Figuren 2 und 3 sind nicht repräsentativ, beide Weglängen der Schallwellen 24 zum Mikrofon 30 können gleich lang oder verschieden sein. Die Lautsprecher 21, 22 würden in den meisten Fällen nebeneinander aufgestellt sein. In der Regel ist aber darauf zu achten, die Lautsprecher 21, 22 derart im Raum 10 zu platzieren, dass für die Zeiten  $dt + dt_s > dt_p$  gilt, damit auch nicht am Ort des Mikrofons 30 der Originalton ausgelöscht werden kann. Dies passiert, wenn der Korrektur-Lautsprecher 22 und der Ort des Mikrofons 30 sehr nahe beieinander sind und der Haupt-Lautsprecher 21 sehr weit entfernt davon. Allerdings kann dies auch zu guten Resultaten führen. Wenn das Mikrofon 30 zusammen mit dem Korrektur-Lautsprecher 22 beispielsweise nahe der Wand 13 angeordnet sind, welche vom Haupt-Lautsprecher 21 am weitesten entfernt ist, wird dort der gesamte Nutzsignal N ausgelöscht. Dadurch entsteht eine Raumakustik, welche suggeriert, dass diese hintere Wand fehlt. All dies ist nur von Bedeutung, wenn der Korrektur-Lautsprecher 22 und der Haupt-Lautsprecher 21 separate Lautsprecher sind. Es wird darauf hingewiesen, dass keine der Zeiten  $dt$ ,  $dt_s$  oder  $dt_p$  ermittelt werden oder bekannt sind. Sie gehen daher auch nicht in das Verfahren ein. Die Zeitverzögerung  $dt$  des verzögerten Abspielens des Korrektur-Lautsprechers 22 entspricht der Zeit, welche das Nutzersignal N für den Durchlauf durch den Filter  $W^*(z)$  benötigt. Dieser Wert ist allein vom Filter  $W^*(z)$  bestimmt. Es muss auch keine Verzögerung im System oder im Verfahren eingegeben werden, um das Signal  $\tilde{N}$ - in den Sekundärpfad S gewollt später auszusenden.

**[0038]** Vorzugsweise wird ein gemeinsamer Lautsprecher 23 eingesetzt, welchem jene beide Signale N,  $\tilde{N}$ - überlagert zugeführt werden, welche einzeln für den Haupt-Lautsprecher 21 und den Korrektur-Lautsprecher 22 vorgesehen waren. Dies ist aus Kostengründen sicher vorteilhaft. Der digitale Signalprozessor 60 kann in diesem Fall direkt im gemeinsamen Lautsprecher 23 angeordnet, vorzugsweise integriert sein.

**[0039]** Falls aber schon ein Lautsprecher vorhanden ist, der weiterhin verwendet werden soll, so kann ein zusätzlicher Korrektur-Lautsprecher 22 verwendet werden. Dieser ist vorzugsweise ein Subwoofer, welcher vorzugsweise dem schon vorhandenen Lautsprecher ähnliche akustische Eigenschaften aufweist, da er kaum hohe Frequenzen abspielen muss. In diesem zusätzlichen Korrektur-Lautsprecher 22 können dann wiederum der digitale Signalprozessor 60 und allenfalls weitere Bestandteile der Tonelektronik 40 angeordnet, vorzugsweise integriert sein.

**[0040]** Für die Nutzung des Verfahrens ist kein Mikrofon 30 mehr notwendig. Vorzugsweise wird dieses nun abgehängt und entfernt. Der oder die Lautsprecher 21, 22, 23 müssen aber an ihren Plätzen bleiben und sind auch für die Nutzung mit der dafür erforderlichen Tonelektronik 40 mit dem Signalprozessor 60 verbunden.

**[0041]** In dieser Phase des Verfahrens werden nur noch die Komponenten des Signalprozessors 60 verwendet, wie sie in Fig. 3 und 6 dargestellt sind. Es wird demnach nur noch der Filter  $W^*(z)$  verwendet, welcher dem zweiten oder gemeinsamen Ausgang 63 resp. 64 vorgeschaltet ist. Die Leitungen zu den anderen Komponenten im Signalprozessor 60, insbesondere zum und vom LMS Modul, können demnach unterbrochen werden.

**[0042]** Ein Nutzersignals N wird beim Gebrauch im Signalprozessor 60 gleichzeitig einerseits an den ersten oder gemeinsamen Ausgang 62, 64 und andererseits durch den Filter  $W^*(z)$  und anschliessend als Signal  $\tilde{N}$ - an den zweiten oder gemeinsamen Ausgang 63, 64 geleitet. Entsprechend wird das Signal N vom Haupt- oder gemeinsamen Lautsprecher 21, 23 etwas früher abgespielt als das Signal  $\tilde{N}$ - vom Korrektur- oder gemeinsamen Lautsprecher 22, 23, nämlich um die Zeit  $dt$ , welche für den Durchlauf des Filters  $W^*(z)$  gebraucht wird.

**[0043]** In dieser Zeit  $dt$  bilden sich Raummoden  $\tilde{N}$  im Raum 10 aus, welche durch den verzögert abgespielten Korrektur-Lautsprecher 22 gelöscht werden. Das Originalsignal bleibt dabei vollständig zu hören.

**[0044]** Das Verfahren löscht keine Töne, die von anderen Quellen stammen als vom digitalen Nutzersignal. Der Filter  $W(z)$  kann nur auf Schallwellen reagieren und diese neutralisieren, welche einen kausalen Zusammenhang mit dem Originalsignal haben und die noch vorhanden sind, nachdem das Nutzersignal N den Filter durchlaufen hat.

**[0045]** Nur die akustischen Schallwellen, die einen kausalen Zusammenhang zum Nutzersignal N haben und nach der Zeitverzögerung  $dt$  noch im Raum 10 vorhanden sind, werden gelöscht. Dies sind die Raummoden  $\tilde{N}$ .

**[0046]** Im Weiteren ist hier der erfindungsgemässe digitale Signalprozessor 60 mit Hilfe der Figuren 7 und 8 beschrieben. Diese zeigen die beiden Varianten des Signalprozessors 60 als Schaltschema, zur Durchführung jeweils aller Verfahrensschritte.

**[0047]** Ein erfindungsgemässer digitaler Signalprozessor 60 zur Verwendung in einem oben beschriebenen Verfahren umfasst:

- einen digitalen Signaleingang 61 zum Einspeisen eines digitalen Ausgangssignals A, C oder digitalen Nutzersignals N,
- entweder einen ersten und einen zweiten Ausgang 62, 63 zum Anschliessen eines Haupt- und eines Korrektur-Lautsprechers 21, 22, oder einen gemeinsamen Ausgang 64 zum Anschliessen eines gemeinsamen Lautsprechers 23,
- einen Mikrofon-Eingang 65, an das für die Kennwertmessungen ein Mikrofon 30 angeschlossen werden kann,
- ein LMS Modul zur Durchführung von Algorithmen mit zwei Eingängen 71, 72 und einem Regelausgang 73 zur Durchführung der Kennwertmessungen, wobei sein erster Eingang 71 mit dem digitalen Signaleingang 61 und sein zweiter Eingang 72 mit dem Mikrofon-Eingang 65 verbunden ist,
- wobei vor dem ersten Eingang 71 des LMS Moduls mindestens ein Filterplatz 74 angeordnet ist, der während der ersten Kennwertmessung leer und während der zweiten Kennwertmessung mit einem unveränderbaren Filter  $S^*z$  belegt sein kann,
- ein Filterplatz 70 für einen veränderbaren Filter  $S'(z)$ ,  $W(z)$ , welcher während den Kennwertmessungen durch den Regelausgang 73 des LMS Moduls verändert werden kann und in welchem nach Abschluss der zweiten Kennwertmessung ein unveränderbarer elektronischer Filter  $W^*(z)$  abgespeichert werden kann, wobei der Filterplatz 70 eingangsseitig mit dem digitalen Signal-Eingang 61 verbunden ist und ausgangsseitig durch einen ersten Schalter 77 umschaltbar ist, sodass es ausgangsseitig für die erste Kennwertmessung gemeinsam mit dem Mikrofoneingang 65 zu einem Subtrahierer 75 und anschliessend zum zweiten Eingang 72 des LMS Moduls geführt werden kann, und für die zweite Kennwertmessung sowie und für die Nutzung des Verfahrens im Schritt b. mit dem zweiten oder gemeinsamen Lautsprecherausgang 63, 64 verbunden sein kann,
- sowie eine Verbindung vom digitalen Signaleingang 61, welche entweder zu einem zweiten Schalter 78 führt, welcher wahlweise eine Verbindung zum ersten oder zweiten Ausgang 62, 63 herstellen kann, oder zum gemeinsamen Ausgang 64, sodass für die erste Kennwertmessung die Verbindung zum zweiten oder gemeinsamen Ausgang 63, 64 und für die zweite Kennwertmessung sowie für die Nutzung des Verfahrens die Verbindung zum ersten oder gemeinsamen Ausgang 62, 64 gewährleistet sein kann.

**[0048]** Andere, modifizierte Signalschaltpläne sind auch geeignet, wenn damit die erfindungsgemässen Verfahren durchgeführt werden können.

**[0049]** Fig. 7 zeigt die Variante des digitalen Signalprozessors 60 mit dem ersten und dem zweiten Ausgang 62, 63 zur Verwendung mit zwei separaten Haupt- und Korrektur-Lautsprechern 21, 22, während Fig. 8 die Variante mit dem gemeinsamen Ausgang 64 für den gemeinsamen Lautsprecher 23 zeigt. Ansonsten sind die beiden Ausführungen mit wenigen Unterschieden weitgehend gleich.

**[0050]** Mit diesen hier dargestellten beiden Varianten des Signalprozessors 60 lassen sich sowohl beide Kennwertmessungen als auch die Nutzung des Verfahrens durchführen. Dazu sind ein erster Schalter 77 und, in der Variante nach Fig. 7, auch ein zweiter Schalter 78 angeordnet. Mit denen lässt sich der Signalprozessor 60 für jede Nutzung konfigurieren.

[0051] Der erste Schalter 77 ist am Ausgang des Filters 70, der mit  $S'(z)$ ,  $W(z)$  oder  $W^*(z)$  besetzt sein kann, angeordnet und kann wahlweise zum Subtrahierer 75 oder zum zweiten oder gemeinsamen Ausgang 63, 64 führen. Für die erste Kennwertmessung wird der erste Schalter 77 zum Subtrahierer 75 verbunden, damit das Signal aus dem Ausgang des Filters 70 vom Mikrofonsignal B, das beim Mikrofoneingang 65 eingeht, subtrahiert wird. Danach, für die zweite Kennwertmessung, sowie für die Nutzung des Verfahrens, wird der erste Schalter 77 das Signal vom Filter 70 zum zweiten oder gemeinsamen Ausgang 63, 64 führen.

[0052] In der zweiten Kennwertmessung erhält der Subtrahierer 75 kein zweites Signal zum Subtrahieren und leitet demnach das Signal D unverändert zum LMS Modul. Bei der Nutzung des Verfahrens wird bekanntlich kein Mikrofon verwendet. Ein Unterbrecher 79 kann daher nach dem Mikrofoneingang 65 vorgesehen sein, um Störungen zu vermeiden.

[0053] Weitere Unterbrecher 79 können vor oder nach dem Filterplatz 74 und/oder am Regelausgang 73 des LMS Moduls angeordnet sein. Sie alle können während der Nutzung des Verfahrens die Leitungen unterbrechen. Bei den Kennwertmessungen müssen sie aber eine Verbindung gewährleisten. Die Unterbrecher 79 sind optional und können auch weggelassen werden.

[0054] Ein weiterer Schalter 78, siehe Fig. 7, ist ausschliesslich notwendig, wenn der Signalprozessor über einen ersten und einen zweiten Ausgang 62, 63 verfügt. Dieser Schalter 78 kann ein Signal A, C, N aus dem Signaleingang 61 entweder zum ersten oder zum zweiten Ausgang 62, 63 leiten. Für die erste Kennwertmessung wird der zweite Schalter 78 zum zweiten Ausgang 63 verbunden, damit das Signal A zum Korrektur-Lautsprecher 22 geleitet werden kann, um dessen Charakteristik zu ermitteln. Danach, für die zweite Kennwertmessung sowie für die Nutzung des Verfahrens, wird der Schalter 78 zum ersten Ausgang 62 verbunden. In der zweiten Kennwertmessung wird das Signal C, bei der Nutzung des Verfahrens das Nutzersignal N zum zweiten Ausgang 63 geleitet.

[0055] Wie bereits beschrieben können auch hier Unterbrecher 79 angeordnet sein, welche die Verbindungen zum und vom LMS Modul unterbrechen können. Falls diese nicht angeordnet sind, muss das LMS Modul auf andere Weise daran gehindert werden, einen Einfluss auf den unveränderbaren Filter  $W^*(z)$  auszuüben.

[0056] Zusammenfassend muss nach der ersten Kennwertmessung der Schalter 77 und ggf. der Schalter 78 umgeschaltet werden, und nach der zweiten Kennwertmessung kann das Mikrofon entfernt und das LMS Modul mit dem vorgelagerten Filterplatz 74 abgekoppelt werden.

[0057] Sobald der Raum oder die Position der Lautsprecher 21, 22, 23 geändert werden, können erneut erste und zweite Kennwertmessungen durchgeführt werden. Dazu sind die Schalter 77, 78 wieder entsprechend einzustellen und das LMS Modul mit dem vorgelagerten Filterplatz 74 anzukoppeln. Zudem muss das Mikrofon 30 erneut aufgestellt und angeschlossen werden.

[0058] In einer bevorzugten Ausführung kann der Signalprozessor einen Tongenerator 50 umfassen für die Durchführung der Kennwertmessungen, wobei der Tongenerator vorzugsweise weisses oder rosa Rauschen erzeugen kann.

[0059] Erfindungsgemäss wird hier auch ein Lautsprecher 21, 22, 23 beschrieben, der einen erfindungsgemässen digitalen Signalprozessor 60 umfasst, wobei er vorzugsweise ein Subwoofer ist.

[0060] Dieser Lautsprecher ist vorzugsweise der Korrektur-Lautsprecher 22 oder der gemeinsame Lautsprecher 23.

## Bezugszeichenliste

### [0061]

- 10 Raum, beispielsweise Aufnahmestudio
- 11 Sitz einer Person, Person
- 12 Weitere Lautsprecher, optional
- 13 Wand des Raumes
  
- 21 Haupt-Lautsprecher
- 22 Korrektur-Lautsprecher
- 23 gemeinsamer Lautsprecher
- 24 Schallwellen
  
- 30 Mikrofon, Ort des Mikrophons
  
- 40 Tonelektronik, allgemein
- 41 Digital-Analog-Wandler
- 42 Vorverstärker
- 43 Leistungsverstärker
- 44 Mikrofonverstärker
- 45 Analog-Digital-Wandler
- 46 Kabel

|                 |                                                                          |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 50              | Tongenerator                                                             |
| 60              | digitaler Signalprozessor                                                |
| 61              | Signaleingang für ein digitales Signal                                   |
| 62              | erster Ausgang für den Haupt-Lautsprecher                                |
| 63              | zweiter Ausgang für den Korrektur-Lautsprecher                           |
| 64              | Ausgang für den gemeinsamen Lautsprecher                                 |
| 65              | Mikrofoneingang                                                          |
| 70              | Filterplatz, für veränderbaren oder unveränderbaren Filter               |
| 71              | Erster Eingang zum LMS Modul                                             |
| 72              | Zweiter Eingang zum LMS Modul                                            |
| 73              | Regelausgang vom LMS Modul zum veränderbaren Filter                      |
| 74              | Filterplatz                                                              |
| 75              | Subtrahierer zur Differenzbildung beim Zusammenführen zweier Signale     |
| 77              | Erster Schalter                                                          |
| 78              | Zweiter Schalter                                                         |
| 79              | Unterbrecher zur temporären Abkopplung, optional                         |
| A               | digitales Ausgangssignal, bei der ersten Kennwertmessung                 |
| B               | digitales Endsignal, bei der ersten Kennwertmessung                      |
| C               | digitales Ausgangssignal, bei der zweiten Kennwertmessung                |
| D               | digitales Endsignal, bei der zweiten Kennwertmessung                     |
| N               | digitales Nutzersignal für die Nutzung des Verfahrens                    |
| $\tilde{N}$     | gefiltertes Nutzersignal, zum Eliminieren der Raummoden                  |
| $\tilde{N}$     | Raummode, die sich auf Grund von abgegebenen Schallwellen im Raum bildet |
| LMS             | LMS Modul zur Durchführung von numerischen Gradientenverfahren           |
| S               | Sekundärpfad                                                             |
| $S(z)$          | erste Transferfunktion auf dem Sekundärpfad                              |
| $S'(z)$         | elektronisches Filter, veränderbar und speicherbar                       |
| $S^*(z)$        | gespeichertes elektronisches Filter $S'(z)$ , unveränderbar              |
| P               | Primärpfad                                                               |
| $P(z)$          | zweite Transferfunktion auf dem Primärpfad                               |
| $W(z)$          | elektronischer Filter, veränderbar und speicherbar                       |
| $W^*(z)$        | gespeicherter elektronischer Filter $W(z)$ , unveränderbar               |
| dt              | Zeitverzögerung im elektronischen Filter $W(z)$                          |
| dt <sub>p</sub> | Durchlaufzeit der Schallwelle im Primärpfad P                            |
| dt <sub>s</sub> | Durchlaufzeit der Schallwelle im Sekundärpfad S                          |

### Patentansprüche

- Verfahren zum Eliminieren von Raummoden ( $\tilde{N}$ ), die sich beim Abspielen eines digitalen Nutzersignals (N) durch einen Haupt-Lautsprecher (21) als Resonanzen in einem Raum (10) bilden, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
  - Einrichtung und Durchführung von Kennwertmessungen, durch
    - Positionieren eines Haupt-Lautsprechers (21) und eines Korrektur-Lautsprechers (22) in einem Raum (10), beispielsweise in einem Tonstudio, wobei diese Lautsprecher (21, 22) zwei separate oder ein gemeinsamer Lautsprecher (23) sein können; Positionieren eines Mikrophons (30) in diesem Raum (10); Vorsehen eines digitalen Signalprozessors (60) mit einem Signaleingang (61) zur Eingabe und Bearbeitung von digitalen Signalen (A, C, N), einem ersten (62) und einem zweiten (63) Lautsprecherausgang für den Haupt-Lautsprecher (21) und den Korrektur-Lautsprecher (22), die zu einem gemeinsamen Lautsprecherausgang (64) für den gemeinsamen Lautsprecher (23) zusammengefasst sein können, und einem Mikrofoneingang (65) für das Mikrophon (30), Verbindung des Signalprozessors (60), des oder der Lautsprecher (21, 22, 23) und des Mikrofons (30) mit einer Ton-elektronik (40), vorzugsweise umfassend je mindestens einen Digital-Analog-Wandler (41), Leistungsverstärker (43), Mikrofonverstärker (44), Analog-Digital-Wandler (45) sowie Kabel (46), zur Erzeugung und Erfassung von Schallwellen (24) mittels Lautsprecher (21, 22, 23) und Mikrophon (30);
    - Durchführen einer ersten Kennwertmessung, bei der eine erste Transferfunktion ( $S(z)$ ), welche die Veränderung eines digitalen Signals (A) abbildet, nachdem es auf einem Sekundärpfad (S), der über den Korrektur-Lautsprecher (22) oder den gemeinsamen Lautsprecher (23) als Schallwellen (24) abgespielt, am Mikrophon (30) aufgenommen und als digitales Signal B erfasst wurde [ $AS(z)=B$ ], durch einen veränderbaren elektronischen Filter ( $S'(z)$ ) nachgebildet wird,

unter Verwendung eines LMS (Least Mean Square) Moduls zur Durchführung eines numerischen Gradientenverfahrens, vorzugsweise mittels der filtered-x LMS Methode, welches auf Grund der Kenntnis des ursprünglichen Signals (A) das veränderbare Filter ( $S'(z)$ ) generiert und so lange anpasst, bis das ursprüngliche Signal (A), nachdem es diesen Filter ( $S'(z)$ ) durchlaufen hat, dem erfassten Signal (B) am Ende des Sekundärpfades (S) entspricht und dieses entsprechend an einem elektronischen Subtrahierer (75) möglichst auslöscht [ $AS(z) - AS'(z) \approx 0$ ];

iii. Abspeichern dieses elektronischen Filters ( $S^*(z)$ ), der somit unveränderbar wird;

iv. Durchführen einer zweiten Kennwertmessung, bei der eine zweite Transferfunktion ( $P(z)$ ), welche die Veränderung eines digitalen Signals C abbildet, nachdem es auf einem Primärpfad (P), der über den Haupt-Lautsprecher (21) oder den gemeinsamen Lautsprecher (23) als Schallwellen (24) abgespielt, am Mikrophon (30) aufgenommen und als digitales Signal (D) erfasst wurde [ $CP(z)=D$ ], durch einen veränderbaren elektronischen Filter ( $W(z)$ ) teilweise nachgebildet wird,

unter Verwendung des LMS Moduls zur Durchführung eines numerischen Gradientenverfahrens, vorzugsweise mittels der filtered-x LMS Methode, welches auf Grund der Kenntnis des ursprünglichen Signals (C), nachdem es den abgespeicherten Filter ( $S^*(z)$ ) durchlaufen hat, den veränderbaren Filter ( $W(z)$ ) generiert und so lange anpasst, bis das ursprüngliche Signal (C), wenn es diesen veränderbaren Filter ( $W(z)$ ) und anschliessend den Sekundärpfad (S) durchläuft, dem Negativen des erfassten Signals (D) vom Primärpfad P entspricht und dieses entsprechend beim Zusammenführen am Mikrophon (30) minimiert [ $CP(z) - CWS(z) \approx 0$ ];

v. Abspeichern des elektronischen Filters ( $W^*(z)$ ), der somit unveränderbar wird;

b. Einrichten und Nutzung des Verfahrens mit einem Nutzersignal (N), durch

i. Positionieren des Haupt-Lautsprechers (21) und des Korrektur-Lautsprechers (22), oder des gemeinsamen Lautsprechers (23), an denselben Stellen im selben Raum (10) wie bei den Kennwertmessungen, mit derselben dafür erforderlichen Tonelektronik (40) und Anschliessen am digitalen Signalprozessor (60) wie bei Schritt a.;

ii. Leiten des digitalen Nutzersignals (N) zum ersten oder gemeinsamen Ausgang (62, 64) und Abspielen durch den Haupt- oder gemeinsamen Lautsprecher (21, 23), wobei sich Raummoden ( $\tilde{N}$ ) im Raum (10) ausbilden;

iii. gleichzeitiges Leiten dieses Nutzersignals (N) durch den zuletzt abgespeicherten Filter ( $W^*(z)$ ) im Signalprozessor (60) und anschliessendes Weiterleiten zum zweiten oder gemeinsamen Ausgang (63, 64), und

wegen der vom Filter ( $W^*(z)$ ) beanspruchten Zeit ( $dt$ ) verzögertes Abspielen dieses gefilterten Nutzersignals ( $\tilde{N}$ ) durch den Korrektur- oder gemeinsamen Lautsprecher (22, 23),

iv. wodurch die Raummoden ( $\tilde{N}$ ) des digitalen Nutzersignals (N), die nach der Zeitverzögerung ( $dt$ ) noch im Raum (10) vorhanden sind, gelöscht werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Schritt a.iv) der digitale Signalprozessor (60) für die zweite Kennwertmessung eingerichtet wird, indem der Ausgang des veränderbaren Filters ( $W(z)$ ) an den zweiten oder gemeinsamen Ausgang (63, 64) zum Korrektur-Lautsprecher (22) oder zum gemeinsamen Lautsprecher (23) geleitet wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Mikrophon (30) im Schritt a. an einer Stelle positioniert wird, an der im Schritt b. voraussichtlich eine Person (11) sein wird, oder nahe einer Wand (13) des Raums (10), welche vom Haupt-Lautsprecher (21) weit entfernt ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Raum (10) zwischen 10 und 100 m<sup>2</sup> gross ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitverzögerung ( $dt$ ) des verzögerten Abspielens des Korrektur-Lautsprechers (22) der Zeit entspricht, welche das Nutzersignal (N) für den Durchlauf durch das Filter  $W^*(z)$  benötigt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Haupt-Lautsprecher (21) und der Korrektur-Lautsprecher (22) separate Lautsprecher sind.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt a. der Korrektur-Lautsprecher (22) an einer Stelle im Raum (10) derart positioniert wird, dass eine Schallwelle (24), welche vom Haupt-Lautsprecher (21) ausgesandt wird, früher beim Mikrophon (30) ankommt als eine Schallwelle (24), welche mit der Zeitverzögerung ( $dt$ ) später vom Korrektur-Lautsprecher (22) ausgesandt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein gemeinsamer Lautsprecher (23) eingesetzt wird, welchem jene beide Signale überlagert zugeführt werden, welche einzeln für den Haupt-Lautsprecher (21) und den Korrektur-Lautsprecher (22) vorgesehen waren.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt b. kein Mikrophon (30) verwendet wird, wobei das Mikrophon (30) vor dem Schritt b. des Verfahrens vorzugsweise abgehängt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Haupt-Lautsprecher (21) und/oder der Korrektur-Lautsprecher (22), oder ggf. der gemeinsame Lautsprecher (23) Subwoofer sind.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das numerische Gradientenverfahren ein filtered-x LMS Algorithmus ist.

12. Digitaler Signalprozessor (60) zur Verwendung in einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend
  - einen digitalen Signaleingang (61) zum Einspeisen eines digitalen Ausgangssignals (A, C) oder digitalen Nutzersignals (N),
  - entweder einen ersten und einen zweiten Ausgang (62, 63) zum Anschliessen eines Haupt- und eines Korrektur-Lautsprechers (21, 22), oder einen gemeinsamen Ausgang (64) zum Anschliessen eines gemeinsamen Lautsprechers (23),
  - einen Mikrophon-Eingang (65), an das für die Kennwertmessungen ein Mikrophon (30) angeschlossen werden kann,
  - ein LMS Modul zur Durchführung von Algorithmen mit zwei Eingängen (71, 72) und einem Regelausgang (73) zur Durchführung der Kennwertmessungen, wobei sein erster Eingang (71) mit dem digitalen Signaleingang (61) und sein zweiter Eingang (72) mit dem Mikrophon-Eingang (65) verbunden ist,
  - wobei vor dem ersten Eingang (71) des LMS Moduls ein Filterplatz (74) angeordnet ist, der während der ersten Kennwertmessung leer und während der zweiten Kennwertmessung mit einem unveränderbaren Filter ( $S^*(z)$ ) belegt sein kann,
  - ein Filterplatz (70) für einen veränderbaren Filter ( $S'(z)$ ,  $W(z)$ ), welcher während den Kennwertmessungen durch den Regelausgang (73) des LMS Moduls verändert werden kann und in welchem nach Abschluss der zweiten Kennwertmessung ein unveränderbarer elektronischer Filter ( $W^*(z)$ ) abgespeichert werden kann, wobei der Filterplatz (70) eingangsseitig mit dem digitalen Signal-Eingang (61) verbunden ist und ausgangsseitig durch einen ersten Schalter (77) umschaltbar ist, sodass es ausgangsseitig für die erste Kennwertmessung gemeinsam mit dem Mikrofoneingang (65) zu einem Subtrahierer (75) und anschliessend zum zweiten Eingang (72) des LMS Moduls geführt werden kann, und für die zweite Kennwertmessung sowie und für die Nutzung des Verfahrens im Schritt b. mit dem zweiten oder gemeinsamen Lautsprecherausgang (63, 64) verbunden sein kann,
  - sowie eine Verbindung vom digitalen Signaleingang (61), welche entweder zu einem zweiten Schalter (78) führt, welcher wahlweise eine Verbindung zum ersten oder zweiten Ausgang (62, 63) herstellen kann, oder zum gemeinsamen Ausgang (64), sodass für die erste Kennwertmessung die Verbindung zum zweiten oder gemeinsamen Ausgang (63, 64) und für die zweite Kennwertmessung sowie für die Nutzung des Verfahrens die Verbindung zum ersten oder gemeinsamen Ausgang (62, 64) gewährleistet sein kann.
13. Digitaler Signalprozessor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Unterbrecher (79) angeordnet sind, welche für die Nutzung des Verfahrens nach Abschluss der Kennwertmessungen die Verbindung zum ersten und/oder zweiten Eingang (71, 72) des LMS Modul und/oder die Regelverbindung vom LMS Modul zum Filterplatz (70) unterbrechen können.
14. Digitaler Signalprozessor nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass dieser einen Tongenerator (50) umfasst für die Durchführung der Kennwertmessungen, wobei der Tongenerator (70) vorzugsweise ein rosa Rauschen erzeugen kann.
15. Lautsprecher (21, 22, 23) umfassend einen Digitalen Signalprozessor (60) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei er vorzugsweise ein Subwoofer ist.
16. Lautsprecher (22, 23) nach Anspruch 15, wobei der Lautsprecher (22, 23) ein Korrektur-Lautsprecher (22) oder ein gemeinsamer Lautsprecher (23) ist.

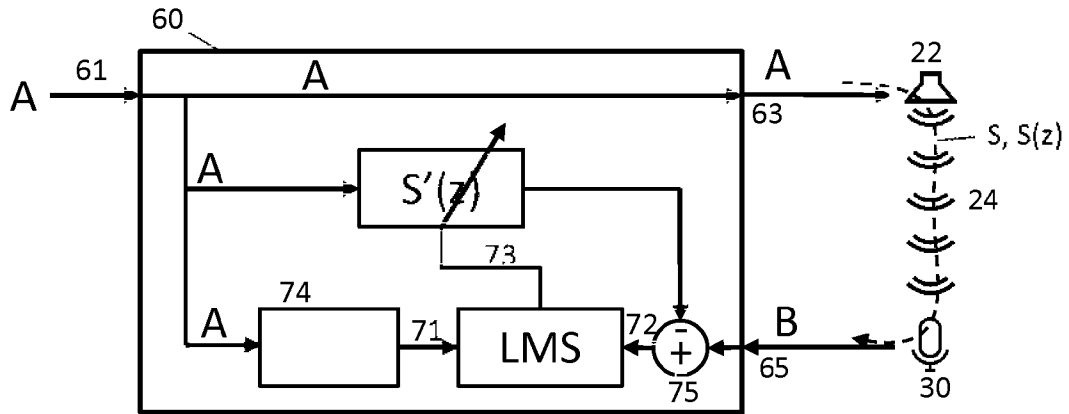


Fig. 1

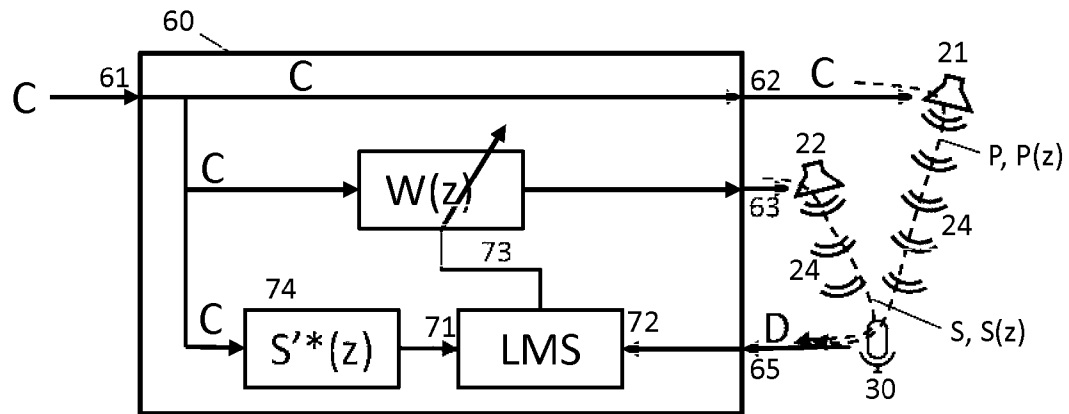


Fig. 2

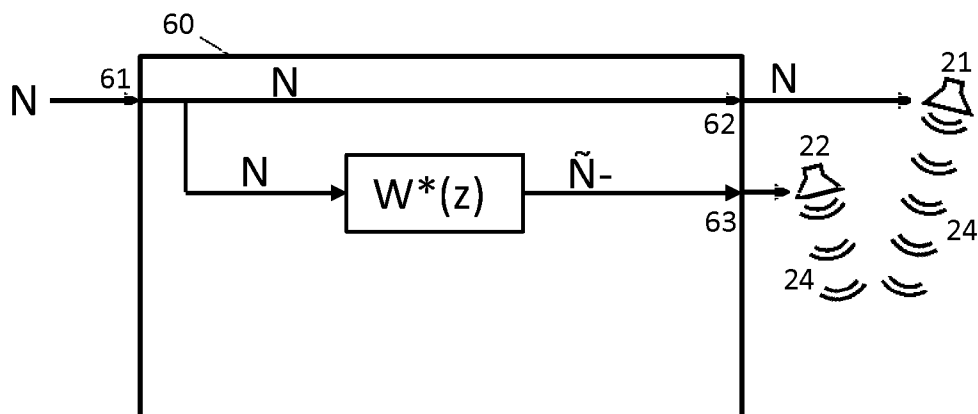
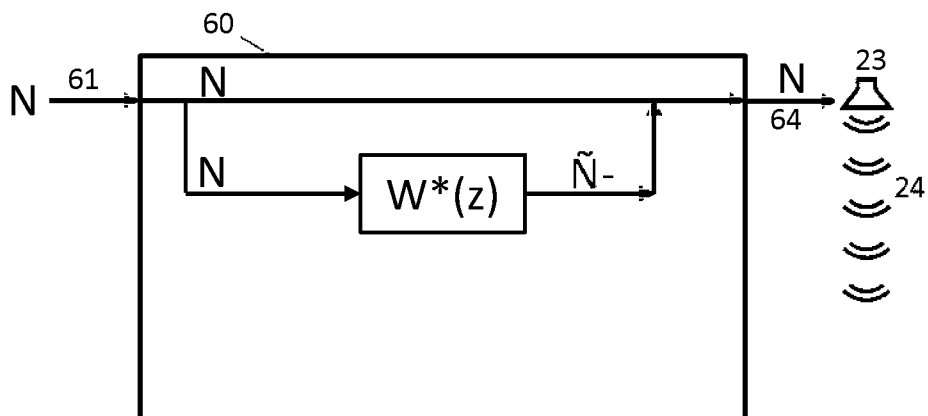
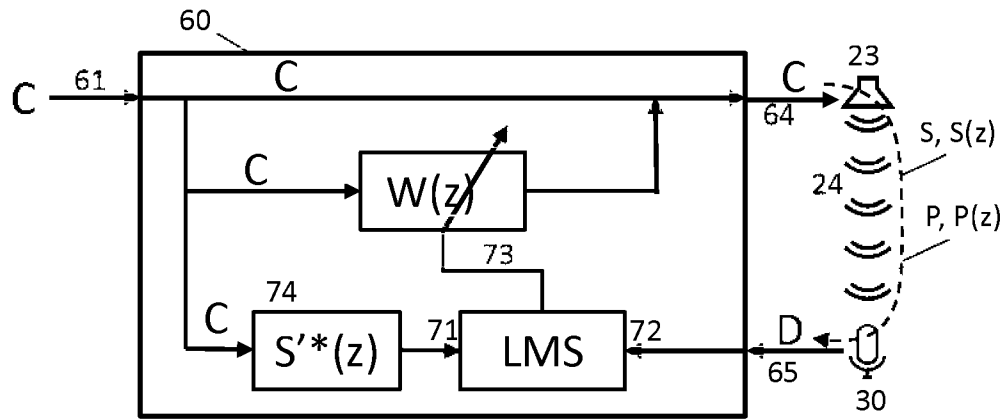
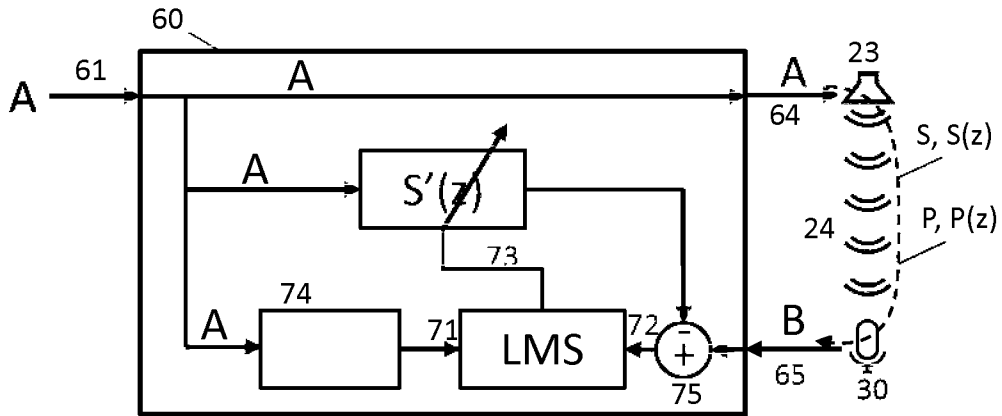


Fig. 3



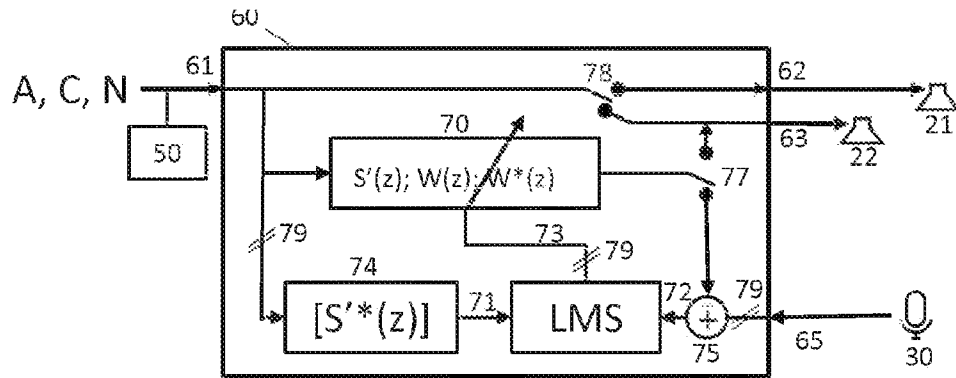


Fig. 7

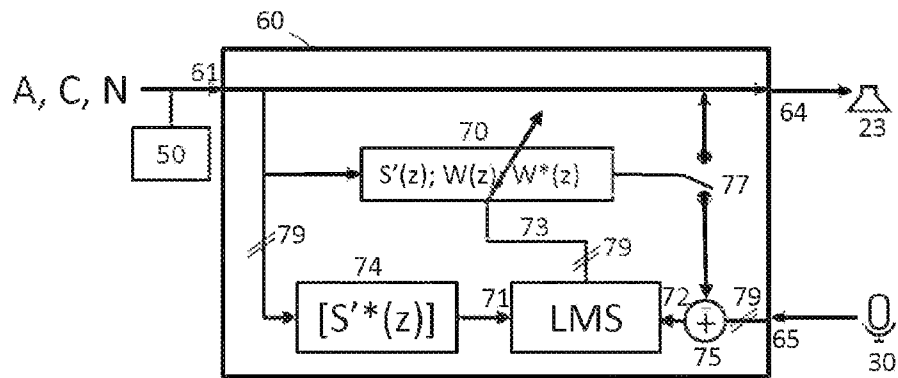


Fig. 8

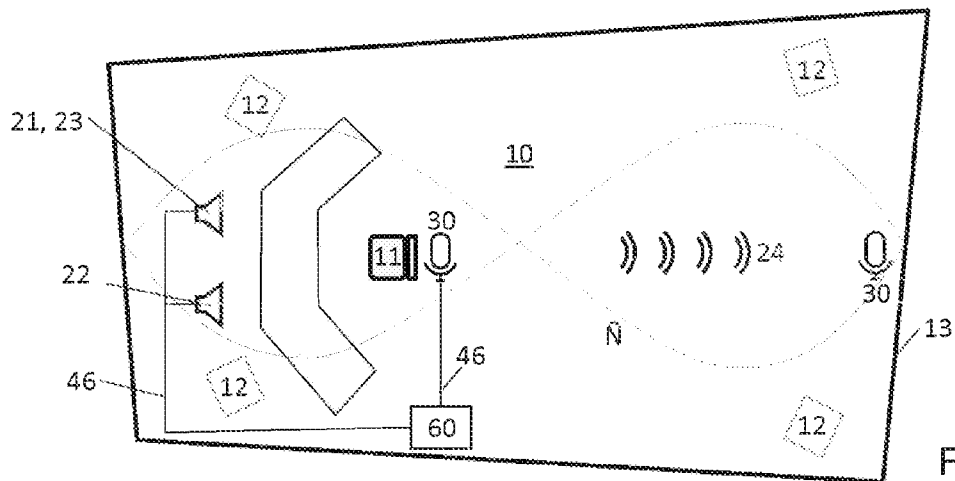


Fig. 9

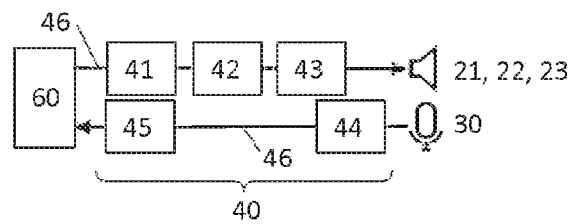


Fig. 10

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

|                                                                                                                                                                |                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| KENNZEICHNUNG DER NATIONALEN ANMELDUNG                                                                                                                         | AKTENZEICHEN DES ANMELDERS ODER ANWALTS<br><br><b>500022 CH</b>                                                                           |
| Nationales Aktenzeichen<br><br><b>705722021</b>                                                                                                                | Anmeldedatum<br><br><b>17-11-2021</b>                                                                                                     |
| Anmelde-land<br><br><b>CH</b>                                                                                                                                  | Beanspruchtes Prioritätsdatum                                                                                                             |
| Anmelder (Name)<br><br><b>Rocket Science AG</b>                                                                                                                |                                                                                                                                           |
| Datum des Antrags auf eine Recherche<br>Internationaler Art<br><br><b>26-11-2021</b>                                                                           | Nummer, die die internationale Recherchenbehörde dem<br>Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat<br><br><b>SN80079</b> |
| <b>I. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS</b> (treffen mehrere Klassifikationssymbole zu, so sind alle anzugeben)                                         |                                                                                                                                           |
| Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC<br><br><b>Siehe Recherchenbericht</b> |                                                                                                                                           |
| <b>II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE</b>                                                                                                                           |                                                                                                                                           |
| Recherchierter Mindestprüfstoff                                                                                                                                |                                                                                                                                           |
| Klassifikationssystem                                                                                                                                          | Klassifikationssymbole                                                                                                                    |
| <b>IPC</b>                                                                                                                                                     | <b>Siehe Recherchenbericht</b>                                                                                                            |
| Recherchierte, nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen                               |                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                |                                                                                                                                           |
| <b>III.</b> <input type="checkbox"/> <b>EINIGE ANSPRÜCHE HABEN SICH ALS NICHT<br/>RECHERCHIERBAR ERWIESEN</b> (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)                |                                                                                                                                           |
| <b>IV.</b> <input type="checkbox"/> <b>MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG</b> (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)                                           |                                                                                                                                           |

Formblatt PCT/ISA 201 A (11/2000)

## BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 705722021

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
| INV.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | H04S7/00                                                                                                                                                                                                     | G10K11/178 H04R29/00                                            |
| ADD.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
| B. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
| Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
| H04S G10K H04R                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
| Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
| Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
| EPO-Internal, WPI Data                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
| C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
| Kategorie*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                                           | Betr. Anspruch Nr.                                              |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | WO 2017/037341 A1 (GENELEC OY [FI])<br>9. März 2017 (2017-03-09)<br>* das ganze Dokument *                                                                                                                   | 1-16                                                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | WO 02/090902 A2 (TC ELECTRONIC AS [DK];<br>CHRISTENSEN KNUD BANK [DK] ET AL.)<br>14. November 2002 (2002-11-14)<br>* Zusammenfassung *<br>* Seite 19, Zeile 1 - Seite 28, Zeile 13 *<br>* Abbildungen 1-10 * | 1-16                                                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | WO 2007/028094 A1 (HARMAN INT IND [US];<br>CHAIKIN PETER [US] ET AL.)<br>8. März 2007 (2007-03-08)<br>* Zusammenfassung *<br>* Absätze [0031] - [0047] *<br>* Abbildungen 1-3 *                              | 1-16                                                            |
| -/--                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
| * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :<br>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll, oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)<br>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br>"P" Veröffentlichung, die vor dem Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist<br>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist<br>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist<br>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
| Datum des tatsächlichen Abschlusses der Recherche internationaler Art                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                              | Absenddatum des Berichts über die Recherche internationaler Art |
| 7. März 2022                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                              |                                                                 |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                              | Bevollmächtigter Bediensteter<br><br>Sucher, Ralph              |

3

Formblatt PGT/ISA/201 (Blatt 2) (Januar 2004)

Seite 1 von 2

## BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 705722021

| C.(Fortsetzung). ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Kategorie*                                                    | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                                                                                                                                                                                 | Betr. Anspruch Nr. |
| A                                                             | <p>EP 3 445 069 A1 (HARMAN BECKER AUTOMOTIVE SYSTEMS GMBH [DE])<br/> 20. Februar 2019 (2019-02-20)<br/> * Zusammenfassung *<br/> * Absätze [0054] - [0073] *<br/> * Abbildungen 5, 6 *</p> <p>-----</p>                                                                                                                                            | 1,12               |
| A                                                             | <p>EP 2 134 105 A1 (ALPINE ELECTRONICS INC [JP]) 16. Dezember 2009 (2009-12-16)<br/> * das ganze Dokument *</p> <p>-----</p>                                                                                                                                                                                                                       | 1,12               |
| A                                                             | <p>FR 2 965 685 A1 (CABASSE [FR])<br/> 6. April 2012 (2012-04-06)<br/> * das ganze Dokument *</p> <p>-----</p>                                                                                                                                                                                                                                     | 1,12               |
| T                                                             | <p>ELLIOTT S J ET AL: "MULTIPLE-POINT EQUALIZATION IN A ROOM USING ADAPTIVE DIGITAL FILTERS*",<br/> JOURNAL OF THE AUDIO ENGINEERING SOCIETY, AUDIO ENGINEERING SOCIETY, NEW YORK, NY, US,<br/> Bd. 37, Nr. 11,<br/> 1. November 1989 (1989-11-01), Seiten 899-907, XP000142129,<br/> ISSN: 1549-4950<br/> * das ganze Dokument *</p> <p>-----</p> |                    |

## BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 705722021

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| WO 2017037341                                      | A1                            | 09-03-2017                        | CN 108370467 A 03-08-2018     |
|                                                    |                               | EP 3345404 A1 11-07-2018          |                               |
|                                                    |                               | FI 129335 B 15-12-2021            |                               |
|                                                    |                               | US 2018268802 A1 20-09-2018       |                               |
|                                                    |                               | WO 2017037341 A1 09-03-2017       |                               |
| WO 02090902                                        | A2                            | 14-11-2002                        | AU 2002341520 A1 18-11-2002   |
|                                                    |                               | EP 1390702 A2 25-02-2004          |                               |
|                                                    |                               | US 2004252844 A1 16-12-2004       |                               |
|                                                    |                               | WO 02090902 A2 14-11-2002         |                               |
| WO 2007028094                                      | A1                            | 08-03-2007                        | US 2010272270 A1 28-10-2010   |
|                                                    |                               | US 2014161265 A1 12-06-2014       |                               |
|                                                    |                               | WO 2007028094 A1 08-03-2007       |                               |
| EP 3445069                                         | A1                            | 20-02-2019                        | CN 109413545 A 01-03-2019     |
|                                                    |                               | EP 3445069 A1 20-02-2019          |                               |
|                                                    |                               | KR 20190019833 A 27-02-2019       |                               |
|                                                    |                               | US 2019124461 A1 25-04-2019       |                               |
| EP 2134105                                         | A1                            | 16-12-2009                        | KEINE                         |
| FR 2965685                                         | A1                            | 06-04-2012                        | FR 2965685 A1 06-04-2012      |
|                                                    |                               | WO 2012045927 A1 12-04-2012       |                               |