

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
28. August 2014 (28.08.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/127773 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G10H 1/12 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2014/200017

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Januar 2014 (21.01.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 202 890.3
22. Februar 2013 (22.02.2013) DE

(71) Anmelder: SCHAEFFLER TECHNOLOGIES GMBH
& CO. KG [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074
Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: MÜLLER, Felix; Ruppertsdorfer Straße 7,
91622 Rügland (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

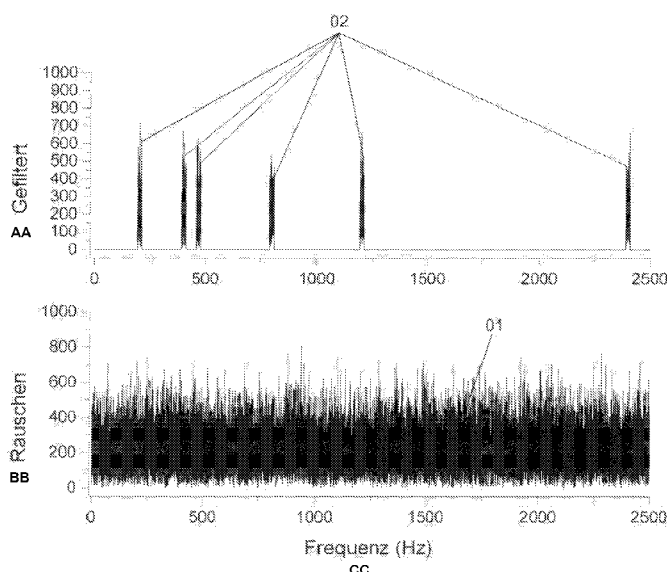
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: AUDIO SIGNAL FOR A SYNTHETIC NOISE OF A MOTOR VEHICLE, AND METHOD FOR GENERATING
SAME

(54) Bezeichnung : AUDIOSIGNAL FÜR EIN SYNTHETISCHES GERÄUSCH EINES KRAFTFAHRZEUGES SOWIE
VERFAHREN ZU DESSEN ERZEUGUNG



(57) Abstract: The invention relates to a method for
generating an audio signal (02) for a synthetic noise of a
motor vehicle. The invention further relates to said audio
signal (02) for the synthetic noise of a motor vehicle. In
a step of the method according to the invention, a signal
(01) is provided which represents a noise. Furthermore,
a fundamental frequency is determined which represents
an operating rotational speed of the motor vehicle. In
another step, multiple filters are applied to the signal
(01) of the noise. Each of the filters has a central
frequency which is linked to the determined fundamental
frequency by a factor of order. At least a plurality of the
factors of order are whole numbers such that said filters
filter harmonics of the fundamental frequency. The
factors of order and amplitude curves of the filters are
selected in a manner corresponding to a sound
characteristic of the motor vehicle noise to be
synthesized. The noise signal (02) which is evaluated by
the filters constitutes the audio signal (02) for the
synthetic noise of the motor vehicle dependent on the
operating rotational speed of the motor vehicle.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines Audiosignals (02) für ein synthetisches Geräusch eines Kraftfahrzeuges. Im Weiteren betrifft die Erfindung das genannte Audiosignal (02) für das synthetische Geräusch eines Kraftfahrzeuges. In einem Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Signal (01) bereitgestellt, welches ein Rauschen darstellt. Weiterhin wird eine Grundfrequenz festgelegt, welche eine Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges repräsentiert. In einem weiteren Schritt werden mehrere Filter auf das Signal (01) des Rauschens angewendet. Die Filter weisen jeweils eine Mittenfrequenz auf, welche über einen Ordnungsfaktor mit der festgelegten Grundfrequenz verknüpft ist. Zumindest mehrere der Ordnungsfaktoren sind ganzzahlig, sodass diese Filter Oberwellen der Grundfrequenz filtern. Die Ordnungsfaktoren und Amplitudenverläufe der Filter sind entsprechend einer Klangcharakteristik des zu synthetisierenden Geräusches des Kraftfahrzeuges ausgewählt. Das durch die Filter bewertete Signal (02) des Rauschens stellt das Audiosignal (02) für das synthetische Geräusch des Kraftfahrzeuges in Abhängigkeit von der Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges dar.

5 **Audiosignal für ein synthetisches Geräusch eines Kraftfahrzeuges sowie Verfahren zu dessen Erzeugung**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines Audiosignals für ein synthetisches Geräusch eines Kraftfahrzeuges, beispielsweise eines Kraftfahrzeuges mit einem Verbrennungsmotor oder eines Kraftfahrzeuges mit einem Elektromotor als Antrieb. Im Weiteren betrifft die Erfindung das genannte Audiosignal für das synthetische Geräusch eines Kraftfahrzeuges. Derartige Audiosignale werden während des Betriebes des Kraftfahrzeuges ausgegeben und dienen beispielsweise dem Fußgängerschutz.

15

Die DE 10 2011 102 709 A1 zeigt eine Einrichtung zur simulierenden Erzeugung von Betriebsgeräuschen eines Kraftfahrzeuges. Diese Einrichtung umfasst eine echtzeitfähige Verarbeitungseinheit, mit welcher Betriebsparameter des Kraftfahrzeuges erfasst werden. Die Kanäle eines mehrkanaligen Sample-Players werden in Abhängigkeit von den erfassten Betriebsparametern zur Erzeugung der Betriebsgeräusche angesteuert.

Aus der DE 10 2009 055 777 A1 ist ein Verfahren zur synthetischen Erzeugung eines Motorgeräusches bekannt, bei welchem ein Datenspeicher genutzt wird, in welchem mehrere Signal-Sample mit Funktionswerten abgelegt sind. Die Signal-Sample werden in Abhängigkeit von erfassten Betriebsparametern des Motors drehzahlangepasst abgerufen.

Die DE 197 46 523 B4 zeigt ein Verfahren zur Klangerzeugung in Kraftfahrzeugen, bei welchen zunächst eine Drehzahl eines Motors des Kraftfahrzeuges erfasst wird. Entsprechend der ermittelten Drehzahl wird eine Grundfrequenz des vom Motor abgestrahlten Geräusches berechnet. Weiterhin wird ein Lastzustand des Motors durch einen Lastzustandssensor erfasst. Entsprechend

30

dem Lastzustand werden Oberwellen zur Grundfrequenz ausgewählt, wobei zu höheren Lasten hin das Gesamtspektrum angehoben wird.

Aus der EP 0 469 023 B1 ist ein Geräuschverstärkungssystem zur Verwendung
5 in einem Fahrzeug bekannt, welches eine Quelle von gespeicherten Signalen für Fahrzeugbetriebsgeräusche umfasst. Weiterhin dienen Signalquellen zur Bereitstellung von auf den Fahrzeugbetrieb bezogenen Signalen, wie beispielsweise Fahrzeugbeschleunigungssignale, Motorbetriebssignale, Drosselklappenstellungssignale und Gangwechselsignale.

10

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht ausgehend vom Stand der Technik darin, die Bereitstellung von Audiosignalen für synthetische Geräusche von Kraftfahrzeugen zu vereinfachen. Insbesondere soll auf die aufwändige Tonaufnahme von natürlichen Geräuschen entsprechender Kraftfahrzeuge
15 verzichtet werden können.

Die genannte Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Erzeugung eines Audiosignales für ein synthetisches Geräusch eines Kraftfahrzeuges gemäß dem beigefügten Anspruch 1. Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Audiosignal für ein synthetisches Geräusch eines Kraftfahrzeuges gemäß dem
20 beigefügten nebengeordneten Anspruch 10.

Das erfindungsgemäße Verfahren dient der Erzeugung eines Audiosignals, welches ein synthetisches Geräusch eines Kraftfahrzeuges repräsentiert. Das
25 Audiosignal ist dafür vorgesehen, während des Betriebes des Kraftfahrzeuges über Lautsprecher ausgegeben zu werden. Das ausgegebene Audiosignal soll beispielsweise durch die Insassen im Kraftfahrzeug oder aber durch andere Personen, beispielsweise durch Fußgänger im Umgebungsbereich des Kraftfahrzeuges, wahrgenommen werden. Das Kraftfahrzeug kann beispielsweise
30 einen Verbrennungsmotor oder einen Elektromotor als Antriebsmotor umfassen. Insbesondere bei den sehr leise fahrenden Elektrofahrzeugen sollen derartige synthetische Geräusche das auditive Wahrnehmen des Fahrzeuges erleichtern.

In einem Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Signal bereitgestellt, welches ein Rauschen darstellt. Grundsätzlich kann das Rauschen einer beliebigen Charakteristik entsprechen. Auch kann das Rauschen synthetisch
5 oder natürlich erzeugt worden sein. Rauschsignale sind in vielen unterschiedlichen Formen verfügbar und aufwandsarm bereitzustellen. Das Signal des Rauschens liegt bevorzugt in digitaler Form vor. In einem weiteren Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Grundfrequenz festgelegt, welche eine Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges repräsentiert. Im einfachsten Fall gleicht
10 die Grundfrequenz der Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges, wobei die verschiedenen Einheiten, insbesondere die Einheit „Umdrehungen je Minute“ und die Einheit „Hertz“ entsprechend umzurechnen sind. Im einfachsten Fall erfolgt das Festlegen der Grundfrequenz durch die Definition eines Wertes oder mehrerer Werte der Grundfrequenz. Das Festlegen der Grundfrequenz kann aber
15 auch durch die Bereitstellung eines Signals erfolgen, welches die Grundfrequenz aufweist.

In einem weiteren Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens werden mehrere Filter auf das Signal des Rauschens angewendet. Diese Filter sind bevorzugt
20 als Bandpässe ausgebildet, besonders bevorzugt als schmalbandige Bandpässe. Die Filter weisen jeweils eine Mittenfrequenz auf, welche über einen Ordnungsfaktor mit der festgelegten Grundfrequenz verknüpft ist. Zumindest mehrere der Ordnungsfaktoren sind ganzzahlig, sodass diese Filter Oberwellen der Grundfrequenz filtern, d. h. passieren lassen. Die Ordnungsfaktoren und Amplitudenverläufe der Filter sind entsprechend einer Klangcharakteristik des zu
25 synthetisierenden Geräusches des Kraftfahrzeuges ausgewählt. Somit kann über die Wahl der Ordnungsfaktoren und der Amplitudenverläufe der Filter die Charakteristik des zu synthetisierenden Geräusches entsprechend den Vorgaben bestimmt werden. Das durch die Filter bewertete Signal des Rauschens
30 stellt das Audiosignal für das synthetische Geräusch des Kraftfahrzeuges in Abhängigkeit von der Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges dar. Das Audiosignal liegt bevorzugt digital vor.

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass es besonders aufwandsarm durchführbar ist. Es erfordert nicht die Tonaufnahme von Schall eines vergleichbaren Fahrzeuges, um das zu synthetisierte Geräusch erzeugen zu können. Das erfindungsgemäße Verfahren kann beispielsweise auf einem PC unter Nutzung von Standardprogrammen durchgeführt werden.

Bei bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird weiterhin mindestens ein Breitbandfilter auf das Signal des Rauschens angewendet. Der Breitbandfilter ist unabhängig von der Grundfrequenz und repräsentiert ein Geräusch beim Betrieb des Kraftfahrzeuges, welches unabhängig von der Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges ist. Durch das Breitbandfilter bzw. durch die mehreren Breitbandfilter können Geräusche, wie beispielsweise Wind- und Reifengeräusche, synthetisiert werden. Das Breitbandfilter bzw. die mehreren Breitbandfilter können jeweils durch einen Hochpass, einen Tiefpass oder ein Bandfilter gebildet sein.

Das Rauschen ist bevorzugt durch ein weißes Rauschen gebildet. Weißes Rauschen ist als Standardsignal vielfältig verfügbar und kann daher besonders aufwandsarm bereitgestellt werden. Das bereitzustellende Rauschen kann aber auch eine andere Charakteristik aufweisen.

Bei bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges durch eine Drehzahl eines Antriebsmotors des Kraftfahrzeuges gebildet. Beispielsweise stellt die Betriebsdrehzahl die Drehzahl eines Verbrennungsmotors oder eines Elektromotors zum Antrieb des Kraftfahrzeuges dar.

Entsprechend den bei Antriebsmotoren von Kraftfahrzeugen auftretenden Drehzahlen beträgt die Grundfrequenz bevorzugt zwischen 0,1 Hz und 200 Hz, besonders bevorzugt zwischen 1 Hz und 100 Hz.

Das Festlegen der Grundfrequenz erfolgt bevorzugt dadurch, dass eine die Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges repräsentierende Pulsfolge bereitgestellt wird, welche die Grundfrequenz aufweist. Die Pulsfolge repräsentiert insbesondere den Antriebsmotor des Kraftfahrzeuges und kann daher als künstlicher
5 Drehzahlkanal aufgefasst werden.

Die Filter weisen jeweils eine Bandbreite auf, welche bevorzugt zwischen 5 Hz und 50 Hz, besonders bevorzugt zwischen 10 Hz und 30 Hz beträgt.

- 10 Die Filter sind bevorzugt durch jeweils ein Kalman-Filter gebildet. Kalman-Filter sind besonders gut zur Filterung der Oberwellen geeignet. Es können aber auch andere schmalbandige Filtertypen verwendet werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens
15 sind mehrere der Ordnungsfaktoren aus der Gruppe der ganzen Zahlen zwischen einschließlich 2 und einschließlich 10 ausgewählt, wodurch das Geräusch eines Verbrennungsmotors synthetisiert werden kann. Insbesondere umfassen die Ordnungsfaktoren bevorzugt die Zahlen 2, 4, 6 und 8 oder die Zahlen 3, 6 und 9. Hierdurch kann beispielsweise das Geräusch eines Ver-
20 brennungsmotors mit vier Zylindern bzw. mit sechs Zylindern synthetisiert werden.

Bei einer alternativen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sind mehrere der Ordnungsfaktoren ganzzahlig und größer oder
25 gleich 20. Dabei umfassen die Ordnungsfaktoren weiterhin bevorzugt eine oder mehrere der Zahlen 20, 40, 47, 80, 120 und 240. Diese Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind zur Erzeugung des Audiosignales des synthetischen Geräusches eines Kraftfahrzeuges geeignet, welches Elektromotoren als Antriebsmotoren aufweist.

30

Bei besonderen Ausführungsformen sind einige der Ordnungsfaktoren nicht ganzzahlig, um das Geräusch eines besonderen Fahrzeuges bzw. eines be-

sonderen Antriebsmotors nachzubilden. Beispielsweise können einige der Ordnungsfaktoren durch gemeine Brüche mit einer Zwei als Nenner gebildet sein.

Die Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges ist in den meisten Fällen nicht konstant. Daher wird bevorzugt nicht lediglich eine konstante Grundfrequenz bereitgestellt. Bevorzugt werden mehrere der Grundfrequenzen festgelegt. Besonders bevorzugt wird die Grundfrequenz als eine über eine Zeitdauer zeitlich veränderliche Größe festgelegt, wobei sich die Grundfrequenz während der Zeitdauer zwischen einem Minimalwert und einem Maximalwert verändert. Insofern die Grundfrequenz durch Bereitstellen einer Pulsfolge festgelegt wird, so ändert sich bevorzugt die Grundfrequenz während der Zeitdauer zwischen einem Minimalwert und einem Maximalwert. Es handelt sich dann um einen künstlichen Drehzahlkanal mit einer veränderlichen Drehzahl. Die Zeitdauer beträgt bevorzugt zwischen 10 s und 200 s.

15

Die Mittenfrequenzen der Filter ändern sich bevorzugt in gleicher Weise wie die sich zeitlich verändernde Grundfrequenz. Daher werden beim Anwenden der Filter auf das Signal des Rauschens die Mittenfrequenzen der Filter mit der sich zeitlich ändernden Grundfrequenz verändert. Die Verknüpfung der Mittenfrequenzen mit der Grundfrequenz über die Ordnungsfaktoren bleibt dabei immer erhalten.

Bei einer ersten bevorzugten Ausführungsform ändert sich die Grundfrequenz während der Zeitdauer stetig, sodass eine Rampe ausgebildet wird, beispielsweise in Form einer Drehzahlrampe. Bei dem von der Zeit abhängigen synthetisierten Geräusch des Kraftfahrzeuges repräsentiert die Zeit gleichzeitig die Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges.

Bei einer zweiten bevorzugten Ausführungsform ändert sich die Grundfrequenz während der Zeitdauer diskret, sodass nur eine repräsentative Auswahl von Werten für die Betriebsdrehzahl dargestellt ist. Insofern die sich ändernde Grundfrequenz durch eine Pulsfolge festgelegt wird, so existieren mehrere Signalabschnitte der Pulsfolge, welche unterschiedliche Grundfrequenzen aufwei-

sen, wobei die Grundfrequenz innerhalb der Signalabschnitte jeweils konstant ist. Auch können die Signalabschnitte der Pulsfolge durch separierte einzelne Signale gebildet sein. In gleicher Weise kann das erzeugte Audiosignal für das synthetische Geräusch des Kraftfahrzeuges mehrere Signalabschnitte aufweisen oder auch durch mehrere einzelne Signale gebildet sein.

Bevorzugt wird das Audiosignal für das synthetische Geräusch des Kraftfahrzeuges vor einem Betrieb des Kraftfahrzeuges im Kraftfahrzeug gespeichert, beispielsweise als digitales Audiosignal in einem Datenspeicher. Hierdurch ist das erzeugte Audiosignal während des Betriebes des Kraftfahrzeuges verfügbar.

Das erzeugte Audiosignal wird bevorzugt bestimmungsgemäß ausgegeben. Insoweit handelt es sich um ein Verfahren zur Erzeugung und Ausgabe eines Audiosignals für ein synthetisches Geräusch eines Kraftfahrzeuges. Hierfür umfasst das erfindungsgemäße Verfahren bevorzugt folgende weitere Schritte, welche während des Betriebes des Kraftfahrzeuges ausgeführt werden: In einem dieser Schritte wird ein aktueller Wert der Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges gemessen. Weiterhin wird ein zeitlicher Abschnitt des das synthetische Geräusch des Kraftfahrzeuges darstellenden Audiosignales ausgewählt, in welchem die Grundfrequenz dem aktuellen Wert der Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges am nächsten kommt. Insofern sich die Grundfrequenz bei dem Audiosignal diskret ändert, so erfolgt diese Auswahl durch eine Entscheidung, für welche die verschiedenen Werte der Grundfrequenz mit dem gemessenen aktuellen Wert der Betriebsdrehzahl zu vergleichen sind. Insofern sich die Grundfrequenz des erzeugten Audiosignals stetig ändert, so ist ein zeitlicher Abschnitt des Audiosignals auszuwählen, welcher um einen Wert der Grundfrequenz liegt, welcher dem gemessenen aktuellen Wert der Betriebsdrehzahl gleicht. Der ausgewählte Abschnitt des das synthetische Geräusch des Kraftfahrzeuges darstellenden Audiosignals wird über mindestens einen Lautsprecher am Kraftfahrzeug ausgegeben. Der eine bzw. die mehreren Lautsprecher können in einen Innenraum des Kraftfahrzeuges oder nach außerhalb des Kraftfahrzeuges gerichtet sein. Die genannten Schritte des Messens eines ak-

tuellen Wertes der Betriebsdrehzahl, des Auswählens eines zeitlichen Abschnittes des das synthetische Geräusch des Kraftfahrzeuges darstellenden Audiosignals und der Ausgabe des ausgewählten Abschnittes des das synthetische Geräusch des Kraftfahrzeuges darstellenden Audiosignals werden während des Betriebes des Kraftfahrzeuges laufend und periodisch wiederholt. Hierdurch erfolgt eine laufende Anpassung des ausgegebenen Geräusches an den jeweils aktuellen Wert der Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges.

Wie bereits erläutert handelt es sich bei der Betriebsdrehzahl bevorzugt um eine Drehzahl eines Antriebsmotors des Kraftfahrzeuges. Bevorzugt werden weiterhin ein aktueller Wert einer Pedalstellung und/oder ein aktueller Wert der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeuges gemessen. Die gemessenen Werte der Pedalstellung und/oder der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeuges können genutzt werden, um die Charakteristik der schmalbandigen Filter zu verändern.

Das erfindungsgemäße Audiosignal für ein synthetisches Geräusch eines Kraftfahrzeuges ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugbar. Bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Audiosignals sind mit bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens erzeugbar.

Weitere Einzelheiten und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1: eine zeitliche Darstellung eines weißen Rauschens, welches gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bereitgestellt wird;

Fig. 2: eine spektrale Darstellung des in Fig. 1 gezeigten Rauschens vor und nach einer Filterung durch mehrere Filter; und

Fig. 3: eine zeitliche Darstellung des in Fig. 2 gezeigten Rauschens nach der Filterung durch die mehreren Filter.

Fig. 1 zeigt eine zeitliche Darstellung eines Signals 01 eines weißen Rauschens, welches gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens bereitgestellt wird. Es ist lediglich ein kurzer zeitlicher Ausschnitt von etwa 0,1 s dargestellt. Das Signal 01 des weißen Rauschens weist eine zeitliche Dauer von beispielsweise 60 s auf.

Fig. 2 zeigt spektrale Darstellungen des in Fig. 1 gezeigten Rauschens vor und nach einer Filterung durch mehrere Filter. Im unteren Teil ist das Signalspektrum 01 des weißen Rauschens von 0 bis 2.500 Hz dargestellt. Erfindungsgemäß wird das Signal 01 des weißen Rauschens durch mehrere Kalman-Filter gefiltert. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel wird das Geräusch eines Kraftfahrzeuges synthetisiert, welches einen Elektromotor als Antriebsmotor umfasst. Die Drehzahl des Elektromotors bildet eine Grundfrequenz. Die verwendeten Kalman-Filter weisen Mittenfrequenzen auf, welche dem 20-, 40-, 47-, 80-, 120- und 240-fachen der Grundfrequenz gleichen. Im oberen Teil der Fig. 2 ist ein Signalspektrum 02 des gefilterten Rauschens dargestellt. Die schmalbandigen Kalman-Filter der Ordnungen 20, 40, 47, 80, 120 und 240 führen zu entsprechenden schmalbandigen Spektralbereichen.

20

Das durch die Kalman-Filter gefilterte Signal des Rauschens stellt das zu erzeugende Audiosignal 02 dar. Das Audiosignal 02 ist geeignet, das Geräusch eines Kraftfahrzeuges mit einem Elektromotor als Antriebsmotor zu nachzubilden, wobei das Geräusch auf eine Drehzahl des Elektromotors bezogen ist.

25

Fig. 3 zeigt das in Fig. 2 gezeigte Audiosignal 02 in einer zeitlichen Darstellung. Es ist wiederum nur ein kleiner zeitlicher Ausschnitt von etwa 0,06 s dargestellt. Das Audiosignal 02 weist eine gleiche Gesamtdauer wie das in Fig. 1 gezeigte Signal 01 des weißen Rauschens auf.

Bezugszeichenliste

- 01 Signal eines weißen Rauschens
- 02 durch Filterung des Rauschsignals erzeugtes Audiosignal

5

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung eines Audiosignals (02) für ein synthetisches Geräusch eines Kraftfahrzeuges, folgende Schritte umfassend:
 - Bereitstellen eines Signals (01), welches ein Rauschen darstellt;
 - 10 – Festlegen einer Grundfrequenz, welche eine Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges repräsentiert; und
 - Anwenden mehrerer Filter auf das Signal (01) des Rauschens, wobei die Filter jeweils eine Mittenfrequenz aufweisen, die über einen Ord-
 - 15 nungsfaktor mit der Grundfrequenz verknüpft ist, wobei zumindest mehrere der Ordnungsfaktoren ganzzahlig sind, und wobei die Ord-
 - nungsfaktoren und Amplitudenverläufe der Filter entsprechend einer Klangcharakteristik des zu synthetisierenden Geräusches des Kraft-
 - fahrzeuges ausgewählt sind;
 - wobei das durch die Filter bewertete Signal (02) des Rauschens das Au-
 - 20 diosignal (02) für das synthetische Geräusch des Kraftfahrzeuges in Ab-
 - hängigkeit von der Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges darstellt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf das Signal (01) des Rauschens weiterhin mindestens ein Breitbandfilter angewendet wird, welches unabhängig von der Grundfrequenz ist und welches ein Ge-
- 25 räusch beim Betrieb des Kraftfahrzeuges repräsentiert, welches unabhän-
- gig von der Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Rauschen durch ein weißes Rauschen gebildet ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,
- 30 dass das Festlegen der Grundfrequenz dadurch erfolgt, dass eine die Be-

triebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges repräsentierende Pulsfolge bereitgestellt wird, welche die Grundfrequenz aufweist.

- 5 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere der Ordnungsfaktoren aus der Gruppe der ganzen Zahlen zwischen einschließlich 2 und einschließlich 10 ausgewählt sind.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere der Ordnungsfaktoren ganzzahlig und größer oder gleich 20 sind.
- 10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundfrequenz als eine über eine Zeitdauer zeitlich veränderliche Größe festgelegt wird, wobei sich die Grundfrequenz während der Zeitdauer zwischen einem Minimalwert und einem Maximalwert verändert.
- 15 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass beim Anwenden der Filter auf das Signal (01) des Rauschens die Mittenfrequenzen der Filter mit der sich zeitlich ändernden Grundfrequenz verändert werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass es folgende weitere Schritte umfasst, welche während des Betriebes des Kraftfahrzeuges erfolgen:
 - 20 – Messen eines aktuellen Wertes der Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges;
 - Auswählen eines zeitlichen Abschnittes des das synthetische Geräusch des Kraftfahrzeuges darstellenden Audiosignals (02), in welchem die Grundfrequenz dem aktuellen Wert der Betriebsdrehzahl des Kraftfahrzeuges am nächsten kommt;
 - 25 – Ausgabe des ausgewählten Abschnittes des das synthetische Geräusch des Kraftfahrzeuges darstellenden Audiosignals (02) über einen Lautsprecher am Kraftfahrzeug; und

- periodisches Wiederholen der Schritte des Messens eines aktuellen Wertes der Betriebsdrehzahl, des Auswählens eines zeitlichen Abschnittes des das synthetische Geräusch des Kraftfahrzeuges darstellenden Audiosignals (02) und der Ausgabe des ausgewählten Abschnittes des das synthetische Geräusch des Kraftfahrzeuges darstellenden Audiosignals (02).
- 5

10. Audiosignal (02) für ein synthetisches Geräusch eines Kraftfahrzeuges, erzeugbar mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

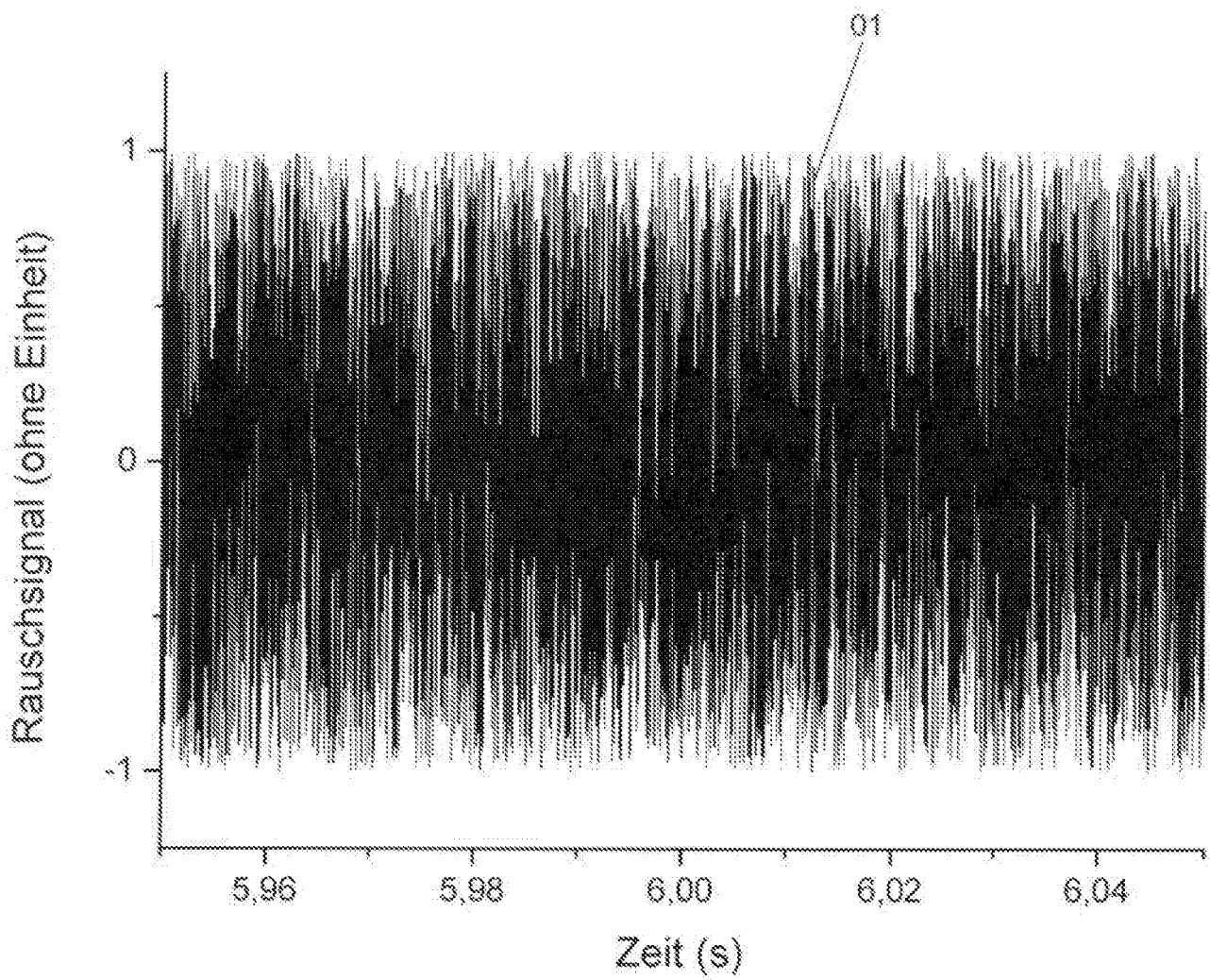


Fig. 1

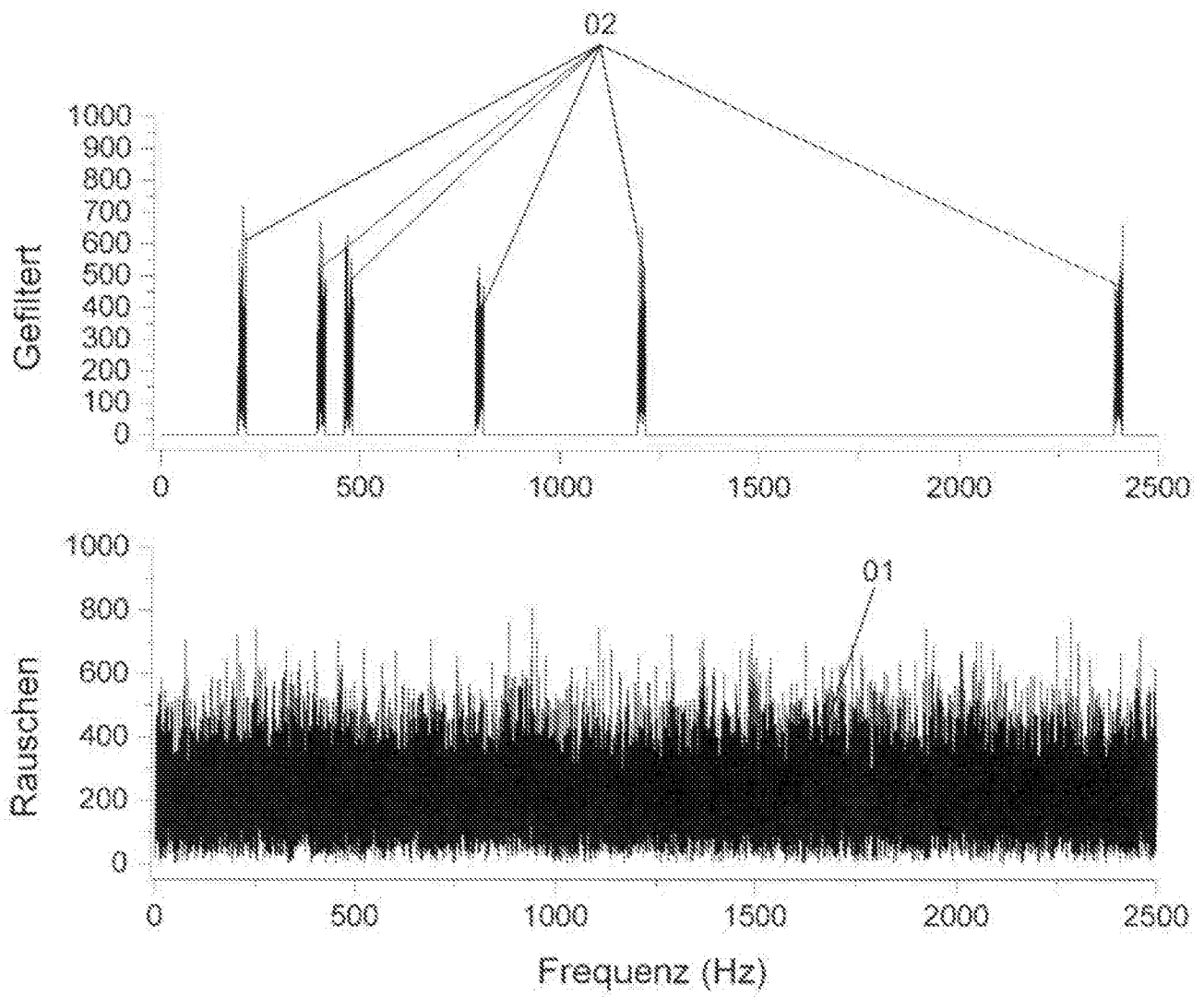


Fig. 2

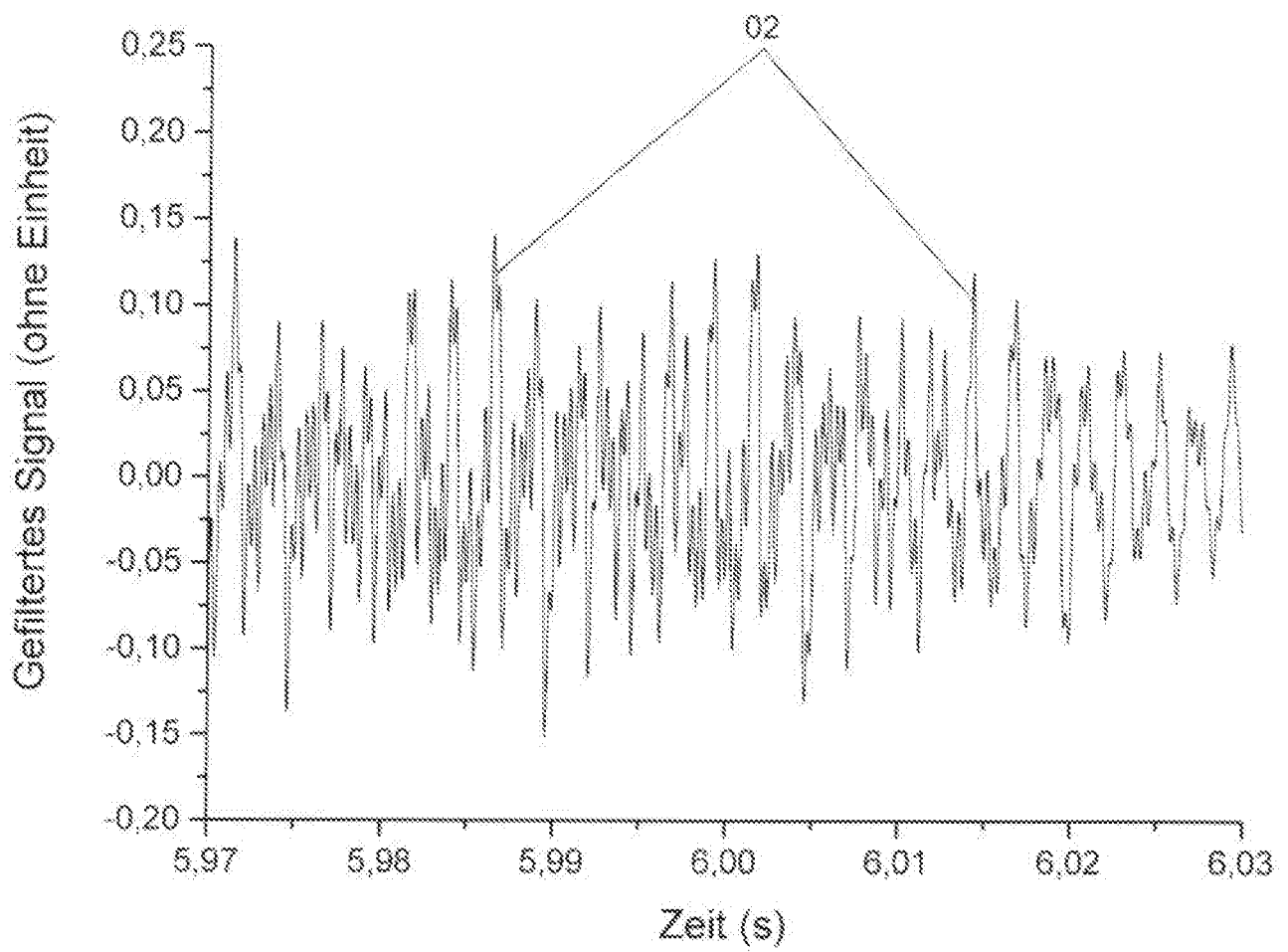


Fig. 3