

(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
15. Januar 2015 (15.01.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/004191 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G10K 11/165 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/064724

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. Juli 2014 (09.07.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 213 548.3 10. Juli 2013 (10.07.2013) DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG
E. V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder: **BAY, Karlheinz**; Belastr. 18A, 70195
Stuttgart (DE). **LEISTNER, Michael**; Sindelbachstr. 19,
70567 Stuttgart (DE). **MAYSENHÖLDER, Waldemar**;
Altenbergstr. 33, 70180 Stuttgart (DE). **LEISTNER,
Philip**; Hanne-Schorp-Pflumm-Weg, 70569 Stuttgart (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, DE, 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.

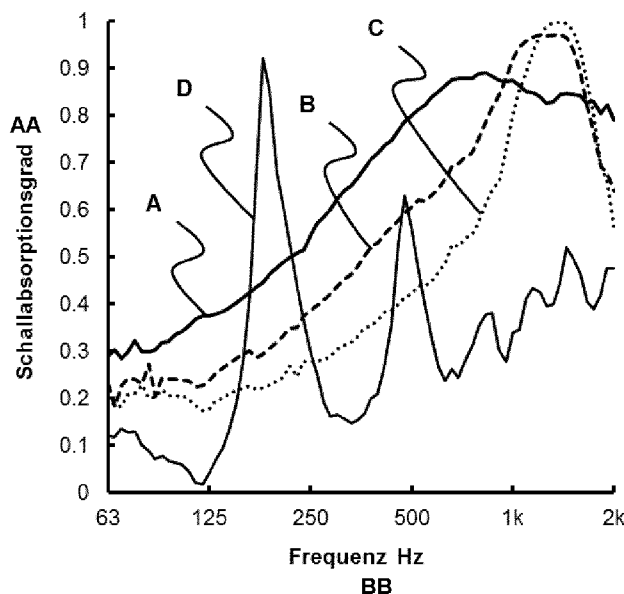
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SOUND ABSORBER MADE OF ACTIVATED CARBON GRANULATE

(54) Bezeichnung : SCHALLABSORBER AUS AKTIVKOHLE-GRANULAT

Fig. 1



AA Sound absorption level
BB Frequency Hz

(57) Abstract: The invention relates to a sound absorber
made of activated carbon, which is characterized in that the
activated carbon is granular in the form of grains. A large
proportion of the grains have a grain size in the region of
between approximately 1 mm - 2mm.

(57) Zusammenfassung: Vorgestellt wird ein Schallabsorber
aus Aktivkohle, der sich dadurch auszeichnet, dass d
Aktivkohle granulär in Form von Körnern vorliegt, wobei ein
überwiegender Anteil der Körner eine Korngröße in einem
Bereich von etwa 1 mm bis etwa 2 mm aufweist.



Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Schallabsorber aus Aktivkohle-Granulat

- 5 Die Anmeldung betrifft einen Schallabsorber aus Aktivkohle.

Stand der Technik

- Die zentralen Forderungen an Schallabsorber und Schall absorbierende Materialien sind breitbandige akustische Wirkung, schlanke Bauform und geringe Kosten. In diesem Sinne werden heute mehrheitlich poröse Materialien eingesetzt. Sie bestehen aus künstlichen
- 10 Mineralfasern, offenzelligen Schäumen, Vliesen sowie aus Wolle oder wolle-artigen Stoffen. Eine weitere Gruppe von Materialien bilden Granulate bzw. haufwerksporige Stoffe in gebundener Form oder als lose Schüttungen, z.B. auf mineralischer, metallischer Basis oder aus Kunststoffen. All diese Materialien verfügen in homogener, einschichtiger Ausführung über eine weitgehende ähnliche Schall absorbierende Wirkung, wenn sie
- 15 z.B. einen geeigneten Strömungswiderstand aufweisen.

- Bei einem anderen akustischen Anwendungsfall, der Bedämpfung von Lautsprechergehäusen, wird die Verwendung adsorbierender Materialien in Erwägung gezogen. Konkret handelt es sich dabei meist um Aktivkohle als Beschichtung von Formkörpern oder in granularer Form, da Aktivkohle vergleichsweise preiswert und gut
- 20 verfügbar ist. Im Vergleich zur Absorption, die vereinfacht ausgedrückt auf einem Volumeneffekt beruht, lässt sich die Adsorption als Oberflächeneffekt beschreiben, der sich theoretisch extrem steigern lässt, solange die wirksame Oberfläche volumenneutral erhöht werden kann. Mit unterschiedlichen Adsorbern in unterschiedlicher stofflicher Ausprägung wurden Effekte erzielt, wie aus US 4,657,108 A und US 2004/0251077 A1
- 25 bekannt, die eine Verdopplung der akustischen Nachgiebigkeit in Aussicht stellen.

Aktivkohle wird auch noch in anderen Zusammenhängen mit akustischer Wirkung in Verbindung gebracht, z.B. als pulveriger Zusatzstoff eines Gemisches, aus dem

geschäumter und geformter Kunststoff -siehe JP 2009024470 A - entstehen kann. Außerdem werden plattenförmige Bauteile für bauliche Nutzungen mit mehrfacher Funktionalität vorgeschlagen, z.B. als Tür mit einer gewissen Schalldämmung, Schallabsorption und zur Verbesserung der Luftqualität (KR 10 2013 001 0736, WO 5 2013012108 A1). Dazu wird in einem Rahmen flächenhaft eine Unterteilung in einzelne Zellen vorgenommen. Die Rückseite ist geschlossen und die Vorderseite mehrschichtig gelocht. Über diese Lochung kann Raumluft und -schall zu den teilweise mit Aktivkohle gefüllten Zellen vordringen. Diese Kombination ist in gewisser Weise von Filtern, z.B. in Lüftungskanälen und -geräten, bekannt, die lediglich anders geformt und zur Steigerung 10 der Reinigungswirkung von Luft und Schall durchströmt werden. Offenbar eine Spielart dieser Anordnung mit nahezu gleichem Aufbau (KR 10 2011 008 5093) zielt auf einen Strahlungseffekt im unsichtbaren Infrarot-Bereich, der mit Aktivkohle infolge geringer Schwingungen bei Schalleinwirkung erreichbar ist.

Aus der JP 2005-338129 A ist bekannt, in einem aus Fasermaterial gefertigten 15 Schallabsorber Aktivkohlepulver einzubringen, um den Schallabsorber weiter zu verbessern.

Aus der EP 2 249 020 A1 ist eine Hüllenstruktur für ein Entlüftungsrohr bekannt. Diese kann in weiten Frequenzbereichen dämpfen und Strömungswiderstand verhindern. In der Außenwand des Entlüftungsrohrs sind Entlüftungsöffnungen angeordnet. Eine 20 Abdeckung ist auf der Außenwand vorgesehen um die Entlüftungsöffnungen zu bedecken. Zwischen der Abdeckung und der Außenwand ist ein taschenartiger Körper angeordnet, in dem Aktivkohle angebracht ist. Es wird genannt, dass bevorzugt Aktivkohle verwendet werden soll, die nach dem Verfahren JISK1474 (einer Japanischen Industrienorm) gewonnen worden ist, wobei das Sieb eine Aperturgröße im Bereich 25 zwischen 0,5 mm und 4,5 mm, definiert durch JISZ8801, aufweist.

Aus der JP 2005-163 377 A ist eine schallabdichtende Wand bekannt. Diese weist schallabsorbierendes Material auf. Dabei sind schallisolierende Kammern vorhanden. Zur schallisolierenden Wirkung wird Aktivkohle genutzt.

Aus der US 2008/0 135 327 A1 ist eine schallabsorbierende Struktur bekannt. In dieser 30 sind Kammern mit Aktivkohle bekannt. Eindringender Schall wird von den Kammern nur

eingeschränkt übertragen, da die Adsorption des in den Kammern enthaltenen Gasgemischs an der Aktivkohle bei einer Druckerhöhung eben dieser Druckerhöhung entgegen wirkt.

- 5 Auffällig ist in allen Fällen, dass entweder die Verbindung zu einem gezielt Schall absorbierenden Material fehlt oder es fehlen jegliche Angaben zur Beziehung zwischen der Art und Gestalt der Aktivkohle und ihrer Schall absorbierenden Wirkung. Dies legt den Schluss nahe, dass sie oft als poröser haufwerksporiger Stoff mit Zusatzfunktionen im Sinne der Luftreinigung und dergleichen betrachtet und behandelt wird.

Aufgabe der Erfindung ist es einen verbesserte Schallabsorber zu schaffen.

10 Lösungsweg

Zur Lösung der Aufgabe wird ein Schallabsorber aus Aktivkohle vorgeschlagen, der sich dadurch auszeichnet, dass die Aktivkohle granular in Form von Körnern vorliegt, wobei ein überwiegender Anteil der Körner eine Korngröße in einem begrenzten Bereich aufweist.

- 15 Wichtig ist zunächst, dass die Aktivkohle granular in Form von Körnern vorliegt. Angesichts der Korngrößen kann meist von einem Granulat gesprochen werden; lediglich bei sehr kleinen Korngrößen erscheint das Material optisch als Pulver. Es hat sich herausgestellt, dass die angestrebte akustische Wirkung, also die Schallabsorption, davon abhängt, welche Größe die Körner haben. Dabei kann man sich die Körner vereinfacht
20 als Kugeln vorstellen, so dass die Korngröße durch den Durchmesser angegeben werden kann. In der Realität sind die Körner freilich keine Kugeln, zumeist aber kugelähnliche Gebilde, so dass anstelle des Durchmessers eine Ausdehnung heranzuziehen ist. Diese Ausdehnung ist gemeint, soweit vorliegend von Korngröße gesprochen wird.

- Die Korngrößen scheinen für die akustische Wirksamkeit verantwortlich zu sein. Dies
25 dürfte auch erklären warum es erforderlich ist, dass ein überwiegender Anteil der Körner eine Korngröße in einem Bereich von etwa 1 mm bis etwa 2 mm aufweist.

Um entsprechende Fraktionen zu erhalten wird Aktivkohle gesiebt. Es versteht sich, dass damit zwar erreicht werden kann, dass bestimmte Korngrößen bevorzugt auftreten. Freilich kann nicht erreicht werden, dass nur eine Korngröße auftritt. Daher treten immer Verteilungen auf, die später näher diskutiert werden.

- 5 Zur Bestimmung der Korngrößen wurden die Körner mit einer Digitalkamera fotografiert und durch Auswertung der Zahl der von den Körnern betroffenen Pixel die Korngröße bestimmt.

- Ein entscheidender Vorteil von Schallabsorbern aus Aktivkohle ist, dass diese weniger Bauraum benötigen als im Stand der Technik bekannte Schallabsorber aus porösem
- 10 Material. So weist in weiten Frequenzbereichen eine 40 mm dicke Schicht eines erfindungsgemäßen Schallabsorbers aus Aktivkohle eine höhere Schallabsorption auf als eine 80 mm dicke Schicht eines bekannten porösen Schallabsorbers. Dieser Effekt ist trotz des im Stand der Technik bekannten Einsatzes von Aktivkohle keinesfalls zu erwarten gewesen.
- 15 Bei der Untersuchung von losen Schüttungen aus unterschiedlichen Materialien in granularer Form stellen sich bei den meisten Ausgangsstoffen bei gleicher Geometrie (Art und Gestalt der Körner, Schichtdicke) nämlich gleiche oder ähnliche Schallabsorptionsgrade ein. Dies gilt für Granulate aus bekannten mineralischen und metallischen Stoffen sowie für Kunststoffe. Aber auch für Adsorber, wie z.B. Silikagel
- 20 und Zeolithe, sowie für andere besondere Stoffe, wie z.B. Kohlenstoff-Nanopartikel, trifft diese Erfahrung zu. Mitunter weichen deren Schallabsorptionsgrade zwar von denen bekannter poröser Schallabsorber ab, jedoch in Richtung geringerer Wirkung. Abgesehen davon ist der Umgang mit einigen dieser Stoffe nur aufwendig zu beherrschen. Völlig unerwartet spielt bei Aktivkohle die Korngröße eine entscheidende Rolle für die
- 25 Verbesserung der Schallabsorption.

- Wie weiter oben erwähnt, ist aus der EP 2 249 020 A1 bekannt Aktivkohle im Zusammenhang mit einem Schallabsorber zu verwenden. Es wird auch erwähnt, bevorzugt Aktivkohle zu verwenden, die mit einem Verfahren gewonnen worden ist, bei der das Sieb eine Aperturgröße im Bereich zwischen 0,5 mm und 4,5 mm aufweist.
- 30 Keinerlei konkrete Aussage ist dabei über einen bevorzugten Bereich der Korngrößen

getroffen. Keinesfalls ist der Bereich von etwa 1 mm bis etwa 2 mm genannt. Vor allem finden sich keinerlei Hinweise, wonach die Korngröße auf die akustischen Eigenschaften eine überragende Auswirkung hat, welche vorliegend später noch genauer gezeigt werden wird.

- 5 In einer Ausführungsform der Erfindung ist eine Kurve, welche das Verhältnis der Zahl der Körner bei einer bestimmten Korngröße zur Zahl der insgesamt in der Mischung vorhandenen Körner angibt, weitgehend symmetrisch zu der bestimmten Korngröße. Dies ergibt sich vermutlich bei der Fraktionierung der Aktivkohle (Siebvorgang). Bei vielen Vorgängen in der Natur tritt nicht nur eine bestimmte Größe auf, sondern es gibt eine
- 10 symmetrische Verteilung um diese Größe herum.

Die bestimmte Korngröße ist dabei oft diejenige Korngröße, bei der das Verhältnis der Zahl der Körner mit dieser Korngröße zur Zahl der insgesamt in der Mischung vorhandenen Körner am höchsten ist. Dabei kann es sich auch um ein lokales Maximum dieses Verhältnisses handeln.

- 15 Die oben beschriebene Kurve stellt oft eine Normalverteilung dar. Dies liegt an der besonderen Bedeutung der Normalverteilung. Diese beruht unter anderem auf dem zentralen Grenzwertsatz, demzufolge Verteilungen, die durch Überlagerung einer großen Zahl von unabhängigen Einflüssen entstehen, unter schwachen Voraussetzungen annähernd normalverteilt sind. Die Abweichungen der Werte vieler natur- und
- 20 ingenieurwissenschaftlicher Vorgänge vom Mittelwert lassen sich durch die Normalverteilung wenigstens in sehr guter Näherung beschreiben. Es ist gut vorstellbar, dass bei der Bereitstellung der Körner für den Schallabsorber wie auch bei der Messung der Korngrößen und bei der Messung der Anzahl der Körner diese Voraussetzungen erfüllt sind, so dass es zu einer Normalverteilung kommt.

- 25 Bekanntlich beschreibt die Standardabweichung σ die Breite der Normalverteilung. Die Halbwertsbreite einer gaußartigen Verteilung ist das ungefähr 2,4-fache der Standardabweichung. So gilt bei vorliegender Ausführungsform der Erfindung näherungsweise:

Im Intervall der Abweichung $\pm\sigma$ von der bestimmten Korngröße sind 68,27% aller

Körner zu finden, im Intervall der Abweichung $\pm 2\sigma$ von der bestimmten Korngröße 95,45% aller Körner und im Intervall der Abweichung $\pm 3\sigma$ von der bestimmten Korngröße 99,73 % aller Körner.

- In einer Ausführungsform der Erfindung wird die oben geschilderte bestimmte
- 5 Korngröße abhängig von der frequenzabhängig gewünschten Schallabsorption gewählt, wobei die bestimmte Korngröße insbesondere bei etwa 1,5 mm liegt.

- So weist ein Schallabsorber, bei dem die meisten Körner bei einer Korngröße von 1,5 mm vorliegen, eine günstige Schallabsorption für Schall im Bereich von etwa 63 Hz bis 2 kHz auf. Dabei steigt der Schallabsorptionsgrad von etwa 0,3 bei 63 Hz bis zu einem Wert
- 10 von etwa 0,85 bei etwa 600 Hz an und bleibt etwa gleich bis zu einer Frequenz von 2 kHz.

- Ein Schallabsorber, bei dem die meisten Körner bei einer Korngröße von 2,5 mm vorliegen, weist demgegenüber meist niedrigere Schallabsorptionsgrade auf, zeigt aber im Bereich von etwa 1 kHz und darüber eine bessere, bisweilen nahezu vollständige
- 15 Schallabsorption auf.

- Bei einem Schallabsorber, bei dem die meisten Körner bei einer Korngröße kleiner als 0,1 mm vorliegen ist der Schallabsorptionsgrad im Allgemeinen deutlich niedriger. Bei einer Frequenz im Bereich etwas über 200 Hz zeigt der Schallabsorptionsgrad bei einer Schichtdicke von 40 mm jedoch ein ausgeprägtes Maximum mit einem Wert von etwa
- 20 0,9.

- Insgesamt ist zu beachten, dass der frequenzabhängige Verlauf des Schallabsorptionsgrads auch von den Schichtdicken der Schallabsorber abhängt. Die obengenannten Verläufe gelten wie dargestellt bei einer Schichtdicke von 40 mm. Bei einer anderen Schichtdicke können sich andere Verläufe ergeben und entsprechend bei
- 25 anderen Frequenzen das Maximum der Absorption liegen. Als Faustregel gilt, dass bei geringeren Schichtdicken das Maximum bei höheren Frequenzen liegt und niedriger ausfällt.

Die Darstellungen machen deutlich, dass abhängig von der gewünschten Absorption die Korngröße zu wählen ist. Für die meisten Anwendungen dürfte ein Schallabsorber, bei dem die überwiegende Zahl der Körner bei einer Korngröße von 1,5 mm vorliegt, am günstigsten sein. Dementsprechend liegt die Korngröße der überwiegenden Zahl von
5 Körnern in einem Bereich von etwa 1 mm bis etwa 2 mm.

Wie bereits ausgeführt liegt in einer Ausführungsform der Erfindung die Aktivkohle lose vor. In diesem Fall liegt die Aktivkohle oft als lose Schüttung der einzelnen Körner vor. Eine leichte Pressung sollte dabei im Normalfall unschädlich sein. Es ist aber zu beachten, dass durch eine starke Pressung sich akustische Eigenschaften ändern können. Zur
10 Vermeidung von Missverständnissen sei klargestellt, dass auch bei einer losen Schüttung durch eine entsprechende Verpackung eine definierte Form erreicht werden kann.

In einer Ausführungsform der Erfindung ist eine schalldurchlässige Abdeckung aus Lochplatten und/oder Lochgittern vorhanden. Damit kann ein mechanischer Schutz des Schallabsorbers erreicht werden ohne die akustische Wirksamkeit nennenswert
15 einzuschränken, da durch Lochplatten und/oder Lochgitter der Schall weitgehend ungehindert durchtreten kann.

In einer Ausführungsform der Erfindung sind poröse und/oder textile und/oder vliesartige Flächengebilde und/oder Folien, insbesondere Folien mit einem Flächengewicht bis etwa 100g/m^2 , vorhanden. Durch derartige Flächengebilde und oder Folien kann der Schall
20 weitgehend ungehindert durchtreten, während ein zusätzlicher Staub- und Feuchteschutz geboten wird. Im Falle von Folien gilt dies vor allem für Folien mit einem Flächengewicht bis etwa 100g/m^2 , da bei einem niedrigen Flächengewicht die Folie den Schallwellen keinen nennenswerten Widerstand entgegensetzt, sondern ohne Probleme mitschwingen kann. Als Material für die vliesartigen Flächengebilde wird oft nicht
25 brennbares Material, etwa Glasseidengewebe eingesetzt.

Der oben beschriebene Schallabsorber kann in schallabsorbierenden Wand- und Deckenbauteilen in Innenräumen, insbesondere in Innenräumen von Gebäuden und Fahrzeugen, in Gehäusen, insbesondere in Gehäusen für Maschinen und Motoren, als Auskleidung von Fluidkanälen, insbesondere von Fluidkanälen von lufttechnischen

Anlagen und Komponenten eingesetzt werden. Dabei sind vor allem die vergleichsweise niedrigen Kosten und der geringere Platzbedarf von Vorteil.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Zeichnungen detaillierter dargestellt werden.

Dabei zeigen

- 5 Fig. 1 den Schallabsorptionsgrad eines 40 mm dicken Schallabsorbers mit verschiedenen überwiegenden Korngrößen

Fig. 2 den Schallabsorptionsgrad eines 40 mm dicken Schallabsorbers mit zwei verschiedenen überwiegenden Korngrößen und den Schallabsorptionsgrad eines 80 mm dicken konventionellen porösen Schallabsorbers

- 10 Fig. 3 die relative Verteilungsdichte der Körner bei einem Schallabsorber mit einer überwiegenden Korngröße

- In Fig. 1 ist der Schallabsorptionsgrad von granular vorliegender Aktivkohle bei unterschiedlichen Korngrößen gezeigt. Die Kurven zeigen den gemessenen Schallabsorptionsgrad einer jeweils 40 mm dicken Aktivkohle-Schicht bei senkrechtem Schalleinfall. Auf der Rechtswertachse ist die Frequenz von 63 Hz bis 2 kHz aufgetragen, auf der Hochwertachse der Schallabsorptionsgrad. Kurve A zeigt die Werte, die bei einem Schallabsorber gewonnen worden sind, bei dem ein überwiegender Anteil der Körner eine Korngröße von etwa 1,5 mm hat. Hat ein überwiegender Anteil der Körner eine Korngröße von etwa 2,5 mm, ergibt sich Kurve B, bei einer entsprechenden Korngröße von 3 mm ergibt sich Kurve C und bei einer entsprechenden Korngröße von kleiner 0,1 mm Kurve D.
- 15
20

- Die Kurven des Schallabsorptionsgrades in Abhängigkeit von der Frequenz zeigen im Vergleich zueinander, dass ein loses Aktivkohle-Granulat mit einer überwiegenden Korngröße von ca. 1,5 mm (Kurve A) die breitbandig höchste Wirkung erzielt. Diese Wirkung nimmt einerseits bei zunehmenden Korngrößen (Kurven C und D) im tief- und mittelfrequenten Bereich deutlich ab, obgleich sich im Vergleich zu anderen porösen Schallabsorbern dennoch interessante Schallabsorptionswerte einstellen. Andererseits sinkt die Schallabsorption auch bei Verringerung der Korngrößen (Kurve B), wobei die
- 25

schmalbandigen Spitzenwerte bei tiefen und mittleren Frequenzen überraschend hoch ausfallen.

Das insgesamt resultierende Maximum an breitbandiger Schallabsorption des losen Aktivkohle-Granulates mit einer überwiegenden Korngröße zwischen 1 und 2 mm lässt sich nicht durch bekannte Modelle begründen oder gar herleiten. Ungeachtet dessen liegt das empirische Ergebnis weit über dem Schallabsorptionsvermögen bekannter Materialien, wie der Vergleich der verschiedenen Kurven A, E und F in Fig. 2 verdeutlicht, die jeweils den Schallabsorptionsgrad bei senkrechtem Schalleinfall in einem Frequenzbereich von 63 Hz bis 2 kHz zeigen. Kurve A zeigt wie in Figur 1 die Werte, die bei einem 40 mm dicken Schallabsorber aus Aktivkohle gewonnen worden sind, bei dem ein überwiegender Anteil der Körner eine Korngröße von etwa 1,5 mm hat.

Kurve E zeigt die berechneten Werte eines 40 mm dicken Schallabsorbers aus bekanntem porösen Material mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von $15 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$, Kurve F die berechneten Werte eines ebensolchen Schallabsorbers mit einer Schichtdicke von 80 mm. Kurven E und F stellen also Rechenwerte dar, während die Kurven A bis D auf Messwerten beruhen.

Es zeigt sich somit, dass eine gleich dicke Schicht aus bekanntem porösem Material, deren Schallabsorptionsgrad in Kurve E dargestellt ist, erheblich unter den Schallabsorptionswerten des losen Aktivkohle-Granulates mit einer dominierenden Korngröße von ca. 1,5 mm bleibt, die in Kurve A gezeigt sind. Diese überschreiten bei tiefen Frequenzen selbst die Wirkung einer doppelt so dicken Schicht aus bekanntem porösem Material, wie in Kurve F gezeigt.

Eine durchaus praktizierte Möglichkeit zur frequenzabhängigen Steigerung der Schallabsorption ist das Schichten verschiedener Materialien. Bei losen Schüttungen stößt dies auf Schwierigkeiten, da sich die Schichten z.B. infolge einer Rüttelbeanspruchung durchmischen können. Mit textilen Flächengebilden als Zwischenlagen lässt sich dies zwar einschränken, jedoch ergeben sich beim losen Aktivkohle-Granulat keinerlei Vorteile gegenüber der Konstellation mit einer überwiegenden Korngröße zwischen 1 und 2 mm. Schließlich erweist sich die optimale Version des losen Aktivkohle-Granulates auch im Vergleich zu verschiedenen Mischungen, d.h. Schüttungen mit einer breiten

Korngrößenverteilung, als durchweg besser im Sinne der erzielten Schallabsorption. Dazu sei angemerkt, dass Schüttungen mit einer breiten Korngrößenverteilung bei Stößen, Schwingungen und dergleichen zu einer unerwünschten Verdichtung neigen. Diesen Nachteil vermeidet das lose Aktivkohle-Granulat mit seiner schmalen

5 Korngrößenverteilung.

Von diesen unerwartet ausgeprägten und bislang rechnerisch nicht modellierbaren akustischen Vorteilen ausgehend beruht der technische Lösungsansatz auf der Verwendung von losem Aktivkohle-Granulat mit einer dominierenden Korngröße zwischen 1 und 2 mm. Figur 3 zeigt die relative Verteilungsdichte des Schallabsorbers aus

10 Aktivkohle, mit dem die obigen Messungen durchgeführt wurden. Auf der Rechtswertachse ist die Korngröße von 0 mm bis 3 mm dargestellt. Auf der Hochwertachse ist gezeigt, wie viele Körner bei der jeweiligen Korngröße im Vergleich zur Gesamtzahl der Körner vorliegen. Das Maximum bei 1,5 mm ist klar zu erkennen.

Patentansprüche

- 5 1. Schallabsorber aus Aktivkohle, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktivkohle granular in Form von Körnern vorliegt, wobei ein überwiegender Anteil der Körner eine Korngröße in einem Bereich von etwa 1 mm bis etwa 2 mm aufweist.
2. Schallabsorber nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mehr als 70 % der Körner der Aktivkohle im Bereich von etwa 1 mm bis etwa 2 mm vorliegt.
- 10 3. Schallabsorber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kurve, welche das Verhältnis der Zahl der Körner bei einer bestimmten Korngröße zur Zahl der insgesamt in der Mischung vorhandenen Körner angibt, weitgehend symmetrisch zu der bestimmten Korngröße ist.
4. Schallabsorber nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kurve eine Normalverteilung darstellt.
- 15 5. Schallabsorber nach einem der Ansprüche 3 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die bestimmte Korngröße abhängig von der frequenzabhängig gewünschten Schallabsorption gewählt ist, wobei die bestimmte Korngröße insbesondere bei etwa 1,5 mm liegt.
- 20 6. Schallabsorber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktivkohle lose vorliegt.
7. Schallabsorber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine schalldurchlässige Abdeckung aus Lochplatten und/oder Lochgittern vorhanden ist.
- 25 8. Schallabsorber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass poröse und/oder textile und/oder vliesartige Flächengebilde und/oder Folien, insbesondere Folien mit einem Flächengewicht bis etwa 100g/m², vorhanden sind.

9. Verwendung eines Schallabsorber nach einem der vorhergehenden Ansprüche in schallabsorbierenden Wand- und Deckenbauteilen in Innenräumen, insbesondere in Innenräumen von Gebäuden und Fahrzeugen, in Gehäusen, insbesondere in Gehäusen für Maschinen und Motoren, als Auskleidung von Fluidkanälen,
- 5 insbesondere von Fluidkanälen von lufttechnischen Anlagen und Komponenten.

Fig. 1

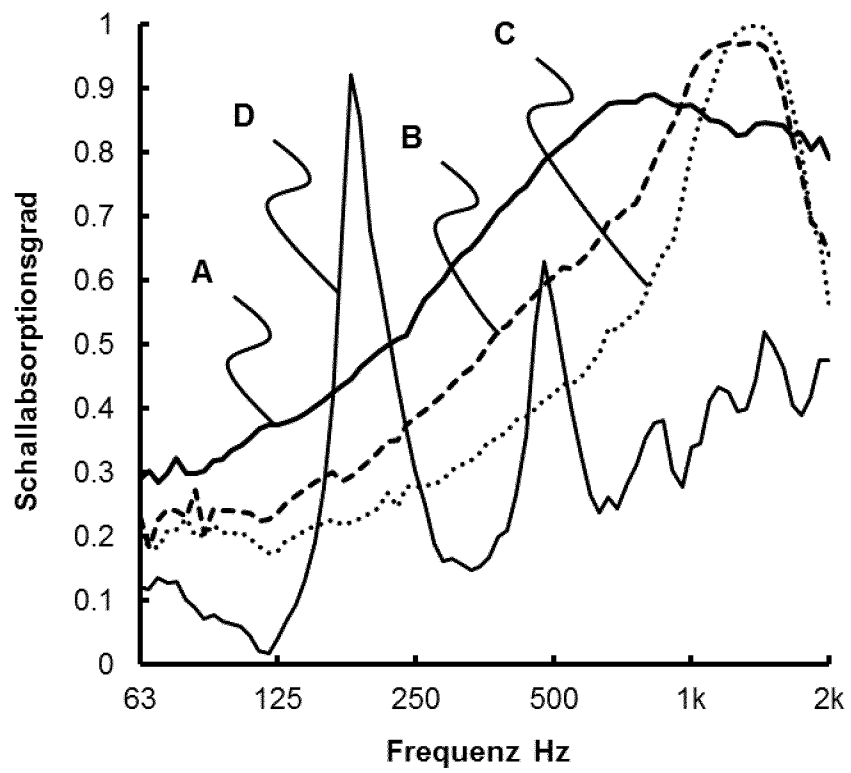


Fig. 2

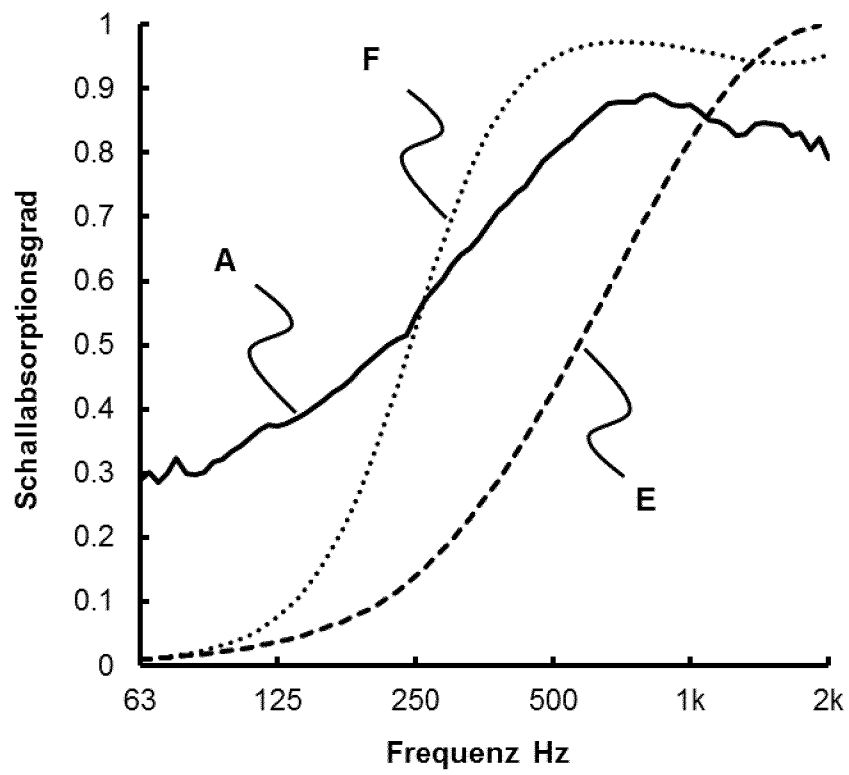
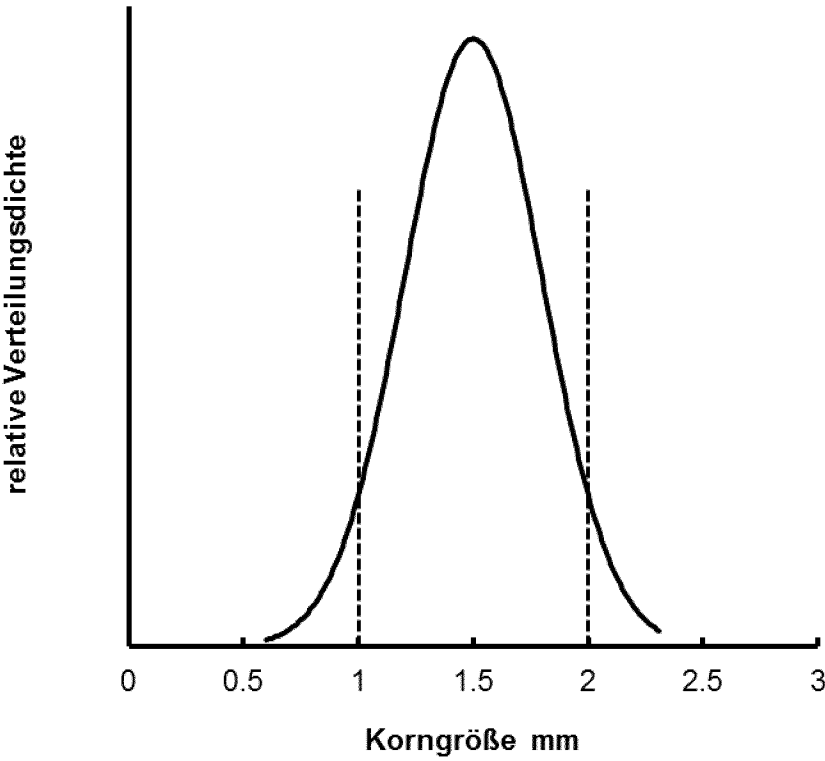


Fig. 3:



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/064724

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G10K11/165
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G10K F24C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2008/135327 A1 (MATSUMURA TOSHIYUKI [JP] ET AL) 12 June 2008 (2008-06-12) cited in the application paragraphs [0080] - [0087]; figures 1-3 -----	1-9
Y	VENEGAS RODOLFO ET AL: "Acoustical properties of double porosity granular materials", THE JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS FOR THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, NEW YORK, NY, US, vol. 130, no. 5, November 2011 (2011-11), pages 2765-2776, XP012152853, ISSN: 0001-4966, DOI: 10.1121/1.3644915 [retrieved on 2011-11-16] abstract Abschnitt C ----- -/--	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 October 2014

Date of mailing of the international search report

22/10/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marzocchi, Olaf

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/064724

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2007 069198 A (JAPAN VILENE CO LTD) 22 March 2007 (2007-03-22) paragraphs [0012] - [0014]; figure 1 paragraphs [0026], [0027] -----	1-8
X	WO 2004/046033 A1 (RVG BERLIN BRANDENBURG GES FUE [DE]; SCHOENFELD MANFRED [DE]; SCHOENFE) 3 June 2004 (2004-06-03) page 6, line 10 - page 7, line 2 -----	1-8
X	DE 20 2012 003802 U1 (BLUECHER GMBH [DE]) 2 April 2013 (2013-04-02) paragraphs [0111] - [0113] paragraphs [0133] - [0135] paragraph [0168]; figure 1 -----	1-8
X,P	DE 10 2012 202563 A1 (LUFTHANSA TECHNIK AG [DE]) 22 August 2013 (2013-08-22) paragraph [0025] paragraphs [0035] - [0037] paragraphs [0042] - [0046]; figure 1 -----	1-8
A	EP 1 340 736 A1 (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND [JP]; UBE INDUSTRIES [JP] IHI CORP [JP];) 3 September 2003 (2003-09-03) paragraph [0035] -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/064724

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008135327 A1	12-06-2008	CN 101151417 A	26-03-2008
		JP 4829218 B2	07-12-2011
		US 2008135327 A1	12-06-2008
		WO 2006106854 A1	12-10-2006

JP 2007069198 A	22-03-2007	NONE	

WO 2004046033 A1	03-06-2004	AT 431316 T	15-05-2009
		AU 2003294632 A1	15-06-2004
		DE 10254241 A1	09-06-2004
		DE 20221998 U1	12-05-2010
		EP 1562855 A1	17-08-2005
		US 2006148645 A1	06-07-2006
		WO 2004046033 A1	03-06-2004

DE 202012003802 U1	02-04-2013	DE 102012007503 A1	02-10-2013
		DE 202012003802 U1	02-04-2013
		WO 2013143570 A1	03-10-2013

DE 102012202563 A1	22-08-2013	DE 102012202563 A1	22-08-2013
		US 2013252526 A1	26-09-2013
		WO 2013124168 A1	29-08-2013

EP 1340736 A1	03-09-2003	DE 60133124 T2	19-02-2009
		EP 1340736 A1	03-09-2003
		JP 2002167290 A	11-06-2002
		US 2003183799 A1	02-10-2003
		WO 0244105 A1	06-06-2002

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G10K11/165
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G10K F24C

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 UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2008/135327 A1 (MATSUMURA TOSHIYUKI [JP] ET AL) 12. Juni 2008 (2008-06-12) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0080] - [0087]; Abbildungen 1-3 -----	1-9
Y	VENEGAS RODOLFO ET AL: "Acoustical properties of double porosity granular materials", THE JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS FOR THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, NEW YORK, NY, US, Bd. 130, Nr. 5, November 2011 (2011-11), Seiten 2765-2776, XP012152853, ISSN: 0001-4966, DOI: 10.1121/1.3644915 [gefunden am 2011-11-16] Zusammenfassung Abschnitt C ----- -/-	1-9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"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)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen 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

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Oktober 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22/10/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Marzocchi, Olaf

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2007 069198 A (JAPAN VILENE CO LTD) 22. März 2007 (2007-03-22) Absätze [0012] - [0014]; Abbildung 1 Absätze [0026], [0027] -----	1-8
X	WO 2004/046033 A1 (RVG BERLIN BRANDENBURG GES FUE [DE]; SCHOENFELD MANFRED [DE]; SCHOENFE) 3. Juni 2004 (2004-06-03) Seite 6, Zeile 10 - Seite 7, Zeile 2 -----	1-8
X	DE 20 2012 003802 U1 (BLUECHER GMBH [DE]) 2. April 2013 (2013-04-02) Absätze [0111] - [0113] Absätze [0133] - [0135] Absatz [0168]; Abbildung 1 -----	1-8
X,P	DE 10 2012 202563 A1 (LUFTHANSA TECHNIK AG [DE]) 22. August 2013 (2013-08-22) Absatz [0025] Absätze [0035] - [0037] Absätze [0042] - [0046]; Abbildung 1 -----	1-8
A	EP 1 340 736 A1 (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND [JP]; UBE INDUSTRIES [JP] IHI CORP [JP];) 3. September 2003 (2003-09-03) Absatz [0035] -----	1-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/064724

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2008135327	A1	12-06-2008	CN	101151417 A	26-03-2008
			JP	4829218 B2	07-12-2011
			US	2008135327 A1	12-06-2008
			WO	2006106854 A1	12-10-2006

JP 2007069198	A	22-03-2007	KEINE		

WO 2004046033	A1	03-06-2004	AT	431316 T	15-05-2009
			AU	2003294632 A1	15-06-2004
			DE	10254241 A1	09-06-2004
			DE	20221998 U1	12-05-2010
			EP	1562855 A1	17-08-2005
			US	2006148645 A1	06-07-2006
			WO	2004046033 A1	03-06-2004

DE 202012003802	U1	02-04-2013	DE	102012007503 A1	02-10-2013
			DE	202012003802 U1	02-04-2013
			WO	2013143570 A1	03-10-2013

DE 102012202563	A1	22-08-2013	DE	102012202563 A1	22-08-2013
			US	2013252526 A1	26-09-2013
			WO	2013124168 A1	29-08-2013

EP 1340736	A1	03-09-2003	DE	60133124 T2	19-02-2009
			EP	1340736 A1	03-09-2003
			JP	2002167290 A	11-06-2002
			US	2003183799 A1	02-10-2003
			WO	0244105 A1	06-06-2002
