

(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
24. Dezember 2014 (24.12.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/202273 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G06T 17/10 (2006.01) G06T 17/20 (2006.01)
G06F 17/50 (2006.01) G06T 17/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/059233

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. Mai 2014 (06.05.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A50397/2013 18. Juni 2013 (18.06.2013) AT

(71) Anmelder: AVL LIST GMBH [AT/AT]; Hans-List-Platz
1, A-8020 Graz (AT).

(72) Erfinder: HEPBERGER, Achim; Alte Poststraße 134, A-
8020 Graz (AT). PRAMBERGER, Harald; Weblingerstr.
71H, A-8054 Graz (AT). PUTZ, Norbert; Leitenweg 1, A-
8561 Södling (AT).

(74) Anwälte: WEISS, Christian et al.; Patentanwälte Pinter &
Weiss OG, Prinz-Eugen-Straße 70, A-1040 Wien (AT).

(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.

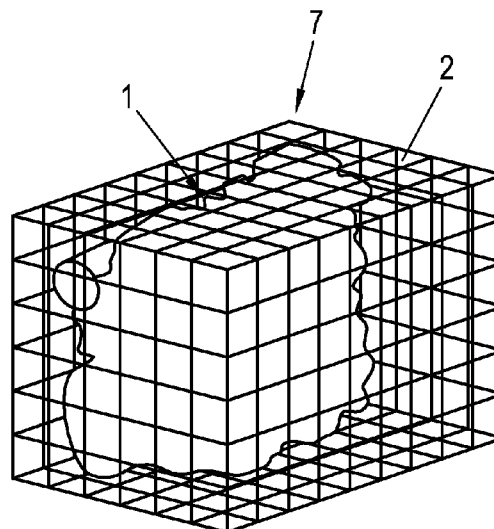
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,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

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR ERSTELLUNG EINES DREIDIMENSIONALEN, AKUSTISCHEN NETZES

Fig. 2



(57) Abstract: The invention relates to a method for simply and quickly creating an acoustic mesh (8) for performing a WBT method. According to the invention a three-dimensional sound-emitting object (1) is completely surrounded by a volume mesh (7) comprising convex hex elements (2), then the hex elements (2) of the volume mesh (7) are divided into hex elements (2) of the object (1), hex elements (2) of the surrounding space (6), and interface elements (5) that belong to both, the object (1) and the surrounding space (6), and the interface elements (5) are associated either with the object (1) or with the surrounding space (6) on the basis of an association criterion.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/202273 A1



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Um ein akustisches Netze (8) zur Durchführung einer WBT-Methode auf einfache und rasche Weise zu erstellen ist vorgeschlagen, ein dreidimensionales, schallabstrahlendes Objekts (1) mit einem Volumennetz (7) aus konvexen Hexaelementen (2) vollständig zu umgeben und anschließend die Hexaelemente (2) des Volumennetzes (7) in Hexaelemente (2) des Objektes (1), in Hexaelemente (2) des umgebenden Raumes (6) und in Schnittelemente (5), die sowohl dem Objekt (1), als auch dem umgebenden Raum (6) angehören, einzuteilend und die Schnittelemente (5) anhand eines Zuordnungskriteriums entweder dem Objekt (1) oder dem umgebenden Raum (6) zuzuordnen.

Verfahren zur Erstellung eines dreidimensionalen, akustischen Netzes

Die gegenständliche Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erstellung eines dreidimensionalen, akustischen Netzes für die akustische Berechnung eines dreidimensionalen, schallabstrahlenden Objekts.

- 5 In der heutigen Produktentwicklung kommen vermehrt numerische Simulationen zum Einsatz, um die Entwicklungszeiten und –kosten zu reduzieren. Unter diesen sehr vielschichtigen Simulationsanwendungen ist beispielsweise in der Fahrzeugentwicklung die Vorhersage des Fahrzeuginnengeräusches oder der Geräuschabstrahlung eines Bauteils, z.B. eines Verbrennungsmotors, anhand von vibro-akustischen Simulationen eine der her-
- 10 ausforderndsten.

Für solche vibro-akustischen Simulationen wurden bisher Finite Element Methoden (FEM) oder Bounded Element Methoden (BEM) eingesetzt, die allerdings auf Frequenzen im Bereich von 150 bis 200Hz beschränkt waren. Für höhere Frequenzen würden feinere FEM-Netze benötigt, was den Rechenaufwand zur Lösung solcher Modelle signifikant erhöht. Für

15 die Simulation des Fahrzeuginnengeräusches wurden auch sogenannte Statistical Energy Analysis (SEA) Methoden entwickelt, die allerdings nur für Frequenzen von größer 400Hz brauchbare Ergebnisse liefern. Außerdem liefern SEA Methoden keine Phaseninformation, was aber im interessierenden Frequenzbereich eine wichtige Information darstellt.

Daneben wurde für vibro-akustische Simulationen auch sogenannte Wave Based Technique

20 (WBT) Methoden entwickelt. Diese Methoden erlauben die Simulation bis zu Frequenzen von 3kHz. Für die Generierung des akustischen Netzes, das für die Verwendung der WBT-Methode notwendig ist, wird der Luftraum zwischen schallabstrahlendem Objekt, z.B. einem Verbrennungsmotor, und dem kleinsten, das Objekt umschließenden quaderförmigen Raum in konvexe Subvolumina unterteilt. Konvexität eines Subvolumens bedeutet in diesem Zu-

25 sammenhang, dass die Verbindung beliebiger Randpunkte der Oberfläche des Subvolumens jeweils auch vollständig innerhalb des Subvolumens liegt. Das ist z.B. aus T. Mocsai, et al., „Engine Radiation Simulation up to 3kHz using the Wave Based Technique“, ICSV16 2009 - International Congress on Sound And Vibration, Krakow, Poland, July 5-9, 2009 oder aus A. Hepberger, et al., „Application of the Wave Based Technique to Predict the Engine Noise

30 Radiation under Anechoic Conditions“, SAE 2009 - Noise and Vibration Conference and Exhibition, St. Charles, Illinois, USA, May 19-21, 2009, bekannt. Bisher erfolgte diese Unterteilung händisch bzw. mit CAE-Unterstützung, d.h. es wurde je nach Erfahrung des Ausführenden ein Netz an konvexen Elementen definiert, was sehr langwierig ist und bis zu zwei Wochen dauern konnte. Außerdem war die manuelle Generierung nicht reproduzierbar bzw.

35 dokumentierbar.

Es ist nun eine Aufgabe der gegenständlichen Erfindung, ein Verfahren zur Generierung eines akustischen Netzes aus konvexen Elementen zur Durchführung einer WBT-Methode anzugeben, das es ermöglicht, auf einfache und rasche Weise ein solches Netz zu erstellen.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, indem für das Objekt in einem ersten Schritt ein Volumennetz aus Hexaelementen erstellt wird, das das Objekt vollständig umgibt und anschließend in einem zweiten Schritt eine Zuordnung der Hexaelemente des Volumennetzes in Hexaelemente des Objektes, in Hexaelemente des umgebenden Raumes und in Schnittelemente, die sowohl dem Objekt, als auch dem umgebenden Raum angehören, vorgenommen wird und die Schnittelemente anhand eines Zuordnungskriteriums entweder dem
10 Objekt oder dem umgebenden Raum zugeordnet werden. Diese Vorgehensweise erlaubt eine automatisierte Erstellung des akustischen Netzes des das schallabstrahlende Objekt umgebenden Raumes, was die Erstellung sehr rasch und einfach macht. Damit wird es möglich ein akustisches Netz innerhalb weniger Minuten zu erstellen.

15 Wenn zumindest ein Hexaelement oder das Volumennetz vor der Zuordnung im zweiten Schritt in seiner Dimension in zumindest einer Raumrichtung geändert wird, kann das Volumennetz schon vor der Zuordnung besser an das Objekt angenähert werden, was die nachfolgenden Verfahrensschritte vereinfachen kann. Unter Dimension wird hier die Erstreckung des Hexaelementes in zumindest einer der Raumrichtungen, also z.B. der x-, y- und z-Richtung, verstanden.

20 Für das erstellte akustische Netz ist es vorteilhaft, wenn insbesondere die Grenzregion zwischen Objekt und umgebenden Raum feiner modelliert wird, indem ein Schnittelement vor der Zuordnung in eine Mehrzahl von Subelementen unterteilt wird und die entstandenen Subelemente dem Objekt oder dem umgebenden Raum zugeordnet werden. Dieser Schritt kann die Genauigkeit des akustischen Netzes besonders an der Grenzfläche zwischen Objekt und umgebenden Raum, und damit auch die Qualität der nachfolgenden akustischen
25 Berechnung des Objektes, erhöhen.

Um eine variablere Entscheidung zu ermöglichen, ob ein Schnittelement dem Objekt oder dem umgebenden Raum zugeordnet wird, kann vorgesehen sein, dass ein Schnittelement vor der Zuordnung im zweiten Schritt in eine Mehrzahl von Subelementen unterteilt wird und
30 anhand eines Zuordnungskriterium geprüft wird, ob zumindest ein definierter Anteil seiner Subelemente innerhalb des Objektes oder innerhalb des umgebenden Raumes liegt, um das gesamte Schnittelement dem Objekt oder dem umgebenden Raum zuzuordnen.

Wenn für ein Schnittelement und/oder Subelement als Zuordnungskriterium geprüft wird, ob der geometrische Mittelpunkt des Schnittelementes und/oder Subelementes innerhalb des

Objektes oder innerhalb des umgebenden Raumes liegt, kann die Zuordnung mit wenig Berechnungsaufwand durchgeführt werden.

Um die nachfolgende akustische Berechnung des akustischen Netzes effizienter und mit weniger Rechenaufwand durchführen zu können, ist es vorteilhaft, wenn die Hexaelemente des umgebenden Raumes in konvexe Supraelemente zusammengefasst werden, da dann mit weniger Hexaelementen gerechnet werden muss und der Rechenaufwand deutlich reduziert werden kann.

Die Hexaelemente des Objekts werden vorzugsweise verwendet, um aus den Hexaelementen des Objekts die Außenhaut des Objektes zu ermitteln.

Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 7 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

Fig.1 ein dreidimensionales Modell des schallabstrahlenden Objekts,

Fig.2 das Objekt mit dem umgebenden Volumennetz aus Hexaelementen,

Fig.3 das Volumennetz des umgebenden Raumes,

Fig.4 das Volumennetz des umgebenden Raumes aus mehreren Hexaelementen gebildeten Supraelementen,

Fig.5 die ermittelte Außenhaut des Objekts,

Fig.6 die Zuordnung der Schnittelemente zum Objekt oder zum umgebenden Raum und

Fig.7 die Unterteilung eines Hexaelementes in eine Mehrzahl von Subelementen.

Das schallabstrahlende Objekt 1, hier ein Verbrennungsmotor, der in Fig.1 stilisiert dargestellt ist, und der das Objekt umgebende Raum 6 (Fig.1) werden in einem ersten Verfahrensschritt durch ein Volumennetz 7 aus konvexen Hexaedern (in weiterer Folge Hexaelement 2), z.B. Quader oder Würfel, vollständig ausgefüllt, wobei das Objekt 1 vollständig überdeckt sein soll. Die Dimension des Hexaelements 2, also seine Erstreckung in den verschiedenen Raumrichtungen, vorzugsweise in x-, y- und z-Richtung, ist dabei frei wählbar oder kann vorgegeben sein. Dieser Schritt kann anhand eines Modells des Objektes, z.B. einem diskretisierten bzw. elementierten Modell (z.B. ein FEM-Modell) oder einem CAD-Modell, automatisiert von einer Berechnungseinheit vorgenommen werden. Das Ergebnis dieses ersten Schrittes ist in Fig.2 dargestellt.

Optional kann das so erstellte Volumennetz 7 an das schallabstrahlende Objekt 1 angenähert werden, indem eine oder mehrere Raumebenen, z.B. die x-, y- und/oder z-Ebene, des Volumennetzes 7 oder einzelner Hexaelemente 2 verschoben werden, was zu Hexaelemen-

ten 2 unterschiedlicher Dimensionen führt. Dieser Schritt kann entweder manuell von einem Anwender oder wieder automatisiert von der Berechnungseinheit durchgeführt werden.

Im nächsten Verfahrensschritt wird festgelegt, welche Hexaelemente 2 dem schallabstrahlenden Objekt 1 zuzuordnen sind und welche dem umgebenden Raum 6. Alle Hexaelemente 2, die vollständig im umgebenden Raum 6 liegen, werden als diesem Raum 6 zugehörig angesehen. Alle Hexaelemente 2, die vollständig im Objekt 1 liegen, werden diesem zugeordnet. Für Hexaelemente 2, die teilweise im Objekt 1 liegen und teilweise im umgebenen Raum 6, sogenannte Schnittelemente 5, wird zur Zuordnung ein Zuordnungskriterium definiert. Beispielsweise wird überprüft, wo ihr geometrischer Mittelpunkt M liegt, was anhand der Fig.6 näher erläutert wird. Liegt der geometrische Mittelpunkt M im Objekt 1, wird dieses Hexaelement 2 dem Objekt 1 zugeordnet, liegt der Mittelpunkt M außerhalb des Objekts, wird das Hexaelement 2 dem umgebenden Raum 6 zugeordnet. Anhand des dreidimensionalen Modells des Objekts 1, (z.B. ein diskretisiertes bzw. elementiertes Modell oder ein CAD-Modell) kann dieser Schritt automatisiert ausgeführt werden. Das Ergebnis ist in Fig.3 beispielhaft für den umgebenden Raum 6 dargestellt.

Bevorzugt kommt vor der oben beschriebenen Zuordnung der Schnittelemente 5 zumindest ein Verfeinerungsschritt zur Anwendung. Dazu wird ein Schnittelement 5 in konvexe Subelemente 5' unterteilt, z.B. indem ein Hexaelement 2 in einer oder mehreren Raumebenen unterteilt wird. Bei einer Unterteilung in z.B. allen drei Raumebenen durch den geometrischen Mittelpunkt, entstehen aus einem Hexaelement 2 (Schnittelement 5) acht Subelemente 5', wie in Fig.7 dargestellt, die in weiterer Folge als Hexaelemente 2 kleinerer Dimension verarbeitet werden. Für diese entstandenen Hexaelemente 2 (Subelemente 5') wird dann wieder die Einteilung in Hexaelemente 2 des Objekts 1, des umgebenden Raumes 6 und in Schnittelemente 5 vorgenommen. Die entstehenden Schnittelemente 5 können dann erneut wie beschrieben verfeinert werden. Ebenso ist es aber möglich, ein Hexaelement 2 mehrfach auf die beschriebene Weise zu unterteilen, bevor die beschriebene Zuordnung vorgenommen wird. Wenn ein Hexaelement 2 z.B. mit drei Teilungsschritten in jeweils allen drei Raumebenen unterteilt wird, erhält man 512 Subelemente 5', die dann zugeordnet werden können.

Damit gelingt es vor allem die Grenzregion zwischen Objekt 1 und umgebenden Raum 6 genauer zu modellieren, indem je nach oben beschriebener Zuordnung Subelemente 5' dem umgebenden Raum 6 und damit dem akustischen Netz 8 zugeordnet werden. Die benötigte Genauigkeit wird dabei von der jeweiligen Anwendung bestimmt.

Anstelle des geometrischen Mittelpunktes M als Zuordnungskriterium kann aber auch ein anderes Kriterium verwendet werden. Z.B. könnte der Volumenanteil eines Schnittelementes

5 im Objekt 1 festgestellt werden. Übersteigt der Volumenanteil einen bestimmten Prozentsatz, wird das gesamte Schnittlelement 5 dem Objekt 1 zugeordnet, ansonsten dem umgebenden Raum 6.

Eine weitere Variante der Zuordnung eines Schnittlelements 5 kann dadurch umgesetzt werden, indem bei Unterteilung des Schnittlementes 5 in Subelemente 5' definiert wird, wie
5 viele der Subelemente 5' dem das Objekt 1 umgebenden Raum 6 oder dem Objekt 1 gemäß einem Zuordnungskriteriums zugeordnet sein müssen (also z.B. wie viele Subelemente 5' ihren geometrischen Mittelpunkt M im umgebenden Raum 6 haben), damit das gesamte Schnittlelement 5 dem Raum 6 oder dem Objekt 1 zugeordnet wird.

10 Die Summe der Hexaelemente 2 des umgebenden Raumes 6 bildet dann das akustische Netz 8 für die akustische Berechnung.

Für eine effiziente Berechnung des schallabstrahlenden Objekts 1 ist es vorteilhaft, wenn die entstandenen Hexaelemente 2 des umgebenden Raumes 6 zu größeren konvexen Supraelementen 3, die dann wieder als Hexaelemente 2 größerer Dimension verwendet werden,
15 zusammengefasst werden, wie in Fig.4 dargestellt. Die Summe der Supraelemente 3 des umgebenden Raumes 6 bildet hier dann das akustische Netz 8 für die akustische Berechnung. Das Zusammenfassen von konvexen Raumelementen in größere Raumelemente ist aus dem Stand der Technik bekannt, z.B. aus Anuj J., et al., „Partitioning 3D Phantoms Into Homogeneous Cuboids“, International Journal of Foundation of Computer Science 14, 905
20 (2003), und wird daher hier nicht näher erläutert.

Das derart entstandene Volumennetz für das Objekt 1 wird an sich nicht weiter benötigt, da für das Objekt 1 nur die schallabstrahlende Oberfläche, also die aus den Hexaelementen 2 des Objekts 1 gebildete Außenhaut 4, wie in Fig.5 dargestellt, benötigt wird. Dazu werden
25 z.B. alle Grenzflächen der Hexaelemente 2 des Objekts 1 zwischen Objekt 1 und umgebenden Raum 6 bestimmt. Die Hexaelemente 2 des Objekts 1 selbst können auch gelöscht werden.

Damit liegen das für die WBT-Methode benötigte akustische Netz 8 des schallabstrahlenden Objekts 1 und die Grenzfläche zwischen Objekt 1 und dem umgebenden Raum (Außenhaut 4) vor. Die beschriebene Erstellung des akustischen Netzes 8 kann dabei automatisiert in
30 wenigen Minuten erstellt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erstellung eines dreidimensionalen, akustischen Netzes (8) für die akustische Berechnung eines dreidimensionalen, schallabstrahlenden Objekts (1) bei dem für das
5 Objekt (1) in einem ersten Schritt ein Volumennetz (7) aus konvexen Hexaelementen (2) erstellt wird, das das Objekt (1) vollständig umgibt und anschließend in einem zweiten Schritt eine Zuordnung der Hexaelemente (2) des Volumennetzes (7) in Hexaelemente (2) des Objektes (1), in Hexaelemente (2) des umgebenden Raumes (6) und in Schnittelemente (5), die sowohl dem Objekt (1), als auch dem umgebenden Raum (6) angehören, vorgenommen wird
10 und die Schnittelemente (5) anhand eines Zuordnungskriteriums entweder dem Objekt (1) oder dem umgebenden Raum (6) zugeordnet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dimension des Volumennetzes (7) oder zumindest eines Hexaelementes (2) in zumindest einer Raumrichtung vor der Zuordnung im zweiten Schritt geändert wird.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Schnittelement (5) vor der Zuordnung im zweiten Schritt in eine Mehrzahl von konvexen Subelementen (5') unterteilt wird und die entstandenen Subelemente (5') anhand eines Zuordnungskriteriums dem Objekt (1) oder dem umgebenden Raum (6) zugeordnet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Schnittelement
20 (5) vor der Zuordnung im zweiten Schritt in eine Mehrzahl von Subelementen (5') unterteilt wird und anhand eines Zuordnungskriterium geprüft wird, ob zumindest ein definierter Anteil seiner Subelemente (5') innerhalb des Objektes (1) oder innerhalb des umgebenden Raumes (6) liegt, um das gesamte Schnittelement (5) dem Objekt (1) oder dem umgebenden Raum (6) zuzuordnen.
- 25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** für ein Schnittelement (5) und/oder Subelement (5') als Zuordnungskriterium geprüft wird, ob der geometrische Mittelpunkt (M) des Schnittelementes (5) und/oder Subelementes (5') innerhalb des Objektes (1) oder innerhalb des umgebenden Raumes (6) liegt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach
30 der Zuordnung im zweiten Schritt die Hexaelemente (2) des umgebenden Raumes (6) in konvexe Supraelemente (3) zusammengefasst werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus den Hexaelementen (2) des Objekts (1) die Außenhaut des Objekts (1) ermittelt wird.

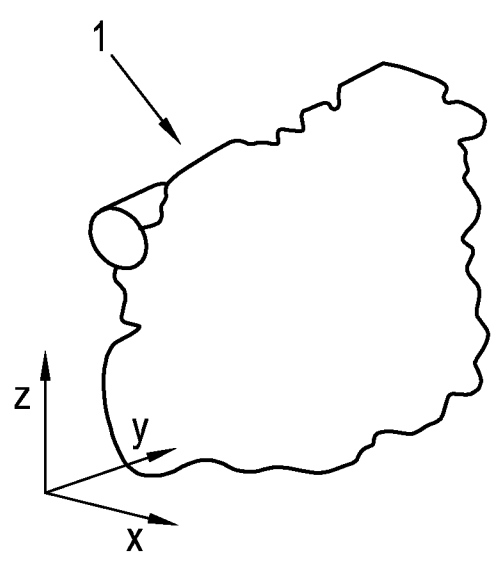


Fig. 1

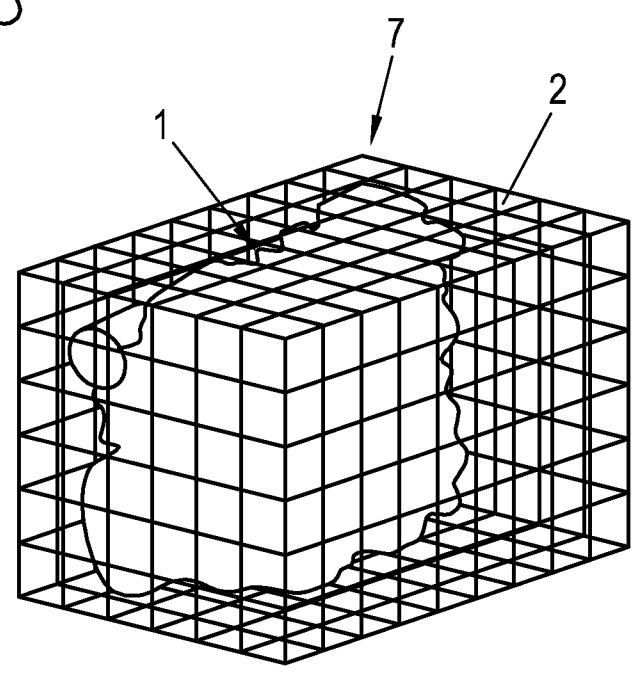


Fig. 2

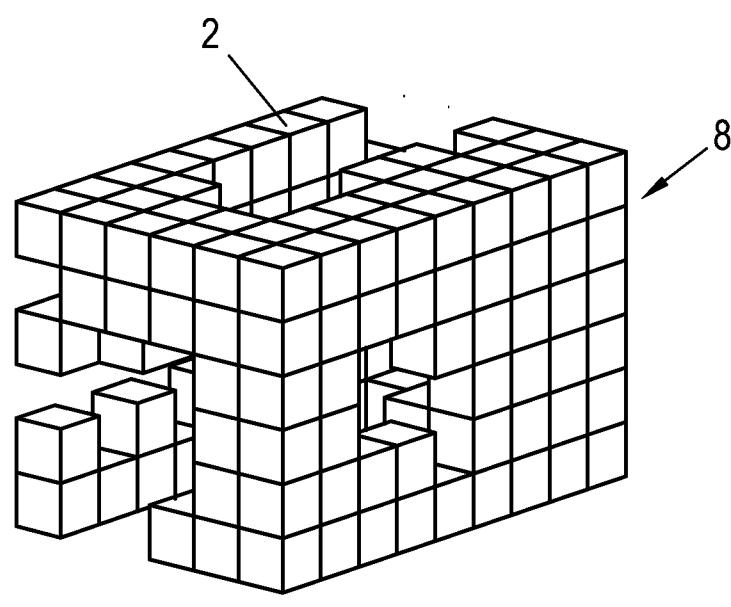


Fig. 3

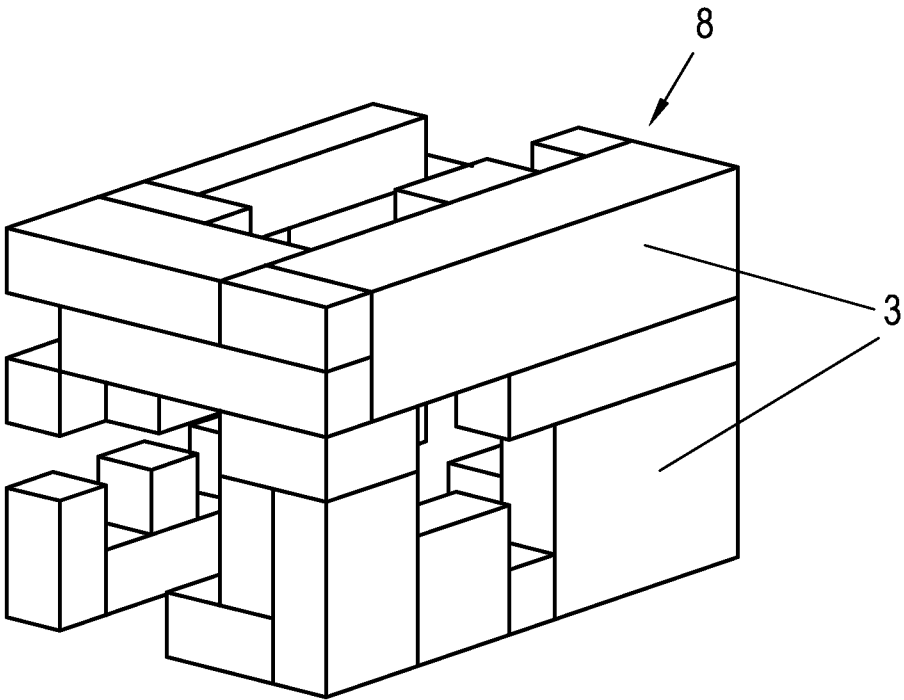


Fig. 4

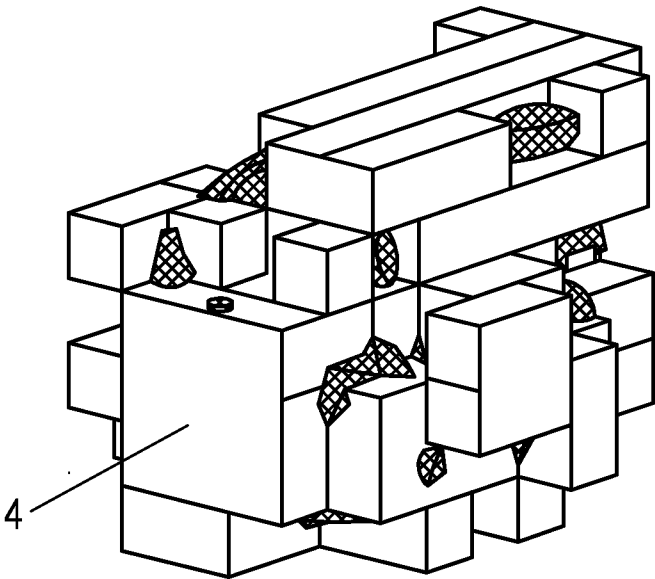
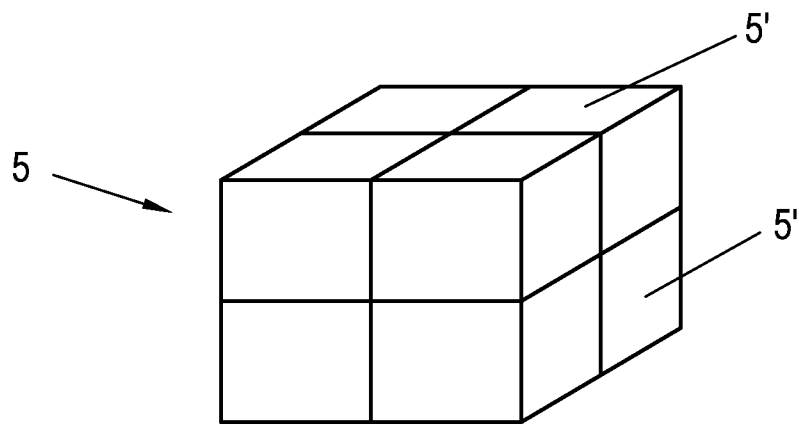
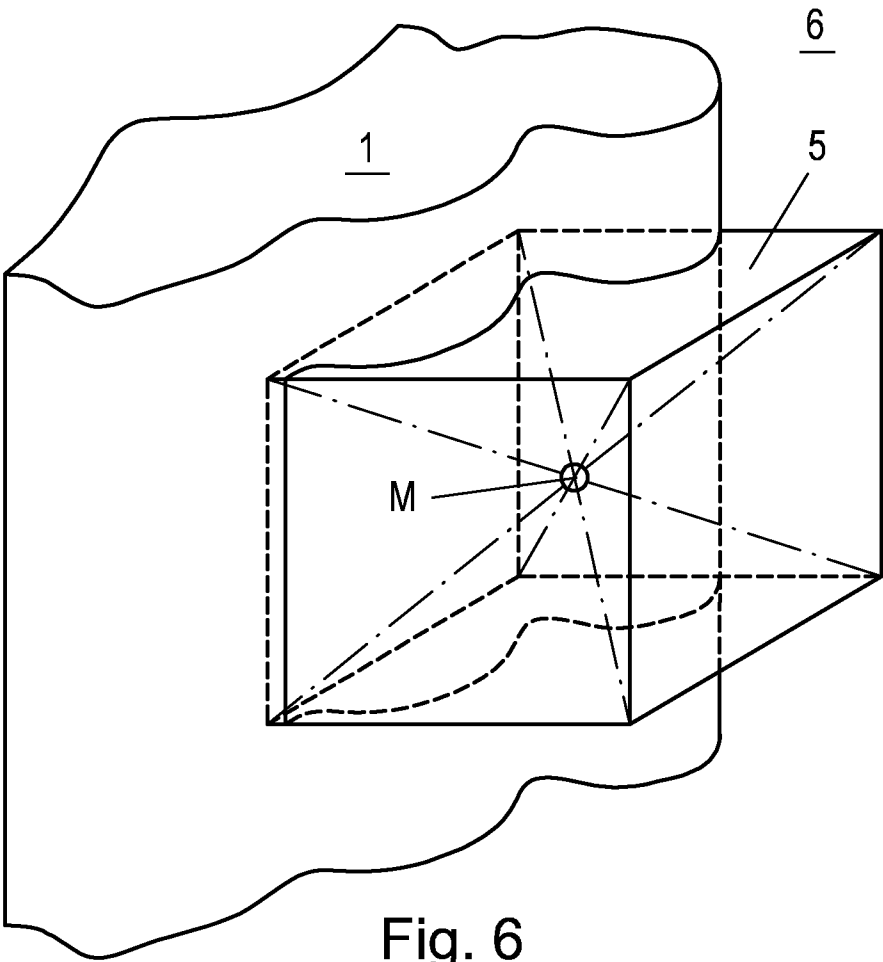


Fig. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/059233

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G06T17/10 G06F17/50 G06T17/20 G06T17/00 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) G06T G06F		
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, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	T. Mocsai, F. Diwoy, H.-H. Priebisch: "The application of the Wave Based Technique for 3D free-field radiation calculation using a residual error controlled adap-tive strategy", https://www.isma-isaac.be/past/conf/isma2010/ Proceedings of ISMA2010, 2010, XP002727987, Retrieved from the Internet: URL:https://www.isma-isaac.be/past/conf/isma2010/proceedings/proceedingsISMA2010-USD2010.pdf [retrieved on 2014-07-29] Abstract; Abschnitte "1 The Wave Based Technique" und "2 The numerical Wave Based model"; Abb.1, 2 ----- -/--	1-7
☒ 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 11 August 2014		Date of mailing of the international search report 27/08/2014
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 Ellerbrock, Thomas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/059233

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DESMET W ET AL: "On the use of a novel wave based prediction technique for acoustic cavity analysis", 8TH INTERNATIONAL CONGRESS ON ACOUSTICS SCIENCE COUNCIL OF JAPAN, 2004, page 4 pp., XP002727988, ISBN: 4-9901915-6-0 the whole document -----	1-7
A	BARTOSCH T ET AL: "Generation and validation of acoustic 3D WBT models of a SUV driver compartment from sea models", 14TH INTERNATIONAL CONGRESS ON SOUND AND VIBRATION 2007, ICSV 2007, vol. 4, 2007, pages 3556-3563, XP002727989, AUSTRALIAN ACOUSTICAL SOCIETY AUS Abschnitt "2. FROM A SEA TO A WBT MODEL" darin Abs.1 -----	1-7
A	Mihaela Popescu and Cheng-Feng Tai et al: "A Finite Volume-Based High Order Cartesian Cut-Cell Method for Computational Aeroacoustics", American Institute of Aeronautics and Astronautics 2005, XP002727990, Retrieved from the Internet: URL:http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/76576/AIAA-2005-2825-326.pdf?sequence=1 [retrieved on 2014-07-28] Abstract; Abschnitt "III. The Cut-Cell Procedure", darin die ersten 20 Zeilen; Abb.2 -----	1-7
A	Mihaela Popescu, Rick Vedder and Wei Shyy: "A finite volume-based high-order, Cartesian cut-cell method for wave propagation", International Journal for Numerical Methods in Fluids 2008, pages 1787-1818, XP002727991, Retrieved from the Internet: URL:http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/58070/1517_ftp.pdf?sequence=1 [retrieved on 2014-07-29] Abstract; Abschnitt "2.4. The cut-cell procedure for irregular geometry", Seiten 1793-1794; Abb.3-4 ----- -/--	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/059233

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KELA A ED - HORMANN KAI ET AL: "HIERARCHICAL OCTREE APPROXIMATIONS FOR BOUNDARY REPRESENTATION-BASED GEOMETRIC MODELS", COMPUTER AIDED DESIGN, vol. 21, no. 6, 1 July 1989 (1989-07-01), pages 355-362, XP000095156, ELSEVIER PUBLISHERS BV., BARKING, GB ISSN: 0010-4485, DOI: 10.1016/0010-4485(89)90002-X Abstract; Abschnitt "Algorithm overview and notation"; Abb. 1-3 -----	1-7
A	JAIN A ET AL: "Partitioning 3D phantoms into homogeneous cuboids", INTERNATIONAL JOURNAL OF FOUNDATIONS OF COMPUTER SCIENCE WORLD SCIENTIFIC SINGAPORE, vol. 14, no. 5, October 2003 (2003-10), pages 905-931, XP002727992, ISSN: 0129-0541 the whole document -----	1-7

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G06T17/10 G06F17/50 G06T17/20 G06T17/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G06T G06F		
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, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	T. Mocsai, F. Diwoy, H.-H. Pribsch: "The application of the Wave Based Technique for 3D free-field radiation calculation using a residual error controlled adap-tive strategy", https://www.isma-isaac.be/past/conf/isma2010/ Proceedings of ISMA2010, 2010, XP002727987, Gefunden im Internet: URL: https://www.isma-isaac.be/past/conf/isma2010/proceedings/proceedingsISMA2010-USD2010.pdf [gefunden am 2014-07-29] Abstract; Abschnitte "1 The Wave Based Technique" und "2 The numerical Wave Based model"; Abb.1, 2 ----- -/--	1-7
☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
11. August 2014		27/08/2014
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 Ellerbrock, Thomas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DESMET W ET AL: "On the use of a novel wave based prediction technique for acoustic cavity analysis", 8TH INTERNATIONAL CONGRESS ON ACOUSTICS SCIENCE COUNCIL OF JAPAN, 2004, Seite 4 pp., XP002727988, ISBN: 4-9901915-6-0 das ganze Dokument -----	1-7
A	BARTOSCH T ET AL: "Generation and validation of acoustic 3D WBT models of a SUV driver compartment from sea models", 14TH INTERNATIONAL CONGRESS ON SOUND AND VIBRATION 2007, ICSV 2007, Bd. 4, 2007, Seiten 3556-3563, XP002727989, AUSTRALIAN ACOUSTICAL SOCIETY AUS Abschnitt "2. FROM A SEA TO A WBT MODEL" darin Abs.1 -----	1-7
A	Mihaela Popescu and Cheng-Feng Tai et al: "A Finite Volume-Based High Order Cartesian Cut-Cell Method for Computational Aeroacoustics", American Institute of Aeronautics and Astronautics , 2005, XP002727990, Gefunden im Internet: URL:http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/76576/AIAA-2005-2825-326.pdf?sequence=1 [gefunden am 2014-07-28] Abstract; Abschnitt "III. The Cut-Cell Procedure", darin die ersten 20 Zeilen; Abb.2 -----	1-7
A	Mihaela Popescu, Rick Vedder and Wei Shyy: "A finite volume-based high-order, Cartesian cut-cell method for wave propagation", International Journal for Numerical Methods in Fluids , 2008, Seiten 1787-1818, XP002727991, Gefunden im Internet: URL:http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/58070/1517ftp.pdf?sequence=1 [gefunden am 2014-07-29] Abstract; Abschnitt "2.4. The cut-cell procedure for irregular geometry", Seiten 1793-1794; Abb.3-4 ----- -/--	1-7

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	KELA A ED - HORMANN KAI ET AL: "HIERARCHICAL OCTREE APPROXIMATIONS FOR BOUNDARY REPRESENTATION-BASED GEOMETRIC MODELS", COMPUTER AIDED DESIGN, Bd. 21, Nr. 6, 1. Juli 1989 (1989-07-01), Seiten 355-362, XP000095156, ELSEVIER PUBLISHERS BV., BARKING, GB ISSN: 0010-4485, DOI: 10.1016/0010-4485(89)90002-X Abstract; Abschnitt "Algorithm overview and notation"; Abb. 1-3 -----	1-7
A	JAIN A ET AL: "Partitioning 3D phantoms into homogeneous cuboids", INTERNATIONAL JOURNAL OF FOUNDATIONS OF COMPUTER SCIENCE WORLD SCIENTIFIC SINGAPORE, Bd. 14, Nr. 5, Oktober 2003 (2003-10), Seiten 905-931, XP002727992, ISSN: 0129-0541 das ganze Dokument -----	1-7