



(11)

EP 3 206 414 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
16.08.2017 Patentblatt 2017/33

(51) Int Cl.:  
**H04R 1/40 (2006.01)**  
**H04R 19/00 (2006.01)**

**H04R 3/00 (2006.01)**  
**G10L 21/0216 (2013.01)**

(21) Anmeldenummer: 17155489.2

(22) Anmeldetag: 09.02.2017

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**MA MD**

(30) Priorität: 12.02.2016 DE 102016001608

(71) Anmelder: **Hochschule für angewandte  
Wissenschaften Hamburg  
20099 Hamburg (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Kletschkowski, Thomas  
22149 Hamburg (DE)**

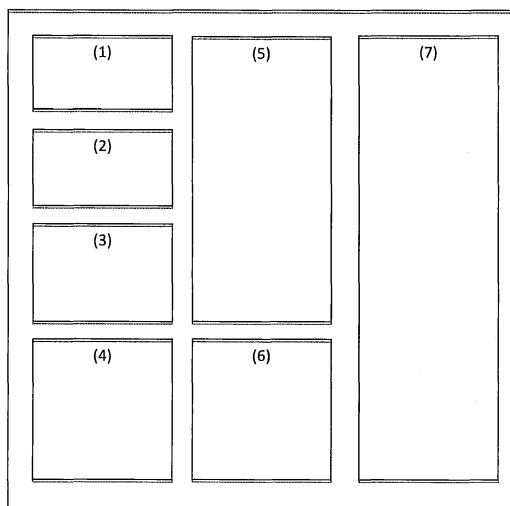
- **Rettig, Rasmus  
22529 Hamburg (DE)**
- **Rokita, Dagmar  
22391 Hamburg (DE)**
- **Ueberle, Friedrich  
22113 Oststeinbek (DE)**
- **Wendholt, Birgit  
21077 Hamburg (DE)**
- **Wenzel, Tobias  
21614 Buxtehude (DE)**

(74) Vertreter: **Hauck Patentanwaltspartnerschaft  
mbB  
Kaiser-Wilhelm-Straße 79-87  
20355 Hamburg (DE)**

## (54) MIKROFONANORDNUNG

(57) Mikrofonanordnung mit mindestens einem Mikrofon zur Messung von Luftschall und einer Auswerteinheit zur Speicherung der gemessenen Mikrofonsignale, dadurch gekennzeichnet, dass ein Beschleuni-

gungssensor vorgesehen ist, der einen Körperschall für das Mikrofon erfasst, wobei die Auswerteeinheit ausgebildet ist, um einen auf den Körperschall zurückgehenden Anteil der Mikrofonsignale herauszurechnen.



Figur 1: Erfindungsgemäße Mikrofonmodul

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Mikrofonanordnung, insbesondere eine vielkanalige, synchrone Messtechnik für Luft- und Körperschall. Eingesetzt werden kann die Mikrofonanordnung für die Realisierung einer akustischen Kamera mit einem verteilten Multisensor-Mikrofonsystem. Darüber hinaus ermöglicht die Erfindung auch die Realisierung von adaptiven Systemen z.B. zur Geräuschminderung.

**[0002]** Das Dokument "Mit den Augen hören - acoustic camera", GFAI / Gesellschaft für angewandte Informatik, Berlin beschreibt unterschiedliche Anwendungen für eine akustische Kamera. Explizit wird eingegangen auf ortsauflöste Untersuchungen von Schallemissionen von Windenergieanlagen, Baufahrzeugen, Automobilen, Fluggeräten, Industrieanlagen sowie Nähmaschinen.

**[0003]** Die DE10304215A1 - "Verfahren und Vorrichtung zur bildgebenden Darstellung von akustischen Objekten sowie ein entsprechendes Computerprogramm-Erzeugnis und ein entsprechendes computerlesbares Speichermedium" beschreibt den Aufbau einer akustischen Kamera mit einem zentralen Datenrekorder, einem Kalibriertester sowie einem PC mit unterschiedlichen Analyse- sowie Visualisierungsmöglichkeiten.

**[0004]** Die US2014/0241548 - "Acoustic Sensor Apparatus and acoustic camera for using MEMS microphones array" beschreibt eine akustische Kamera aus MEMS-Mikrofonen in einer Anordnung auf einer Leiterplatte.

**[0005]** Die US 5193117 - "Microphone Apparatus" beschreibt einen Aufbau mit zwei Mikrofonen jeweils mit einer Kugelcharakteristik, die durch zeitliche Verschiebung und Überlagerung zur Reduzierung von Hintergrundgeräuschen genutzt werden.

**[0006]** Aus DE 10 2013 005 405 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung von Akustikeigenschaften eines Fahrzeugginnenraums bekannt. Bei dem Verfahren werden Körperschallinformationen mit gleichzeitig ermittelten Schalldruckinformationen des Fahrzeugginnenraums verknüpft, wobei die Schalldruckinformation mittels eines Beamforming-Mikrofon-Arrays im Fernfeld und/oder mittels einer Intensitätsmessvorrichtung im Nahfeld erfasst wird. Ein sehr hoher Detektionsgrad bei der Ermittlung einer Schallabstrahlungsverteilung im Fahrzeugginnenraum wird über einen breiten mittleren Frequenzbereich bei gleichzeitiger Kenntnis einer Körperschalleinleitung realisiert. Ziel dieser Verknüpfung ist eine dreidimensionale Schalldruckkartierung, die es erlaubt, eine Übertragungsweganalyse durchzuführen.

**[0007]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Mikrofonanordnung bereitzustellen, die im besonderen Maße dazu geeignet ist, bei der Messung von Luftschall ungestörte Ergebnisse zu erzielen.

**[0008]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch eine Mikrofon-Anordnung mit den Merkmalen aus Anspruch 1 gelöst. Die Unteransprüche entsprechen vorteilhaften Ausgestaltungen.

**[0009]** Die Messung von Luftschall wird nach dem

Stand der Technik mit Mikrofonen durchgeführt. Diese wandeln Luftschall in ein elektrisches Signal, typischerweise in eine elektrische Spannung. Nach dem Stand der Technik wird dieses Signal verstärkt und dann weiter verarbeitet oder direkt im Mikrofon digitalisiert und digital übertragen. Mikrofone wandeln jedoch neben dem zu messenden Luftschall auch Körperschall in ein elektrisches Signal, welches der eigentlichen Messgröße als Störung überlagert wird. Um diese Störungen zu minimieren, werden Mikrofone meist gegen Körperschall isoliert aufgebaut, z.B. durch Integration in eine schwungsdämpfende Halterung oder durch Aufhängung an der Decke (z.B. Konzerthallen).

**[0010]** Die erfindungsgemäße Mikrofon-Anordnung weist mindestens ein Mikrofon zur Messung von Luftschall und eine Auswerteeinheit zur Speicherung der gemessenen Mikrofon-Signale auf. Die Speicherung der Mikrofon-Signale ist für Anwendungen, bei denen beispielsweise eine örtliche Auflösung von Schallquellen erfolgen soll, wichtig. Bei der erfindungsgemäßen Mikrofon-Anordnung ist ein Beschleunigungssensor vorgesehen, der einen Körperschall für das Mikrofon erfasst. Die Auswerteeinheit ist erfindungsgemäß dazu ausgebildet, um einen auf den Körperschall zurückgehenden Anteil der Mikrofon-Signale herauszurechnen. Beim Herausrechnen werden die aufgezeichneten Mikrofon-Signale skaliert und vom Körperschall subtrahiert. Ziel des Herausrechnens ist es, den Einfluss von Körperschall auf die Mikrofon-Signale zu reduzieren. Bevorzugt ist ein Feld (Array) von Mikrofonen vorgesehen, deren Mikrofon-Signale in an sich bekannter Weise von der Auswerteeinheit zu einem akustischen Bild ausgewertet werden. Bei den Mikrofonen kann es sich beispielsweise um ein Mikrofon nach MEMS-Technologie (Mikro-elektromechanisches System) handeln. Darüber hinaus können MEMS-Mikrofone einen geringen Abstand zueinander besitzen, der klein relativ zu einer mittleren Wellenlänge des eintreffenden Luftschalls ist. So können Informationen zur Intensität des Luftschalls besonders genau aufgezeichnet werden.

**[0011]** Bevorzugt ist eine erste Gruppenauswerteeinheit für eine erste Gruppe von Mikrofonen vorgesehen und eine zweite Gruppenauswerteeinheit für eine zweite Gruppe von Mikrofonen. Erste und zweite Gruppenauswerteeinheit versehen die empfangenen Mikrofon-Signale jeweils mit Zeitstempeln und veranlassen eine weitergehende Auswertung. Kerngedanke zur Verwendung von Gruppenauswerteeinheiten ist es, die für die Signalverarbeitung notwendige Rechenleistung bereits auf Untergruppen von Daten anzuwenden und nicht auf die Gesamtheit der Daten. Weiterhin kann hierdurch die zwischen den Gruppenauswerteeinheiten und einer Zentraleinheit ausgetauschte Datenmenge z.B. durch verlustfreie Kompression reduziert werden. Zweckmäßigerweise können weitere Gruppenauswerteeinheiten für weitere Gruppen von Mikrofonen vorgesehen sein. Die Zuordnung der Signale der Beschleunigungssensoren erfolgt hierbei bevorzugt ebenfalls für die in den Gruppen zu-

sammengefassten Mikrofone. Für eine bessere Auswertung der Signale sind die Gruppenauswerteeinheiten bevorzugt untereinander mit der Auswerteeinheit der Mikrofonanordnung synchronisiert. Als Auswerteeinheit können ein Mikrocontroller und/oder eine FPGA-Einheit sowie ein Speicher für die Mikrofon-Signale und für die Signale der Beschleunigungssensoren zu dem Körperschall vorgesehen sein. Zweckmäßigerweise ist jedes der Mikrofone mit einem Beschleunigungssensor ausgestattet, der gemeinsam mit dem Mikrofon verbaut ist. Je nach Bauweise des Mikrofons kann der Beschleunigungssensor in das Gehäuse oder sogar auf eine Schaltungsplatine des Mikrofons integriert sein. In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung sind für die Mikrofon-Anordnungen weitere Sensoren vorgesehen, die eine Positionsbestimmung oder eine Bestimmung der Ausrichtung für die Mikrofon-Anordnung erlauben. Die Positionsbestimmung kann bei einer Auswertung der Schallsignale helfen.

**[0012]** Eine wichtige Idee dieser Erfindung liegt darin, einen Aufnehmer für Körperschall (d.h. einen Beschleunigungssensor) gemeinsam mit dem akustischen Mikrofon in eine mechanische Einheit zu integrieren und so eine elektronische Kompensation, d.h. Entfernung des Körperschallsignals durchzuführen. Hierzu wird weiterhin eine Recheneinheit (d.h. ein Microcontroller oder ein FPGA) integriert, die beide Signale synchron aufnimmt und bevorzugt digital voneinander abzieht. Alternativ hierzu kann eine analoge Schaltung, wie z.B. ein Differenzverstärker, verwendet werden. Der Beschleunigungssensor kann ein- oder mehrachsig ausgeführt sein. Besonders vorteilhaft ist die beschriebene Erfindung unter Verwendung von mikromechanischen Sensoren, die durch ihre geringe Größe, ihr geringes Gewicht, ihre hohe Robustheit sowie ihren geringen Preis Vorteile gegenüber feinmechanischen Sensoren bieten. Die bevorzugt im Mikrofon integrierte Recheneinheit kann darüber hinaus neben der Kompensation von Störsignalen diese Signale auch komprimieren und mit Zeitstempeln versehen, sodass diese im Nachgang mit den Signalen anderer Mikrofoneinheiten synchronisiert werden können. Ergänzend können durch die zusätzliche Aufzeichnung des Signals eines Beschleunigungssensors auch sehr niedrige Frequenzen aufgezeichnet werden, die ein akustisches Mikrofon nicht mehr detektieren kann (Infraschall).

**[0013]** Vorgesehen ist, die Integration mindestens eines akustischen Mikrofons mit mindestens einem ein- oder mehrachsigen Beschleunigungssensor sowie einer programmierbaren Recheneinheit mit nicht-flüchtigem Speicher in die Mikrofonanordnung. Hierbei ist der Einsatz hochintegrierter Sensorik, die meist als mikroelektromechanisches System (MEMS) realisiert wird, vorteilhaft. Grundsätzlich kann auch das Mikrofon und der Beschleunigungssensor in einem MEMS-Prozess hergestellt werden. Dieses ist in Abbildung 1 dargestellt.

**[0014]** Vorteil des Einsatzes hochintegrierter Sensorik liegt insbesondere in einer erhöhten Robustheit der Sensorik und des Messverfahrens, geringeren Empfindlich-

keit gegen externe Störungen sowie einer vereinfachten Durchführung akustischer Messungen. Darüber hinaus bieten die erfindungsgemäßen Sensormodule ein erhebliches Potenzial, Kosten für diese Messtechnik um einen Faktor 100 bis 1000 zu reduzieren sowie adaptive Systeme zu realisieren.

**[0015]** Für gewisse Anwendungen, wie z.B. dem Einsatz in einer akustischen Kamera oder einem anderen Vielkanal-Messverfahren ist es vorteilhaft, die Position oder Ausrichtung des jeweiligen Mikrofons exakt und zeitgleich zur Messung zu erfassen. Über die Position hinaus können lokal am Mikrofon gemessene Größen, wie z.B. die Temperatur oder der Absolutdruck vorteilhaft sein.

**[0016]** Nach dem Stand der Technik (Beispiel akustischen Kamera) werden hierzu die Messmikrofone statioär eingerichtet und ein akustischer Referenzpuls an einer bekannten Position erzeugt. Mittels eines Algorithmus wird aus dem Eintreffen des Pulses an jedem Mikrofon oder aus der Phasenlage der akustischen Schwingungen auf die Position der Mikrofone geschlossen, die meist in einer festgelegten Anordnung z.B. kreisförmig oder auf einem Dreibein angeordnet sind.

**[0017]** Eine weitere Ausprägung dieser Erfindung integriert weitere Sensoren in der Mikrofonanordnung: Die Integration eines Kompass erlaubt die Messung der exakten Ausrichtung im Raum während der Messung. Hierdurch kann die Ausrichtung der Mikrofone während der Messung aufgenommen werden. Dies ermöglicht akustische Messungen auf einer nicht ortsfesten Plattform, wie z.B. auf einem Schiff (bei Seegang). In einer weiteren Ausprägung erlaubt die Integration eines Drehratensensors eine verbesserte Bestimmung der Orientierung des Mikrofons.

**[0018]** Eine weitere Messgröße, die vorteilhaft in der beschriebenen Mikrofonanordnung integriert wird ist ein Entfernungsmesser, der beispielsweise durch Laufzeitmessung eines zeitlich modulierten Laserstrahls, den Abstand zum untersuchten, Schall-abstrahlenden Objekt bestimmt.

**[0019]** Bevorzugt ist die Integration mindestens eines akustischen Mikrofons mit mindestens einem ein- oder mehrachsigen Beschleunigungssensor sowie einer programmierbaren Recheneinheit mit nicht-flüchtigem Speicher sowie weiterer, unabhängiger Sensoren z.B. zur Bestimmung der Drehrate, der Orientierung (Kompass), des Drucks, der Temperatur oder des Abstands zum Messobjekt vorgesehen.

**[0020]** In einer besonderen Ausführungsform erlaubt eine integrierte Mikrofoneinheit eine Verbesserung des Frequenz- und Phasengangs: Ein erstes Mikrofon wird mit einem zweiten, andersartigen Mikrofon kombiniert. So kann beispielsweise ein Mikrofon für die Messung von hörbarem Schall ( $f < 20\text{kHz}$ ) mit einem zweiten Mikrofon zur Messung von Ultraschall ( $f > 20\text{kHz}$ ) kombiniert werden. In der Recheneinheit werden beide Signale zeit-synchron überlagert, so dass eine besonders breitbandige Mikrofoneinheit entsteht. Durch den Einsatz des

zweiten, in geringem Abstand angebrachten Mikrofones ist auch die Messung des Druckgradienten und der Schallintensität möglich.

**[0021]** Eine weitere technische Herausforderung besteht in der zeitsynchronen Aufnahme einer großen Zahl von Einzelmikrofonen. Nach dem Stand der Technik akustischer Kameras werden typischerweise 30....100 analoge Signale parallel zu einem Datenrekorder geführt, der diese Signale digitalisiert und synchron aufzeichnet. Hier bietet ein weiterer Aspekt dieser Erfindung signifikante Vorteile durch erheblich reduzierten Aufwand in Verkabelung und Kosten:

Die Daten von mindestens zwei bis typisch 30 Mikrofonen werden in einer autark arbeitenden Recheneinheit B zeitsynchron zusammengeführt und mit Zeitstempeln versehen sowie zwischengespeichert. Mehrere dieser Recheneinheiten B synchronisieren sich wiederum vor Beginn einer Messung, z.B. über ein Netzwerk. Alle Messdaten werden mit einem Zeitstempel entweder zu Beginn einer Messung (bei Abtastung mit konstanter Abtastrate) oder mit jedem aufgenommenen Messwert (bei variabler Abtastrate) aufgezeichnet und zwischengespeichert.

**[0022]** Abbildung 2 zeigt den Aufbau gemäß dieser Erfindung.

Die Recheneinheiten B können über die Aufzeichnung hinaus eine Vorverarbeitung der Messdaten vornehmen, wie z.B.

- Entfernung von Störungen durch Filterung
- Entfernung von Offsets der aufgezeichneten Sensorsordaten
- Mathematische Operationen (z.B. Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren, Dividieren, Korrelation) der Sensorsignale untereinander
- Bestimmung von Laufzeitunterschieden (d.h. Unterschieden im Zeitpunkt der Aufnahme einer bestimmten akustischen Signatur zwischen unterschiedlichen Multisensor-Mikrofonen)
- Korrektur des Phasengangs der Mikrofone
- Korrektur des Frequenzgangs der Mikrofone
- Verzögerung und Addition ("Delay and Sum") der Messdaten der einzelnen Mikrofone

**[0023]** Am Ende eines Messzyklus überspielen alle Recheneinheiten B ihre Messdaten mit Zeitstempel an eine zentrale Recheneinheit C, auf der die Gesamt-Messung dann ausgewertet wird. Der Aufbau kann modular durch Hinzufügen weiterer Recheneinheiten B erweitert werden oder ggf. durch Kaskadierung ergänzt werden. Ein Kernvorteil liegt darin, dass das Zusammenführen aller Kanäle am Ende offline in der Recheneinheit C erfolgen kann. Die schwierige technische Aufgabe der Synchronisierung eines Messsystems mit mehreren einhundert Kanälen wird damit reduziert auf die Synchronisation

der Recheneinheiten B untereinander.

**[0024]** Die Recheneinheiten B können die gemessenen Signale weiterhin bereits vorverarbeiten, z.B. durch Kompensation, Korrektur von Offsets oder auch Kompression, um dann nur noch die vorverarbeiteten Daten an die zentrale Recheneinheit C zu übertragen. Für die Realisierung einer akustischen Kamera können die Recheneinheiten B bereits eine Vorverarbeitung der Messdaten der Mikrofone durchführen. Bei den Recheneinheiten B handelt es sich um Gruppenauswerteeinheiten, die Signale einer Gruppe von Mikrofonen auswerten.

#### Bezugszeichenliste

15 **[0025]**

- (1) Mikrofon 1
- (2) Optional: andersartiges Mikrofon 2
- (3) Beschleunigungssensor
- 20 (4) optional: weitere Sensor Elemente (Kompass, Drehrate, Druck, ...)
- (5) Recheneinheit
- (6) nicht-flüchtiger Speicher
- (7) elektrische Schnittstelle / Netzwerkschnittstelle
- 25 (8) Schnittstelle zum Mikrofonmodul
- (9) Recheneinheit mit Microcontroller und ggf. FPGA
- (10) nichtflüchtiger Speicher
- (11) Netzwerkschnittstelle
- (12) opt. drahtloses Netzwerk
- 30 (13) (Zentrale) Recheneinheit
- (14) Netzwerkschnittstelle
- (15) opt. drahtloses Netzwerk
- (16) nichtflüchtiger Speicher
- (17) Mikrofon
- 35 (18) Datenrekorder
- (19) PC mit Computerprogramm

#### Beispiele für die Erfindung sind:

40 **[0026]**

1. Multisensor-Mikrofon bestehend aus mindestens einem Mikrofon, einem Sensor für Körperschall und einer Recheneinheit, einem nichtflüchtigen Speicher sowie einer bevorzugt digitalen Schnittstelle
2. Multisensor-Mikrofon nach Nummer 1, wobei die verwendeten Sensoren Körperschall mikroelektromechanische Systeme (MEMS) sind
3. Multisensor-Mikrofon nach Nummer 1 oder 2, wobei weitere Sensoren, wie z.B. Drehraten, Absolutdruck, Magnetfeldsensoren (Kompass) oder Abstandssensoren in das Multisensor-Mikrofon integriert sind
4. Multisensor-Mikrofon nach Nummer 1 oder 2, wobei weitere andersartige Mikrofone z.B. für einen er-

weiteren Frequenzbereich integriert sind

5. Multisensor-Mikrofon nach Nummer 1 oder 2, wobei weitere identische Mikrofone in das Multisensor-Mikrofon integriert sind

6. Multisensor-Mikrofon nach Nummer 4 oder 5, wobei die Abstände zwischen den Mikrofonen klein gegenüber der mittleren Wellenlänge des zu untersuchenden Signals sind

7. Verteiltes, synchrones Multisensor-Mikrofon-System bestehend aus Mikrofonen nach den Nummern 1-6, wobei mindestens 2 Multisensor-Mikrofone mit jeweils einer autarken Aufnahmeeinheit verbunden sind, die alle verbundenen Mikrofone zeitsynchron und mit einem Zeitstempel aufzeichnet sowie weitere Aufnahmeeinheiten angeschlossenen Mikrofonen, die sich vor einer Messung untereinander automatisch synchronisiert haben

8. Aufnahmeeinheit nach Nummer 7, wobei diese bevorzugt aufgebaut ist aus einem Mikrocontroller mit einem Field-Programmable-Gate-Array (FPGA) sowie einem Speichermedium für das Zwischen-speichern größerer Datenmengen.

9. Verteiltes, synchrones Multisensor-Mikrofon-System mit autarken Aufnahmeeinheiten nach den Nummern 7-8, die eine Vorverarbeitung der aufgenommenen Sensordaten vornehmen.

10. Verteiltes, synchrones Multisensor-Mikrofon-System mit autarken Aufnahmeeinheiten nach den Nummern 7-9, die eine Analyse der aufgenommenen Sensordaten vornehmen und Laufzeitunterschiede eines akustischen Signals zwischen den Multisensor-Mikrofonen bestimmen

11. Verteiltes, synchrones Multisensor-Mikrofon-System nach den Nummern 7-9, wobei die aufgenommenen Messdaten einschließlich ihres Zeitstempels nach Abschluss der Messung an eine zentrale Recheneinheit übertragen werden.

12. Verteiltes, synchrones Multisensor-Mikrofon-System nach den Nummern 7-11, wobei die Messdaten zur Ansteuerung eines Aktors, wie z.B. eines Lautsprechers zur Erzeugung von Gegenschall verwendet werden.

schleunigungssensor vorgesehen ist, der einen Körperschall für das Mikrofon erfasst, wobei die Auswerteeinheit ausgebildet ist, um einen auf den Körperschall zurückgehenden Anteil der Mikrofonsignale herauszurechnen.

2. Mikrofonanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Feld von Mikrofonen vorgesehen ist, deren Mikrofonsignale von der Auswerteeinheit zu einem akustischen Bild ausgewertet werden.

3. Mikrofonanordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mikrofone, insbesondere als MEMS-Mikrofone ausgebildet, einen Abstand zueinander besitzen, der klein relativ zu einer mittleren Wellenlänge des eintreffenden Luftschalls ist.

4. Mikrofonanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste Gruppenauswerteeinheit einer ersten Gruppe von Mikrofonen und eine zweite Gruppenauswerteeinheit einer zweiten Gruppe von Mikrofonen zugeordnet ist, wobei die erste und zweite Gruppenauswerteeinheit jeweils die Mikrofonsignale der ihnen zu geordneten Mikrofone mit Zeitstempeln versehen und auswerten.

5. Mikrofonanordnung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** weitere Gruppenauswerteeinheiten und weitere Gruppen von Mikrofonen vorgesehen sind.

6. Mikrofonanordnung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gruppenauswerteeinheiten ausgebildet sind, um jeweils die Signale der Beschleunigungssensoren und der in der Gruppe zusammengefassten Mikrofone auszuwerten.

7. Mikrofonanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gruppenauswerteeinheiten untereinander und mit der Auswerteeinheit synchronisiert sind.

8. Mikrofonanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinheit einen Mikrocontroller und/oder eine FPGA-Einheit sowie einen Speicher für die Mikrofonsignale und die Signale der Beschleunigungssensoren für den Körperschall aufweist.

9. Mikrofonanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes der Mikrofone einen Beschleunigungssensor aufweist, der gemeinsam mit dem Mikrofon verbaut ist.

10. Mikrofonanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis

## Patentansprüche

1. Mikrofonanordnung mit mindestens einem Mikrofon zur Messung von Luftschall und einer Auswerteeinheit zur Speicherung der gemessenen Mikrofonsignale, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Be-

9, **dadurch gekennzeichnet, dass** weitere Sensoren vorgesehen sind, die eine Positionsbestimmung für die Mikrofonanordnung erlauben.

11. Mikrofonanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5  
10, , **dadurch gekennzeichnet, dass** weitere Sensoren vorgesehen sind, die lokal die Temperatur oder den Absolutdruck messen.

10

15

20

25

30

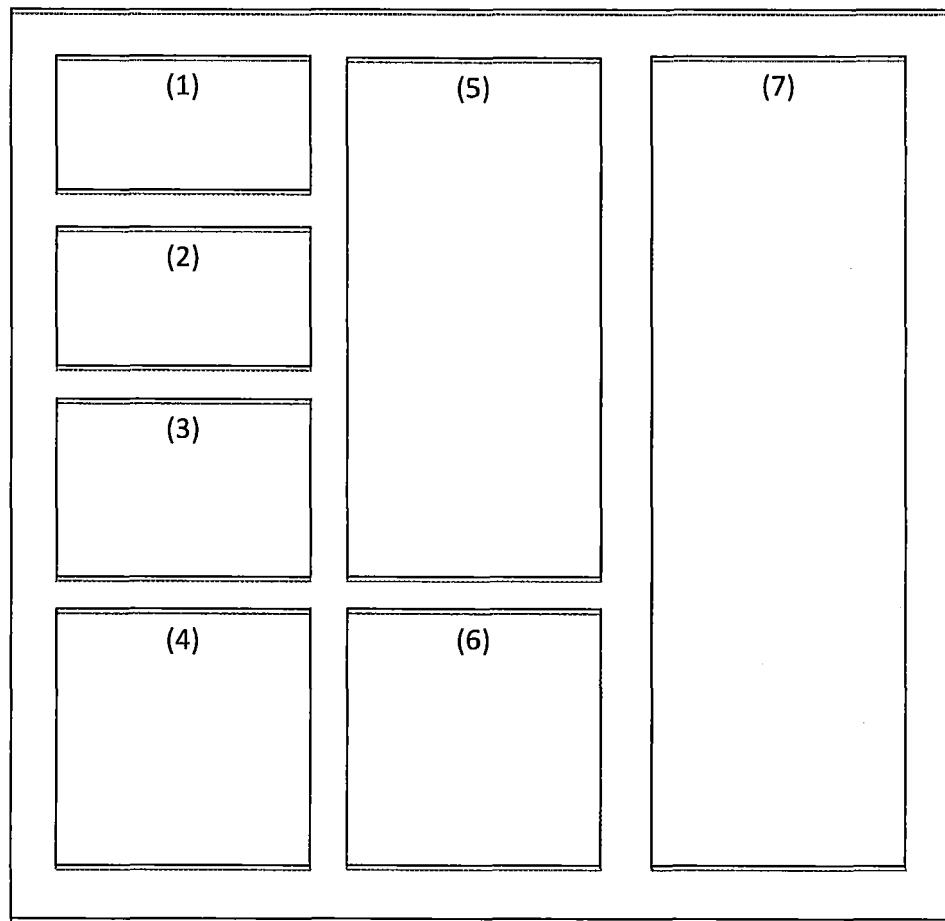
35

40

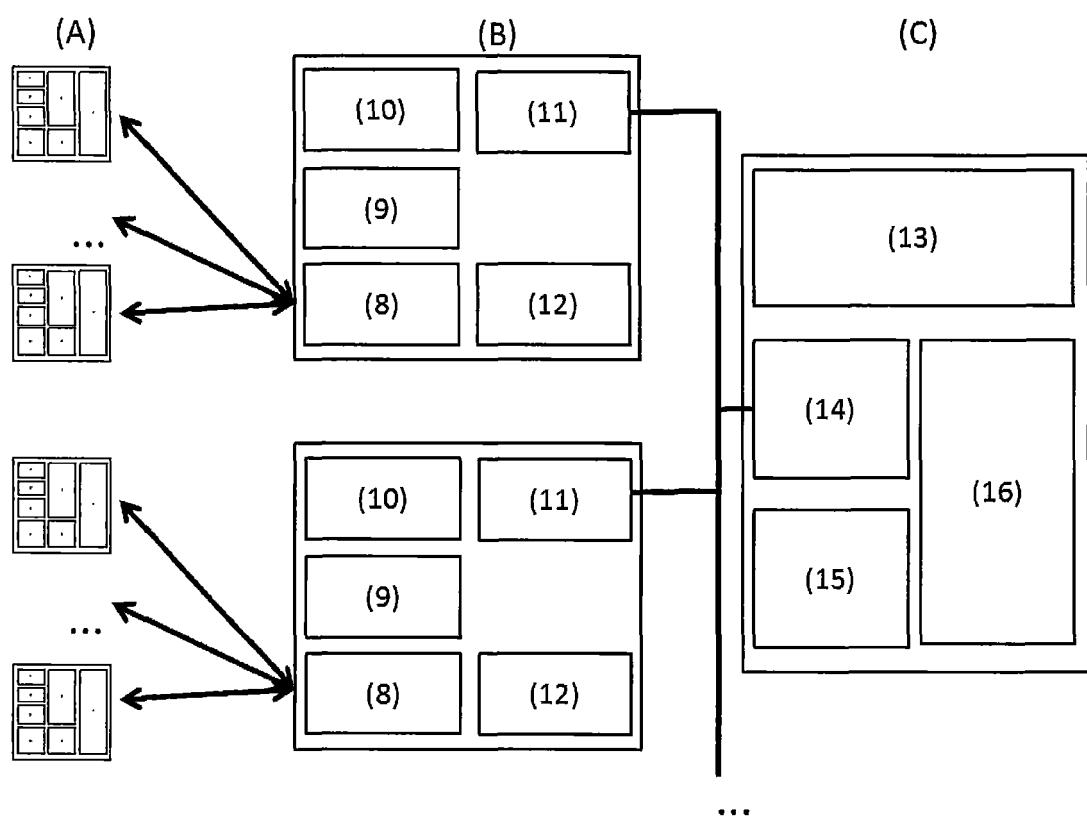
45

50

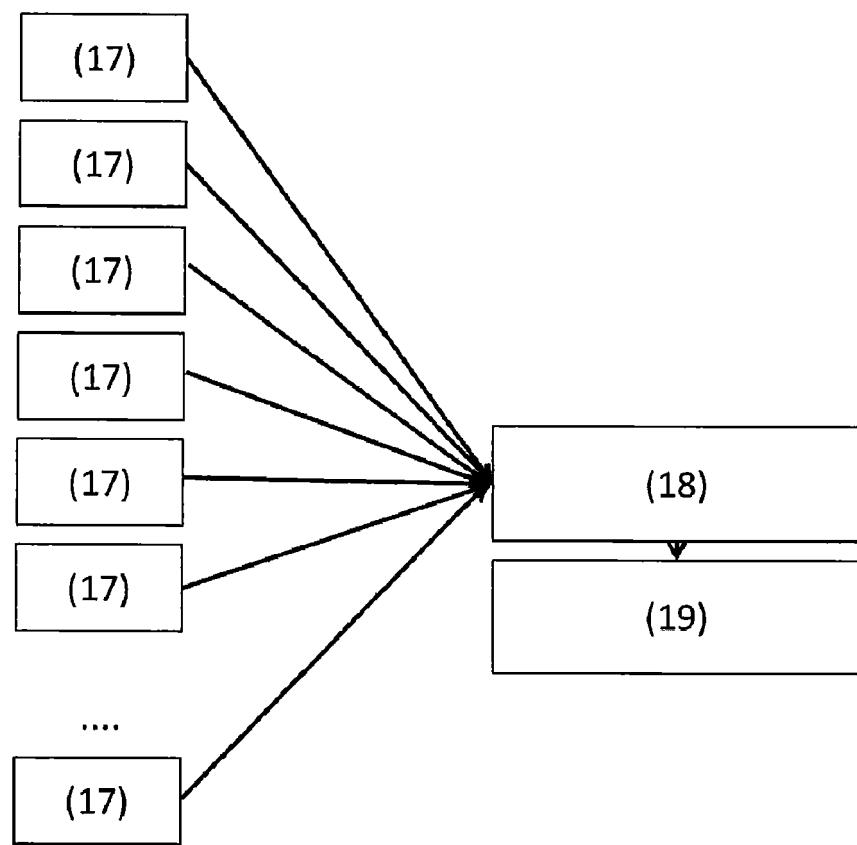
55



Figur 1: Erfindungsgemäßes Mikrofonmodul



Figur 2: Verteiltes, synchrones Messsystem



Figur 3: Akustische Kamera nach dem Stand der Technik



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 17 15 5489

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X	WO 2015/142893 A1 (GOOGLE INC [US]) 24. September 2015 (2015-09-24)	1-3,8-11	INV. H04R1/40
	Y	* Absätze [0041], [0044], [0068], [0072] - [0088]; Abbildungen 1A,2,4A *	4-7	H04R3/00
15	X	US 2014/093091 A1 (DUSAN SORIN V [US] ET AL) 3. April 2014 (2014-04-03) * Absätze [0033] - [0046]; Abbildungen 2,3 *	1,2,8,9	ADD. H04R19/00 G10L21/0216
20	X	----- WO 2012/025794 A1 (NOKIA CORP [FI]; SUVANTO MIKKO VELI AIMO [FI]) 1. März 2012 (2012-03-01) * Seite 2 - Seite 4 * * Seite 11 * * Seite 13 - Seite 16 * * Abbildungen 1-6 *	1,8,9	
25	X	----- JP 2010 114878 A (DIMAGIC KK) 20. Mai 2010 (2010-05-20) * Zusammenfassung; Abbildung 2 *	1,8,9	
30	X	----- DE 10 2010 015400 A1 (SIEMENS MEDICAL INSTR PTE LTD [SG]) 20. Oktober 2011 (2011-10-20) * Absatz [0030] - Absatz [0036] * * Absatz [0053] * * Abbildung 2 *	1,9	H04R G10L
35		-----	-/-	
40				
45				
1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
50	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
	Den Haag	30. Juni 2017	Streckfuss, Martin	
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
	Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist		
	A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
	O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument		
	P : Zwischenliteratur	.....		
		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

EPO FORM 1503 03.82 (P04CC03)

55

Seite 1 von 2



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 17 15 5489

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	Y	GUOTAO ZHAO ET AL: "Adaptive Audio Synchronization Scheme Based on Feedback Loop with Local Clock in Wireless Audio Sensor Networks", PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS (ICPADS), 2010 IEEE 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 8. Dezember 2010 (2010-12-08), Seiten 609-616, XP031855628, ISBN: 978-1-4244-9727-0 * Zusammenfassung *	4-7	
15	A	TOM PARKER ET AL: "Distributed Acoustic Sensing - a new tool for seismic applications", FIRST B, EUROPEAN ASSOCIATION OF GEOSCIENTISTS AND ENGINEERS, HOUTEN, NL, Bd. 32, Nr. 2, 1. Februar 2014 (2014-02-01), Seiten 61-69, XP008174615, ISSN: 0263-5046, DOI: 10.3997/1365-2397.2013034 * das ganze Dokument *	4-7	
20	A			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
25	A			
30	A	Anonymous: "Acoustic Camera Nor848A", , 31. März 2015 (2015-03-31), XP055386335, Gefunden im Internet: URL: <a href="http://norsonic.asia/wp-content/uploads/2015/04/Nor848a-Acoustic-camera-datasheet.pdf">http://norsonic.asia/wp-content/uploads/2015/04/Nor848a-Acoustic-camera-datasheet.pdf</a> [gefunden am 2017-06-29] * Seiten 1,3,6-8 *	1-3	
35	A,D	DE 103 04 215 A1 (FOERDERUNG ANGEWANDTER INFORMA [DE]) 19. August 2004 (2004-08-19) * Absätze [0008], [0032], [0044] *	3-7	
40				
45				
1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
50	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
	Den Haag	30. Juni 2017	Streckfuss, Martin	
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.82 (P04CC03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 15 5489

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

30-06-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	WO 2015142893 A1	24-09-2015	CN EP US WO	106256139 A 3103268 A1 2016165357 A1 2015142893 A1	21-12-2016 14-12-2016 09-06-2016 24-09-2015
20	US 2014093091 A1	03-04-2014	KEINE		
25	WO 2012025794 A1	01-03-2012	CN EP KR TW US WO	103155032 A 2609757 A1 20130047763 A 201216729 A 2013208923 A1 2012025794 A1	12-06-2013 03-07-2013 08-05-2013 16-04-2012 15-08-2013 01-03-2012
30	JP 2010114878 A	20-05-2010	KEINE		
35	DE 102010015400 A1	20-10-2011	KEINE		
40	DE 10304215 A1	19-08-2004	AT CN DE DK EP ES JP JP KR US WO	363647 T 1764828 A 10304215 A1 1599708 T3 1599708 A2 2286600 T3 4424752 B2 2006522919 A 20050100646 A 2008034869 A1 2004068085 A2	15-06-2007 26-04-2006 19-08-2004 01-10-2007 30-11-2005 01-12-2007 03-03-2010 05-10-2006 19-10-2005 14-02-2008 12-08-2004
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 10304215 A1 **[0003]**
- US 20140241548 A **[0004]**
- US 5193117 A **[0005]**
- DE 102013005405 A1 **[0006]**

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- Mit den Augen hören - acoustic camera. GFAI / Gesellschaft für angewandte Informatik **[0002]**