



(11) **EP 3 754 622 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.12.2020 Patentblatt 2020/52

(51) Int Cl.:
G08B 13/16 (2006.01) **G08B 25/08** (2006.01)
G08B 21/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20020283.6**

(22) Anmeldetag: **16.06.2020**

(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:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **HST High Soft Tech GmbH**
69126 Heidelberg (DE)

(72) Erfinder: **Heintz, Frank**
D-08064 Zwickau (DE)

(74) Vertreter: **Dreykorn-Lindner, Werner**
Steinlachstrasse 2
90571 Schwaig (DE)

(30) Priorität: **18.06.2019 DE 102019004241**

(54) **ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR AKUSTISCHEN ÜBERWACHUNG VON UMGEBUNGEN**

(57) 1. Anordnung und Verfahren zur akustischen Überwachung von Umgebungen.

2.1 Auf verschiedenen technischen Gebieten sind unterschiedlich ausgestaltete Verfahren und Vorrichtungen zur automatischen Erkennung und Klassifizierung von akustischen Signalen in einem Überwachungsbereich bekannt.

2.2 Um eine Anordnung derart auszugestalten, dass bei der Konfiguration durch den Anwender diese von einem Laien bedienbar ist und alle signalbeeinflussenden Faktoren mit in das jeweilige Erkennungsmodell einfließen, ist nach Patentanspruch 1 vorgesehen, dass der akustische Sensor (1) drahtlos oder drahtgebunden über eine Schnittstelle mit einer im Gerät (G) angeordneten Signalvorverarbeitung und Musterextraktion (2) verbunden ist, dass der Ausgang der Signalvorverarbeitung und Musterextraktion (2) über einen Betriebsartenschalter (B) mit dem Analysemodul (3) oder dem Trainingsmodul (4) verbunden ist, dass der Steuereingang des Betriebsartenschalters (B) mit einer Steuerungseinheit (7) verbunden ist, welche derart ausgestaltet ist, dass benutzergesteuert zwischen mehreren Betriebsarten umgeschaltet oder die Verarbeitung des vom akustischen Sensor (1) erfassten Schalls gestoppt werden kann und dass ein im Gerät (G) angeordnetes Modell oder Geräuschmodell (6) mit dem Analysemodul (3) oder dem Trainingsmodul (4)

und einem im Gerät (G) angeordneten Optimierungsmodul (5) zur Nachbesserung und zur Optimierung eines bestehenden Modells (6) verbunden ist. Das Verfahren nach Patentanspruch 6 umfasst:

- Zuführung vom akustischen Sensor - drahtlos oder drahtgebunden über eine Schnittstelle - des erfassten Schalls zu einer im Gerät angeordneten Signalvorverarbeitung und Musterextraktion,
- Nutzung der vom Sensor in periodischer Abfolge gelieferten Musterdaten wahlweise zum Training eines im Gerät angeordneten Modells oder Geräuschmodells durch ein Trainingsmodul oder
- Zuführung zur Analyse der Merkmale zu einem Analysemodul,
- Nutzung eines im Gerät angeordneten Optimierungsmoduls zur Nachbesserung und zur Optimierung eines bestehenden Modells und
- benutzergesteuerte Umschaltung mittels eines Betriebsartenschalters und einer Steuerungseinheit zwischen den Betriebsarten "Analyse" und "Training" oder "Stopp" der Verarbeitung des vom akustischen Sensor erfassten Schalls.

EP 3 754 622 A1

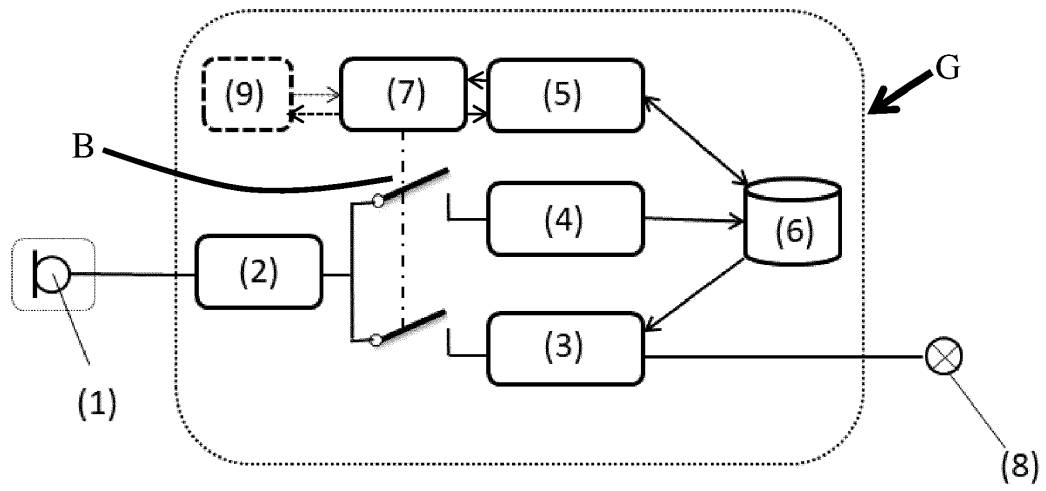


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft, gemäß Patentanspruch 1, eine Anordnung zur akustischen Überwachung von Umgebungen. Weiterhin betrifft die Erfindung, gemäß Patentanspruch 6, ein Verfahren zur akustischen Überwachung von Umgebungen.

[0002] Überwachungssysteme zur Überwachung einer Freifläche oder einem Bereich in einem Gebäude oder Gebäudekomplex, wobei das Überwachungssystem eine Mehrzahl von Mikrofonen umfasst, welche in dem Überwachungsbereich anordenbar und/oder angeordnet sind und welche zur Aufnahme von Audiosignalen eines Objekt als Audiosignalquelle in dem Überwachungsbereich ausgebildet sind, sind seit langem bekannt. Beispielsweise ist aus der DE 10 2012 211 154 B4 ein Überwachungssystem bekannt, welches ein Analysemodul zur Klassifizierung des Audiosignals und zur Ausgabe einer Klassifikationsinformation umfasst. Die Klassifikationsinformation ist insbesondere eine inhaltliche Beschreibung des Audiosignals und beschreibt die Geräuschart. Im Speziellen bezeichnet die Klassifikationsinformation die Entstehungsart des Audiosignals. Weiterhin ist ein Analysemodul vorgesehen, welches ein anliegendes Audiosignal mit einem Muster und/oder einem abgespeicherten Audiosignal vergleicht. Insbesondere ist das Analysemodul derart ausgebildet, ein Audiosignal als unbeabsichtigtes Geräusch, nämlich als ein Einbruchsg Geräusch und/oder als ein Beschädigungsgeräusch und/oder als ein Störgeräusch einer Aktion des Objekts als Geräuschart zu klassifizieren. Da nicht zu erwarten, dass derartige Personen bei einem unautorierten Aufhalten im Überwachungsbereich schreien oder eine Trillerpfeife betätigen, ist das Überwachungssystem auf die unbeabsichtigten Geräusche ausgerichtet, die die Personen entweder nicht verhindern können (Schrittgeräusche oder Geräusche einer Aktion) oder aus Versehen nicht ausreichend verhindern. Das Überwachungssystem umfasst ferner ein Lokalisierungsmodul zur Lokalisierung der Position des Objekts durch akustische Ortung der Position der Audiosignalquelle des klassifizierten Audiosignals in dem Überwachungsbereich über die Mikrofone und zur Ausgabe einer Positionsinformation. Dabei ist das Lokalisierungsmodul zur Lokalisierung der Person der Audiosignalquelle des klassifizierten Audiosignals durch akustische Kreuzortung der Audiosignalquelle, insbesondere über Laufzeitmessung des Audiosignals von mindestens zwei und insbesondere mindesten drei Mikrofone ausgebildet. Die Klassifikationsinformation und die Positionsinformation bilden einen Teil eines Objektdatensatzes, wobei der Objektdatensatz als Überwachungsergebnis ausgeben und/oder weiter verarbeitbar ist. Hierzu umfasst das Überwachungssystem ein Auswertemodul zur Auswertung des Objektdatensatzes und zur Generierung eines Alarmsignals, wobei es auch vorgesehen ist, dass das Auswertemodul mindestens zwei Objektdatensätze mit unterschiedlichen Klassifikationsinformationen zur Aus-

wertung verwendet. Bei einer Weiterbildung weist das Auswertemodul eine Verfolgungseinheit auf, wobei diese ausgebildet ist, aus mehreren Objektdatensätzen einen Metadatenatz für das Objekt zu erstellen. In diesem Metadatenatz werden beispielsweise zwei, drei, vier oder mehr mögliche Objektdatensätze des Objekts aufgenommen und das Auswertemodul umfasst eine Filtereinheit zur Filterung des Metadatenatzes, wobei Objektdatensätze, die einem Bewegungsmodell des Objekts widersprechen, ausgefiltert werden. Schließlich umfasst das Überwachungssystem eine Überwachungszentrale, welche eine Audiospeichereinrichtung aufweist oder mit dieser verbunden ist, wobei auf der Audiospeichereinrichtung eine Audioaufnahme des Audiosignals, insbesondere des Original-Audiosignals des klassifizierten Audiosignals abgespeichert ist. In einer möglichen Ausgestaltung umfasst die Überwachungszentrale eine Bedieneinheit, wobei bei Betätigung der Bedieneinheit, z.B. durch Anwahl eines Objektdatensatzes, das gespeicherte Audiosignal abgespielt und akustisch von dem Überwachungspersonal überprüft werden kann. Auf diese Weise kann nach einer automatisierten Klassifizierung des Audiosignals eine manuelle oder menschliche Überprüfung der Klassifizierung durchgeführt werden. Die Überwachungszentrale dient zur Ausgabe der Objektdatensätze und optional ergänzend der Alarmsignale und/oder der Bewegungslinien an ein Überwachungspersonal. Dem Überwachungspersonal werden beispielsweise die Objektdatensätze als Textnachrichten, die Alarmsignale optisch oder akustisch dargestellt und/oder die Bewegungslinie optisch auf einem Plan des Überwachungsbereichs dargestellt. Auf diese Weise ist das Überwachungspersonal in der Überwachungszentrale in der Lage, die Ergebnisse des Überwachungssystems auf Basis akustischer Ortung (siehe Lokalisierungsmodul, Klassifikationsinformation und die Positionsinformation bilden einen Teil eines Objektdatensatzes, das Auswertemodul weist eine Verfolgungseinheit auf, wobei diese ausgebildet ist, aus mehreren Objektdatensätzen einen Metadatenatz für das Objekt zu erstellen) zu verwerten und die Mikrofone sind lediglich Sensoren, welche keine Vorverarbeitung durchführen können.

[0003] Weiterhin ist aus der DE 196 21 152 A1 ein Verfahren zum Überwachen und zum Auslösen eines Alarms für einen zu sichernden Bereich und ein Überwachungssystem bekannt. Das dort beschriebene System ist universell einsetzbar: von der Schalterhalle in der Post oder Bank bis hin zur Überwachung von Straßen, Freiflächen und in Zügen), wobei Audiosignale oder akustische Ereignisse ausgewertet werden, insbesondere Schlüsselworte, bestimmter Lautstärkepegel oder Schuss, und wobei durch manuelle Steuerung der Kameras des Sicherheitspersonals ein flüchtender Täter verfolgt und sein Fluchtweg aufgezeichnet werden kann. Die Signalerkennung, insbesondere Worterkennung kann dabei sowohl als Softwarelösung in einem Computer implementiert sein als auch in DSP-basierten Hard- und Softwarekombinationen innerhalb eines Computers

residieren. Es können sowohl Stand-Alone-Geräte als auch rechnerbasierende Gesamtsysteme aufgebaut werden. Die Systeme können einen oder mehrere voneinander unabhängige Kanäle mit Spracherkennung und Alarmauslösung enthalten.

[0004] Weiterhin ist aus der WO 2009/104968 A1 eine Einbruchmeldeanlage bekannt, bei der nicht das hörbare Signal, sondern die unhörbare Signale ausgewertet werden, um die Ursache des Geräusches zu ermitteln. Hierzu wird mit Filtern eine Trennung in Niederfrequenzsignal (Frequenzbereich von etwa 1 - 5 Hz) und Hochfrequenzsignal (Frequenzbereich von etwa 5 - 20 Hz) vorgenommen und ein Komparator vergleicht die Signale in den beiden Kanälen miteinander. Ferner sind ein Modul zur Modellbildung, eine Auswertungapplikation und ein Statusmodul vorgesehen, welches die Priorität der "Wörter" untereinander zur Alarmmeldung festlegt. Im Einzelnen weist die Einbruchmeldeanlage gemäß der WO 2009/104968 A1 einen Einbruchmelder und einen damit verbundenen Prozessor auf, wobei der Einbruchmelder einen Umformer zum Aufnehmen mechanischer Schwingungsenergie in einem bestimmten Frequenzbereich und Umwandeln dieser in elektrische Schwingungsenergie in demselben Frequenzbereich enthält und wobei ein A/D-Wandler in dem System vorhanden ist, um Digitalsignale bereitzustellen, die die elektrische Schwingungsenergie darstellen. Der Prozessor ist mit Mitteln zur digitalen Signalverarbeitung der an seine Eingänge bereitgestellten Signale versehen, wobei der Melder darüber hinaus einen Niederfrequenzkanal zum Aussortieren und Zuführen eines Niederfrequenzsignalteils des Frequenzbereichs zu einem ersten Eingang des Prozessors und einen Hochfrequenzkanal zum Aussortieren und Zuführen des Restsignalteils des Frequenzbereichs zu einem zweiten Eingang des Prozessors umfasst. Weiterhin umfasst der Prozessor eine Signalerkennungseinheit, in der die verarbeiteten Digitalsignale mit erlernten und gespeicherten Signalmustern verglichen werden, und die von einem Vergleich zum Vergleichen bestimmter Digitalsignalcharakteristika in dem Restsignalteil und zum Bereitstellen einer Menge von Vergleichsergebnissignalen an weitere Prozessoruntereinheiten zur weiteren Verarbeitung zugeführt werden. Schließlich sind eine Assoziationsuntereinheit zum Herstellen einer Assoziation zwischen einem Vergleichsergebnissignal und einem aus einer gespeicherten Worttabelle auszuwählenden Wort und eine Statusuntereinheit zum Festlegen eines Status auf Basis ausgewählter Wörter vorgesehen. Der Niederfrequenzkanal verarbeitet Signale in einem Frequenzteilbereich von etwa 1 - 5 Hz, während der Hochfrequenzkanal ein Kanal ist, der Signale in einem Frequenzteilbereich von etwa 5 - 20 Hz verarbeitet. Der Vergleich ist zum Vergleichen von Sequenzen eingehender Energieschübe in dem Niederfrequenzsignalteil mit Sequenzen in dem Restsignalteil oder zum Vergleichen von Dauern eingehender Energieschübe in dem Niederfrequenzsignalteil mit Dauern in dem Restsignalteil oder zum Vergleichen von Zeiträumen zwischen

Energieschüben in dem Niederfrequenzsignalteil mit Zeiträumen in dem Restsignalteil oder zum Vergleichen von bestimmten Charakteristika der Signalereignisse, wie absolute maximale Amplituden, in Energieschüben in dem Niederfrequenzsignalteil mit Ereignissen in dem Restsignalteil u.a. eingerichtet.

[0005] Weiterhin ist aus der US 2012/0262294 A1 ein System und ein Verfahren zur Überwachung einer begrenzten und vorgegebenen Zone mit einem akustischen Sensor für die Detektion unhörbarer seismischer Wellen bekannt. Im Einzelnen weist eine Überwachungseinrichtung für eine begrenzte und vorbestimmte Überwachungszone mindestens einen akustischen Sensor auf, der in der Überwachungszone angeordnet ist, und der dazu ausgelegt ist, eine erfasste akustische Welle, die durch das Auftreten einer Aktivität in der Überwachungszone resultiert, in ein Informationssignal zu konvertieren. Weiterhin sind eine Verarbeitungsvorrichtung, die dazu ausgelegt ist, das Informationssignal zu empfangen, ein Übertragungssystem des Informationssignals zur Verarbeitungsvorrichtung, ein System, um mindestens einen Alarm zu senden, und eine Datenbank vorgesehen. Die Datenbank beinhaltet Referenzcharakteristiken, die sich auf diese vorbestimmte Bezugsaktivität beziehen. Die Verarbeitungsvorrichtung umfasst ein Analyse-System, welches das Informationssignals, ausgehend von den Referenzcharakteristiken von mindestens einer vorbestimmten Bezugsaktivität der Datenbank analysiert, und zur Sendung von mindestens einem Alarm auf der Grundlage der Analyse des Informationssignals das System aktiviert. Insbesondere ist mindestens ein akustischer Sensor für seismische Wellen, die sich in einem festen Milieu ausbreiten, vorgesehen und das System zur Sendung von mindestens einem Alarm umfasst zur Erzeugung eines Alarms der ersten Stufe eine Vorrichtung, die in der Überwachungszone angeordnet ist, und zur Erzeugung eines Alarms der zweiten Stufe eine Vorrichtung außerhalb der Überwachungszone. Das Analyse-System ist dazu ausgelegt, ein Bestätigungssignal zu empfangen und falls infolge der Erzeugung des Alarms der ersten Stufe in einem vorbestimmten Zeitrahmen kein Bestätigungssignal empfangen wird, die Vorrichtung zur Erzeugung des Alarms der zweiten Stufe zu aktivieren. Falls infolge der Erzeugung des Alarms der ersten Stufe in einem vorbestimmten Zeitrahmen ein Bestätigungssignal empfangen wird, werden die Referenzcharakteristiken einer vorbestimmten Bezugsaktivität der Datenbank aktualisiert. Hierzu ist eine Bestätigungsvorrichtung vorgesehen, die in der Überwachungszone angeordnet ist und die durch einen Nutzer zur Erzeugung des Bestätigungssignals aktivierbar ist. Das Analyse-System weist im Einzelnen folgende Bearbeitungsschritte auf:

- ausgehend von den Referenzcharakteristiken der Datenbank auswählen einer vorbestimmten Bezugsaktivität der Datenbank, die einer Aktivität entspricht aus der das Informationssignal resultiert,

- speichern eines zum Zeitpunkt des Auftretens der erkannten Aktivität Wertes und zuordnen dieses Werts zur ausgewählten Bezugsaktivität, und
- entscheiden, in Abhängigkeit von mindestens diesem Wert und von der zugeordneten Bezugsaktivität, ob das System zur Sendung von mindestens einem Alarm aktiviert wird oder nicht.

[0006] Aus der DE 10 2014 012 184 B4 der Anmelderin ist eine Vorrichtung zur automatischen Erkennung und Klassifizierung von hörbaren akustischen Signalen mit mindestens einem im Überwachungsbereich angeordneten Signalempfänger und einem Modul zur Klassifizierung des akustischen Signals und Ausgabe einer Klassifikationsinformation, bekannt. Zur Vorverarbeitung der akustischen Signale ist ein Mikrocomputer aufweisendes akustisches Sensorsystem vorgesehen, welches mit dem Signalempfänger in Verbindung steht, dessen Ausgangssignale parallel einem im akustischen Sensorsystem angeordneten Modul für deren Aufzeichnung und einem Modul zur Klassifizierung zugeführt sind. Mit dem Aufzeichnungs-Modul ist eine Aufzeichnungsdatenbank des akustischen Sensorsystems verbunden, in welcher das Signal im Format einer Audiodatei gespeichert ist. Zum Datenaustausch und zur Steuerung mit dem eine Schnittstelle aufweisenden akustischen Sensorsystem steht ein Modul zur Modellbildung in Verbindung, welches über die Schnittstelle die Aufzeichnungen importiert, aus ihnen entsprechende Modelle erzeugt und welches über die Schnittstelle mit einer Modellbibliothek des entsprechenden Sensorsystems in Verbindung steht. In der Modellbibliothek ist das von einem Anwender in einer Trainingsphase ausgewählte Modell abgespeichert. Das Klassifizierungs-Modul ist mit der Modellbibliothek verbunden, steht über eine weitere Schnittstelle mit einer Auswertungs-Applikation in Verbindung und sendet für den Fall der Erkennung eines Signals, das Klassifizierungsergebnis an die Auswertungs-Applikation. Das akustische Sensorsystem dient gleichermaßen als Aufzeichnungssystem für beliebige akustische Signale während einer Trainingsphase, als auch als Klassifikator bekannter Signalmuster während einer Klassifizierungsphase. Die dafür notwendigen Erkennungsmodelle werden aus den von dem Sensorsystem vorher aufgezeichneten Signalen erzeugt und diese Modelle danach auch nur von diesem Sensorsystem zur Klassifizierung eingesetzt. Ein wesentlicher Vorteil der der DE 10 2014 012 184 B4 der Anmelderin im Vergleich zu dem vorstehend beschriebenen Stand der Technik ist, dass jedes Gerät/ akustischen Sensor /akustisches Sensorsystem seine eigenen Aufzeichnungen zur Modellbildung nutzt und dieses Modell danach auch nur von diesem Gerät zur Klassifizierung eingesetzt wird. Dadurch wird erreicht, dass alle signalbeeinflussenden Faktoren mit in das jeweilige Erkennungsmodell einfließen und dem Anwender auf überraschend einfache Art und Weise die Konfiguration in der Trainingsphase ermöglicht wird. Während der Klassifizierungsphase werden

durch die aktuellen akustischen Eingangssignale, die Modellparameter des zugrundeliegenden Erkennungsmodells adaptiert. Dies führt dazu, dass die Erkennungsmodelle im Laufe des Betriebes ständig optimiert werden. Der akustische Sensor lernt also, durch diese Optimierung der Modellparameter, ständig dazu und verbessert dadurch die Qualität der Klassifizierung.

[0007] Ein zur akustischen Überwachung von Umgebungen benachbartes technisches Gebiet ist das technische Gebiet der "Akustischen Materialprüfung", welches als zerstörungsfreies Prüfverfahren sehr vielschichtig ist und von der Werkstoffprüfung, Rissprüfung, Gefügeprüfung, Verwechslungsprüfung, Resonanzanalyse, Klanganalyse, Klangauswertung, Klangprobe, Klangprüfung bis hin zur automatisierten Aufzeichnung von Schallsignalen im industriellen Umfeld und Getriebe- und Maschinenüberwachung mit Eigenfrequenzanalyse, Eigenfrequenzmessung, Eigenfrequenzprüfung für magnetische und nichtmagnetische Metalle, Stahl, Keramik, Sinterprodukte, Glas reicht. Es ist bekannt, zum Prüfen eines Gegenstands auf mechanische Beschädigungen, wie zum Beispiel Haarrisse, diesen in Schwingungen zu versetzen und den dabei von ihm abgegebenen Schall (meist Luftschall) zu erfassen und einer Analyse zu unterziehen. Mechanische Schwingungen in einem Körper (Körperschall) bewirken, dass die umgebende Luft in Schwingungen versetzt wird (Luftschall). Mit entsprechenden Sensoren lassen sich diese Schwingungen messen; in der Luft mit einem Mikrofon, auf einem Körper mit einem Beschleunigungssensor oder einem Laservibrometer. Im Körper breiten sich zum selben Zeitpunkt viele Schwingungsmodi aus, die durch die Elastizität, die Form, den Werkstoff und die Struktur geprägt sind. Sie repräsentieren die mechanischen Eigenschaften des Körpers. Einflüsse wie z. B. ein Riss, eine andere Geometrie oder eine Werkstoffänderung beeinflussen die Resonanzfrequenzen, welche bei einer Analyse ausgewertet werden.

[0008] Beispielsweise ist aus der US 2008/0 144 927 A1 eine nicht zerstörende Inspektionsvorrichtung bekannt, umfassend: einen Schwingungserzeuger, eine Sensoreinheit zum Erfassen von Schwingungen, die von dem Schwingungserzeuger durch ein Testobjekt übertragen werden, eine Signal-Eingabeeinheit zum Extrahieren eines Zielsignals von einem elektrischen Signal, das von der Sensoreinheit ausgegeben wurde, eine Eigenschaftsmenge-Extrahiereinheit zum Extrahieren von mehreren Frequenz-Bestandteilen von dem Zielsignal als eine Eigenschaftsmenge und eine Entscheidungseinheit mit einem kompetitiven lernenden neuronalen Netzwerk zum Bestimmen, ob die Eigenschaftsmenge zu einer Kategorie gehört. Im Einzelnen ist das kompetitive lernende neuronale Netzwerk unter Verwendung von Trainingsbeispielen trainiert worden, die zu der Kategorie gehören, die einen inneren Zustand des Testobjekts repräsentieren, wobei Verteilungen von Zugehörigkeitsgraden der Trainingsbeispiele in der Entscheidungseinheit festgelegt sind und wobei die Verteilungen

bezüglich Neuronen festgelegt werden, die durch die Trainingsbeispiele basierend auf den Trainingsbeispielen und Gewichtungsvektoren der angeregten Neuronen angeregt sind. Die Entscheidungseinheit bestimmt, dass die Eigenschaftsmenge zu der Kategorie gehört, wenn eines der angeregten Neuronen über die Eigenschaftsmenge und die Entfernung zwischen der Eigenschaftsmenge und einem Gewichtungsfaktor von jedem (einen oder mehreren) der angeregten Neuronen angeregt ist und zu einem Zugehörigkeitsgrad gleich oder höher als ein über die Verteilungen bestimmter Schwellenwert korrespondiert. Die Verteilungen der Zugehörigkeitsgrade sind Gaußsche Verteilungen, von denen jede über einen Mittelwert und eine Varianz definiert ist. Die Varianzen der Gaußschen Verteilungen sind über Entfernungen zwischen den Trainingsbeispielen und Gewichtungsvektoren der angeregten Neuronen festgelegt und die Mittelwerte der Gaußschen Verteilungen sind Gewichtungsvektoren der angeregten Neuronen. Der Schwingungserzeuger umfasst einen Hammer, wobei die Oberfläche des Hammers mit einem elastischen Material bedeckt ist, um ein Kratzen am Testobjekt zu vermeiden, und eine Antriebseinheit, um den Hammer vor und zurück zu bewegen. Ferner umfasst der Schwingungserzeuger vorzugsweise Schenkel, um das Schlagen ausgehend von einem konstanten Abstand zwischen dem Testobjekt und dem Hammer sicherzustellen. Die Antriebseinheit ist so konfiguriert, dass sie einen Schlag, der beispielsweise durch einen Elektromagnet zum linearen Antreiben eines Kolbens erzeugt wird, auf den Hammer überträgt. Um eine konstanten Positionsbeziehung zwischen dem Schwingungserzeuger und der Sensoreinheit sicherzustellen, sind der Schwingungserzeuger und die Sensoreinheit durch einen Arm miteinander mechanisch gekoppelt. Bei einer alternativen Ausführungsform des Schwingungserzeugers kann ein Schallwellengenerator zum Übertragen von Vibrationen auf das Testobjekt durch eine Schallwelle verwendet werden. Die akustische Welle liegt dabei nicht innerhalb eines hörbaren Frequenzbandes sondern kann höher oder niedriger als das hörbare Frequenzband sein. Wenn die niedrigere Frequenz verwendet wird, wirkt der im Schwingungserzeuger verwendete Akustikwellengenerator virtuell, wobei die Wellenform, die Frequenz und die Dauer der vom Schwingungserzeuger emittierten akustischen Welle geeignet ausgewählt werden kann. Die Wellenform kann beispielsweise eine Sinuswelle, eine Rechteckwelle, eine Dreieckwelle oder eine Sägezahnwelle sein, und die Frequenz kann konstant sein oder kann beispielsweise schrittweise geändert werden. Die Auswahl der Wellenform, der Frequenz und der Dauer kann durch Einstellen an einer im Schwingungserzeuger vorgesehenen Auswahlseinheit getroffen werden und das neuronale Netzwerk hat bei beiden Ausgestaltungen des Schwingungserzeugers zwei Betriebsmodi, nämlich einen Trainingsmodus und einen Prüfmodus.

[0009] Weiterhin ist, ausgehend von einem trainierbaren System mit selbstlernendem Effekt auf Basis der DE

10 2014 012 184 B4 der Anmelderin, in der nicht vorveröffentlichten DE 10 2017 012 007.2 der Anmelderin eine Vorrichtung und ein Verfahren zur akustischen Prüfung von Objekten beschrieben. Die Vorrichtung ist als ein mobiles Gerät mit einem Gerätegehäuse ausgestaltet, welches außerhalb des Gerätegehäuses eine an diesem gelagerte Erregungsvorrichtung und einen benachbart hierzu angeordneten akustischen Sensor aufweist. Innerhalb des Gerätegehäuses ist mittels eines handbetätigten, am Gerätegehäuse angeordneten Betriebsarten-Umschalters der Ausgang des akustischen Sensors entweder mit einem Analysemodul oder einem Trainingsmodul verbunden. Der Ausgang des Trainingsmoduls ist mit einer innerhalb des Gerätegehäuses angeordneten Modellbibliothek verbunden ist, welche mit dem Analysemodul in Verbindung steht. Mit dem Analysemodul steht ein Anzeigemodul in Verbindung, wobei das Gerät im Analysemodus gegen das Objekt geschlagen oder ein Schall induziert werden kann und das Ergebnis der Prüfung kann automatisch am Anzeigemodul des Geräts angezeigt werden. Im Einzelnen leitet das Anzeigemodul das Ergebnis der Prüfung drahtlos an ein Auswertungsgerät in Form einer App eines PCs oder eines Smartphones weiter. Das in der nicht vorveröffentlichten DE 10 2017 012 007.2 der Anmelderin beschriebene Verfahren beruht auf einer Vorrichtung, welche als ein mobiles Gerät mit einem Gerätegehäuse ausgestaltet ist, welche außerhalb des Gerätegehäuses eine an diesem gelagerte Erregungsvorrichtung und welche einen benachbart hierzu angeordneten akustischen Sensor aufweist. In einem ersten Verfahrensschritt wird mittels der Erregungsvorrichtung ein Objekt zur Abstrahlung von induzierten Schallsignalen angeregt, welche dann vom akustischen Sensor aufgenommen und in elektrische, digitale Signale umgewandelt werden. In einem zweiten Verfahrensschritt werden diese Signale entweder einem im Gerät angeordneten Analysemodul oder einem Trainingsmodul zugeführt. In einem dritten Verfahrensschritt wird eines der beiden Module für die Signale ausgewählt, was von der mittels eines Betriebsarten-Umschalter am Gerät eingestellten Betriebsart abhängig ist. In der Betriebsart "Training" werden die Signale klassifiziert und einem statistischen Modell hinzugefügt. Das statistische Modell wird bei jedem neuen Geräusch weiter verbessert und nach Beendigung der Trainingsphase in einer Modellbibliothek abgelegt. In einem vierten Verfahrensschritt werden während der Betriebsart "Analyse" die akustischen Signale statistisch mit bekannten Modellen aus der Modellbibliothek verglichen und daraus, bei jedem Geräusch ein Ergebnis gebildet werden. Schließlich wird durch ein Anzeigemodul des Geräts dem Anwender in einem fünften Verfahrensschritt das Ergebnis angezeigt. Damit wird in der nicht vorveröffentlichten DE 10 2017 012 007.2 der Anmelderin ein universell einsetzbares, flexibel anpassbares, mobiles und robustes Prüfgerät beschrieben, dass von einem Laien bedienbar ist und das Ergebnis der Prüfung automatisch an diesem angezeigt wird.

[0010] Schließlich ist aus einer wissenschaftlichen Veröffentlichung von KWON, Soonil; NARAYANAN, Shrikanth: Unsupervised Speaker indexing using generic models. In: IEEE transactions on speech and audio processing. Vol. 13, 2005, No. 5, S. 1004-1013.-ISSN 1063-6676 eine sequentielle Sprecherwechselerkennung bekannt, wobei die Sprechermodellierung im Licht der Tatsache, dass die Anzahl/Identität der Sprecher unbekannt ist, erfolgen soll. Um dieses Problem zu lösen, wird ein neues Verfahren, nämlich ein vorbestimmter generischer sprecherunabhängiger Modellsatz vorgeschlagen, der dort als Sample-Sprecher-Modelle (SSM) bezeichnet wird. Dieser Satz kann für eine genauere Sprechermodellierung und Clusterung nützlich sein, ohne Trainingsmodelle auf Zielsprecherdaten zu erfordern. Sobald ein sprecherunabhängiges Modell aus den generischen Mustern ausgewählt wird, wird es progressiv in ein spezifisches sprecherabhängiges Modell angepasst. Hinsichtlich seiner Leistungsfähigkeit wurde dieses neue SSM-Verfahren (sample speaker model), insbesondere hinsichtlich der robusten Sprecherwechselerkennung als eine kritische Voraussetzung für ein Sprecherclustering, mit dem Stand der Technik, nämlich universal background model (UBM) und universal gender models (UGM), experimentell verglichen. Wie im Abschnitt III Sprecherwechselerkennung unter Verwendung von lokalisiertem Suchalgorithmus (LSA) erläutert ist, gibt es im Allgemeinen zwei Kategorien von Sprecherwechsel-Erkennungsverfahren: metrikbasierte und modellbasierte. Das metrikbasierte Verfahren verwendet den Maximalpunkt einer entsprechend definierten "Metrik" zwischen benachbarten Segmenten zur Signaldetektion. Das modellbasierte Verfahren beruht dagegen auf Modellen für Sprecher, Hintergrundrauschen, Sprache und Musik, die vorab abgespeichert (aufgebaut) sind. Der eingehende Audiotrom wird dann beispielsweise durch eine Maximum-Likelihood-Auswahl über ein Schiebefenster analysiert und klassifiziert. Die modellbasierte Detektion erfordert sowohl Trainingsdaten als auch einige Informationen über die Testdaten, wie die Anzahl der Sprecher. Im Gegensatz zu den modellbasierten Verfahren können metrikbasierte Verfahren ohne solche Datenanforderungen ausgeführt werden. Erstere bietet jedoch Potential für progressive Anpassung und Regression. Die Grenzen des dort beschriebenen SSM-Verfahrens (sample speaker model) liegen darin, dass zum einen nicht bekannt ist, was der Benutzer als Nutzsignal oder als Störsignal betrachten wird und dass vor allem unterschiedliche Sprachen mit unterschiedlichen Sprechgeschwindigkeiten und Tonlagen in unterschiedlich halligen Räumen, fluktuierende Störgeräusche oder "Musik" (Instrumente und Gesang) Probleme (Erkennungsrate) bereitet.

[0011] Wie die vorstehende Würdigung des Standes der Technik aufzeigt, sind auf verschiedenen technischen Gebieten unterschiedlich ausgestaltete Verfahren und Vorrichtungen zur automatischen Erkennung und Klassifizierung von akustischen Signalen in einem Über-

wachungsbereich bekannt. In der Regel werden die Signale zur Aufzeichnung und zum Vergleich mit einem in einer Bibliothek vorher eingespeicherten Referenzmuster einer zentralen Stelle zugeführt, was zu einem erheblichen Aufwand bei der Aufzeichnung und Klassifikation (feste modellbasierte Referenz-Klassifikation oder gelernte Referenz-Klassifikation aus den vorangegangenen Klassifikationen) führt. Deshalb fehlen in der Praxis kostengünstige Verfahren und Vorrichtungen in Hinblick auf das Einfließen aller signalbeeinflussenden Faktoren in das jeweilige Erkennungsmodell, insbesondere unter Berücksichtigung der aktuellen Situation und einfachen Konfiguration bzw. Adaption in einer Trainingsphase durch den Anwender/Benutzer.

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ausgehend von bekannten Verfahren und Vorrichtungen zur automatischen Erkennung und Klassifizierung von hörbaren akustischen Signalen in einem Überwachungsbereich, die Anordnung und das Verfahren derart auszugestalten, dass bei der Konfiguration durch den Anwender diese von einem Laien bedienbar ist und alle signalbeeinflussenden Faktoren mit in das jeweilige Erkennungsmodell einfließen. Weiterhin soll dieses anpassbar und universell einsetzbar sein, wobei automatisch ein Alarm für einen zu sichernden Bereich ausgelöst wird.

[0013] Diese Aufgabe wird ausgehend von einer Anordnung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, dadurch gelöst, dass der akustische Sensor drahtlos oder drahtgebunden über eine Schnittstelle mit einer im Gerät angeordneten Signalvorverarbeitung und Musterextraktion verbunden ist, dass der Ausgang der Signalvorverarbeitung und Musterextraktion über einen Betriebsartenschalter mit dem Analysemodul oder dem Trainingsmodul verbunden ist, dass der Steuereingang des Betriebsartenschalters mit einer Steuerungseinheit verbunden ist, welche derart ausgestaltet ist, dass benutzergesteuert zwischen mehreren Betriebsarten umgeschaltet oder die Verarbeitung des vom akustischen Sensor erfassten Schalls gestoppt werden kann und dass ein im Gerät angeordnetes Modell oder Geräuschmodell mit dem Analysemodul oder dem Trainingsmodul und einem im Gerät angeordneten Optimierungsmodul zur Nachbesserung und zur Optimierung eines bestehenden Modells verbunden ist.

[0014] Schließlich wird diese Aufgabe durch ein Verfahren nach dem Oberbegriff gemäß Patentanspruch 6 dadurch gelöst, wobei das Verfahren umfasst:

- Zuführung vom akustischen Sensor - drahtlos oder drahtgebunden über eine Schnittstelle - des erfassten Schalls zu einer im Gerät angeordneten Signalvorverarbeitung und Musterextraktion,
- Nutzung der vom Sensor in periodischer Abfolge gelieferten Musterdaten wahlweise zum Training eines im Gerät angeordneten Modells oder Geräuschmodells durch ein Trainingsmodul oder
- Zuführung zur Analyse der Merkmale zu einem Analysemodul

- Nutzung eines im Gerät angeordneten Optimierungsmoduls zur Nachbesserung und zur Optimierung eines bestehenden Modells und
- benutzergesteuerte Umschaltung mittels eines Betriebsartenschalters und einer Steuerungseinheit zwischen den Betriebsarten "Analyse" und "Training" oder "Stopp" der Verarbeitung des vom akustischen Sensor erfassten Schalls.

[0015] Die erfindungsgemäße Anordnung und das Verfahren weisen den Vorteil auf, dass alle signalbeeinflussenden Faktoren mit in das jeweilige Modell einfließen und dem Benutzer auf überraschend einfache Art und Weise die Konfiguration, Anpassung und Optimierung ermöglicht wird.

[0016] Weitere Vorteile und Einzelheiten lassen sich der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen entnehmen. In der Zeichnung zeigt:

- Fig. 1 ein Blockschaltbild des Aufbaus eines Geräts mit allen Komponenten gemäß der Erfindung,
 Fig. 2 einen Screenshot in der Betriebsart "Lernen" und
 Fig. 3 einen Screenshot in der Betriebsart "Lauschen" des erfindungsgemäßen Geräts und
 Fig. 4 ein abgesetztes Panel mit einem Bedienfeld, insbesondere mit drei Bedienelementen für Lernen, Lauschen und Stopp.

[0017] Gegenstand der Erfindung ist ein System S zur akustischen Überwachung von Objekten und Umgebungen mit einem Gerät G, welches eine Schnittstelle zu einem Bedienfeld /Panel P oder einem Gerät G und davon abgesetzten Bediengerät P oder einem Panel mit drei Steuertasten 10 (siehe Fig. 4) aufweist. Das System kann einfach und automatisch eine komplexe, akustische Umgebung lernen, indem es in dieser Umgebung positioniert wird und dort für eine begrenzte Zeit (benutzergesteuert oder automatisch) alle auftretenden akustischen Ereignisse untersucht, klassifiziert und in einem Modell festhält.

[0018] Wie nachfolgend beschrieben und erläutert wird, kann dieses Modell zur Überwachung der gleichen Umgebung genutzt werden. Dabei werden dann Unterschiede zu den gelernten Situationen identifiziert und diese als Ergebnis signalisiert.

[0019] Das akustische Überwachungssystem S besteht aus mehreren Komponenten. Diese Komponenten werden nachfolgend beschrieben. Mit einem akustischen Sensor 1 werden akustische Umgebungsgeräusche in elektrische Signale umgewandelt und drahtlos oder drahtgebunden über eine Schnittstelle einer im Gerät G angeordneten Signalvorverarbeitung und Musterextraktion 2 zugeführt. Dabei kann sich der Sensor 1 unmittelbar am Gerät G befinden oder aber auch abgesetzt davon angeordnet sein. Die vom Sensor 1 in periodischer Abfolge gelieferten Musterdaten können wahlweise zum

Training eines im Gerät G angeordneten Modells/Geräuschmodells/Modellbibliothek 6 durch ein Trainingsmodul 4 genutzt werden oder zur Analyse der Merkmale durch ein Analysemodul 3 diesem zugeführt werden. Hierzu ist zwischen Signalvorverarbeitung und Musterextraktion 2 und Analysemodul 3 sowie Trainingsmodul 4 ein Betriebsartenschalter B angeordnet, welcher benutzergesteuert mittels einer Steuerungseinheit 7 zwischen diesen Betriebsarten umschaltet oder benutzergesteuert die Verarbeitung der vom akustischen Sensor 1 gelieferten Eingangsdaten komplett stoppt (siehe Fig. 4, Panel 10 mit drei Steuertasten: Analyse auch Lauschen genannt, Training auch Lernen genannt, Stop). Alternativ kann diese Funktion durch ein mit der Steuerungseinheit 7 verbundenes Zeitsteuerungsmodul 9 (siehe Fig. 1, Fig. 4) auch automatisch, nach vorher festgelegten Zeitplänen, realisiert werden.

[0020] Die Basis des Analyseprozesses bildet das Geräuschmodell 6. Dieses beinhaltet alle durch das Trainingsmodul 4 aufbereiteten und ihm zugeführten Geräuschmuster. In der einfachsten Form der Markov-Modelle können sogenannten Markov-Ketten-Modelle zur statistischen Beschreibung von Symbol- oder Zustandsfolgen verwendet werden. Das jeweilige Markov-Ketten-Modelle gibt dann an, wie wahrscheinlich das Auftreten eines Geräusches in einem bestimmten Umfeld/in einer bestimmten Umgebung ist. Dabei wird davon ausgegangen, dass bei einem periodisch auftretenden Geräusch Pausen auftreten und anhand dieser Pausen eine Segmentierung und die anschließende Klassifikation erfolgen kann. Weiterhin können im Rahmen der Erfindung sogenannte Hidden-Markov-Modellen benutzt werden, wodurch das Konzept einer statistisch modellierten Zustandsfolge um zustandsspezifische Ausgaben des Modells erweitert wird. Man geht davon aus, dass nur diese sogenannten Emissionen beobachtbar sind, die zugrundeliegende Zustandsfolge jedoch versteckt (engl. hidden) ist. Im Wesentlichen lässt sich ein Hidden-Markov-Modell als statistisch angereicherter, generierender endlicher Automat ansehen. Sowohl die Übergänge zwischen Zuständen als auch die Erzeugung von Ausgaben erfolgt in Abhängigkeit von bestimmten Wahrscheinlichkeitsverteilungen. Man nimmt dabei zuerst an, dass die zu untersuchenden Daten von einem natürlichen Prozess erzeugt wurden, der vergleichbaren statistischen Gesetzmäßigkeiten gehorcht. Dann versucht man diesen mit den Möglichkeiten von Hidden-Markov-Modellen möglichst genau nachzubilden und diejenige Zustandsfolge zu bestimmen, die am wahrscheinlichsten eine bestimmte Folge von Emissionen erzeugt. Ordnet man ganzen Modellen die Bedeutung zu, Klassen von Mustern zu repräsentieren, so lässt sich der Formalismus zur Klassifikation einsetzen. Durch die Aufdeckung der Zustandsfolge ist dann eine Segmentierung der Daten mit gleichzeitiger Klassifikation möglich. In der praktischen Anwendung der Markov-Modell-Technologie für Mustererkennungsaufgaben kann die Wahl des Startpunkts die Leistungsfähigkeit des fertigen Markov-Modells ent-

scheidend beeinflussen. Hierzu zählen vor allem die erfolgreiche Konfiguration der Modelle, die Behandlung effizienter Algorithmen, Methoden zur Anpassung der Modellparameter an veränderte Einsatzgebiete sowie die Kombination von Markov-Ketten- und Hidden-Markov-Modellen in integrierten Suchprozessen. Dabei werden Methoden zur Vektorquantisierung und Schätzung von Mischverteilungsmodellen zur Modellierung hochdimensionaler Daten eingesetzt. Bei einem endlichen Zustandsraum lassen sich Markov-Ketten mittels der Übergangsmatrix und von Wahrscheinlichkeitsvektoren beschreiben. Wählt man einen stochastischen Startvektor v_0 (als Zeilenvektor) als Startverteilung so ergibt sich die Verteilung zum Zeitpunkt t_1 durch $v_1 = v_0 \cdot M$.

[0021] Die Möglichkeit, auch große Markov-Ketten zu simulieren, macht man sich beim MCMC-Verfahren (Markov-Chain-Monte-Carlo-Verfahren) zunutze, um Verteilungen zu simulieren, die nicht durch klassische Verfahren simuliert werden können. Dabei wird eine Klasse von Algorithmen benutzt, die Stichproben aus Wahrscheinlichkeitsverteilungen ziehen. Dies geschieht auf der Basis der Konstruktion einer Markov-Kette, welche die erwünschte Verteilung als ihre stationäre Verteilung aufweist. Der Zustand der Kette nach einer großen Zahl von Schritten wird dann als Stichprobe der erwünschten Verteilung benutzt. Die Qualität der Stichprobe steigt mit zunehmender Zahl der Schritte. MCMC-Verfahren erzeugen Systeme im kanonischen Zustand. Eine hinreichende, aber nicht notwendige, Bedingung, dass ein MCMC-Verfahren den kanonischen Zustand als stationäre Verteilung aufweist, ist die Detailed-Balance-Eigenschaft (detailliertes Gleichgewicht bezeichnet eine Eigenschaft von homogenen Markov-Ketten, nämlich einem speziellen stochastischen Prozess. Anschaulich ist ein Prozess im detaillierten Gleichgewicht, wenn nicht erkennbar ist, ob er sich zeitlich vorwärts oder rückwärts bewegt).

[0022] Vorzugsweise erfolgt die Modellierung mittels eines deterministischen Verfahrens was den Vorteil aufweist, dass nicht (wie bei Markov-Ketten) jedes Mal von der Startposition zu beginnen ist und dass auch keine Segmentierung erfolgen muss. Bei dieser erfindungsgemäßen Art der Modellierung steht die Annahme im Vordergrund, dass bei Geräuschen, anders als bei Sprache, die genaue zeitliche Struktur des Signals vernachlässigt werden kann. Es ist völlig ausreichend, bei jedem Bearbeitungsschritt t die Verteilung der Merkmale auf Cluster $C(t)$ ohne die Übergänge auf andere Cluster im nächsten Zeitschritt $t+T_1$ zu realisieren. Betrachtet man dann die Trefferquote über einen längeren Zeitraum, zum Beispiel T_3 , kann ein Geräuschmuster durch die Häufigkeit der Menge der aufgetretenen Cluster C mit hoher Wahrscheinlichkeit zugeordnet werden. Zusätzlich kann bei Bedarf die zeitliche Abfolge der Cluster $C(t)$ als weiterer Parameter berücksichtigt werden. Durch das Optimierungsmodul 5 ist es möglich, ein bestehendes Modell M im hochkomplexen Lösungsraum nachzubessern und zu optimieren. Um die Toleranz des Modells M zu erhöhen,

wird auch bei diesem Verfahren mit Clustern gearbeitet, deren Ausdehnung im Merkmalsraum die Toleranz bzw. Sensibilität bestimmt. Dabei kann man pro Cluster berücksichtigen wie viele Merkmale zu bestimmen sind und insbesondere, wenn das Merkmal außerhalb des vorgegebenen Zeitraums liegt, diese Geräusche bei der Modellbildung zu löschen oder nicht zu berücksichtigen.

[0023] Nachfolgend wird die Funktion des Systems S anhand des Ausführungsbeispiels gemäß der Abbildung Fig. 1 beschrieben und erläutert. Die Funktionen des Systems S sind unterteilt in zwei Hauptfunktionen, nämlich:

- 1.) Lernen/Training einer akustischen Umgebung.
- 2.) Überwachen/Lauschen der gelernten Umgebung.

[0024] Die gesamte akustische Umgebung besteht in der Regel aus einer großen Menge unterschiedlicher komplexer Geräusche. Im ersten Schritt werden diese in kleine (gleichlange oder kürzere oder längere) Zeitabschnitte T_1 aufgeteilt. Für jedes dieser Zeitfenster T_1 wird ein Merkmal $P(t)$ erzeugt, welches die zu diesem Zeitpunkt bestehende akustische Situation in einen Merkmalsraum R abbildet und einem Cluster C_i zuordnet. In einem zweiten Schritt wird der N -dimensionale Merkmalsraum R in eine endliche Anzahl von Cluster C_i unterteilt. Jedes dieser Cluster repräsentiert einen speziellen Teil eines Geräuschmusters. Cluster werden während der Lernphase des Systems automatisch erzeugt und angepasst. Die Menge aller zu einer speziellen akustischen Umgebung gehörenden Cluster C_i $\{0 < i < Z\}$ werden als Datensätze in einem Modell M verwaltet. Zusätzlich werden in einem dritten Schritt zu den Clusterdaten im Modell M dort der Zeitpunkt der Erzeugung und die Anzahl der zugeordneten Merkmale festgehalten.

[0025] Eine Lernphase/Training kann entweder mit einem bereits vorhandenen Modell M iterativ durchgeführt oder mit einem leeren Modell neu gestartet werden. Wie bereits beschrieben, werden dabei die in einem periodischen Strom der im Zeitfenster T_1 empfangenen Merkmale $P(t)$ ihren entsprechenden Cluster C_i zugeordnet und das Modell M dementsprechend erweitert bzw. angepasst. Der Erfolg des Lernens (Betriebsart "Training") kann zu einem Zeitpunkt T ermittelt werden, in dem gemessen wird, wieviele neue Cluster in einem Zeitintervall T_3 erzeugt wurden. Sinkt diese Rate unterhalb einer (vom Benutzer vorgebbare) Schwelle, kann davon ausgegangen werden, dass die Umgebung hinreichend genau gelernt wurde und eine relativ statische Geräuschumgebung vorliegt.

[0026] Fig. 2 zeigt einen Screenshot in der Betriebsart "Lernen" (Training) mit einer typischen sogenannten Lernkurve L . Es ist zu sehen, dass im Verlauf der Zeit t (siehe X-Achse) die Anzahl der neu gebildeten Cluster, hier als Ereignisse (siehe Y-Achse) je Zeiteinheit T_3 zu sehen, abnimmt. Dies ist ein typisches Verhalten für eine relativ statische Geräuschumgebung, wie experimentelle Untersuchungen aufgezeigt haben. Das Bezugszeit-

chen T kennzeichnet den aktuellen Zeitpunkt des Screen-shots.

[0027] Bei der Optimierung im Optimierungsmodul 5 handelt es sich im Wesentlichen um das Entfernen von Cluster, welche keine große Relevanz für die gesamte Modellierung des akustischen Umfeldes haben. Erfindungsgemäß können Cluster dann entfernt werden, wenn ihnen nur wenige Merkmale zugeordnet wurden oder diese zu Zeiten erzeugt wurden, die später bei der Überwachung keine Berücksichtigung finden sollen.

[0028] Insbesondere kann eine weitere Form der Optimierung eines Modells **M** während der Analysephase durchgeführt werden, indem Merkmale $P(t)$, die sich im Randbereich eines Cluster C_i befinden, eine Aktualisierung bzw. Korrektur des betroffenen Clusters anstoßen. Damit können langsame Veränderungen der akustischen Umgebung adaptiert werden.

[0029] Auch in der Betriebsart "Lauschen" (Überwachen) werden im Zeitraster T1 Merkmale verarbeitet. Anders als bei der Betriebsart "Training" (Analyse), führen diese jedoch nicht dazu, dass das Modell **M** verändert wird, sondern es wird lediglich bei jedem Schritt geprüft, ob sich das Merkmal in einem im Modell **M** vorhandenem Cluster C_i befindet. Ist dies nicht der Fall, handelt es sich um einen Teil eines akustischen Ereignisses, welches nicht trainiert wurde und es wird ein (in der Zeichnung nicht dargestellter und im Gerät G angeordneter) interner Ereigniszähler inkrementiert. Überschreitet der Zählerstand dieses Zählers in einem Zeitintervall T2 einen Schwellwert, so wird ein entsprechendes Signal an einem Anzeigemodul 8 präsentiert und der Zähler zurückgesetzt.

[0030] Fig. 3 zeigt einen Screenshot in der Betriebsart "Lauschen". Eine sogenannte Lauschkurve LA stellt den zeitlichen Verlauf mit dem Auftreten eines Signalisierungs-Ereignisses dar, was dadurch charakterisiert ist, dass es im Zeitverlauf eine sogenannte Signalisierungsschwelle SIS übersteigt. Auch hier werden die Ereignisse in dem Zeitintervall T3 betrachtet. Die Dimensionierung des Zeitintervall T3 erfolgt derart, dass 30 bis 70 Ereignisse pro Zeitfenster, vorzugsweise 50 Ereignisse pro Zeitfenster erfasst werden. Das Zeitraster T2 und das Zeitraster T3 zur Erfassung der Ereignisse können gleichlang gewählt werden und sind wesentlich länger (vorzugsweise um den Faktor 50) als das Zeitintervall T1. Das Bezugszeichen T kennzeichnet den aktuellen Zeitpunkt des Screen-shots.

[0031] Zur Bedienung und zur Interaktion mit dem Benutzer kann insbesondere ein abgesetztes Panel 10 (Smartphone- oder PC-App) mit einem Bedienfeld P realisiert werden. Die Fig. 4 zeigt einen möglichen Aufbau des Bedienfelds P, insbesondere mit drei Bedienelementen/Steuertasten für Lernen, Lauschen und Stopp. Vorzugsweise ist auch ein am Gerät G angeordnetes Bedienfeld P mit der Steuerungseinheit 7 verbunden. Ein Übertragungskanal 11 überträgt die Eingabeaktionen des Benutzers zur Steuerungseinheit 7 des Überwachungssystems S (Fig. 1 Gerät G, Fig. 4 Gerät G und

Panel 10). Der Übertragungskanal 11 kann durch verschiedene Implementationen realisiert werden (direkt oder abgesetzt durch z.B.: WLAN, LAN, Bluetooth). Dieses erfindungsgemäße System S ermöglicht es dem Anwender/Benutzer auf überraschend einfache Art und Weise das Einfließen aller signalbeeinflussenden Faktoren in das jeweilige Erkennungsmodell, insbesondere unter Berücksichtigung der aktuellen Situation und einfachen Konfiguration bzw. Adaption in einer Trainingsphase durch den Anwender/Benutzer und ist von einem Laien bedienbar.

[0032] Für die akustische Überwachung mit dem hier beschriebenen erfindungsgemäßen System S, gibt es dadurch viele verschiedene Anwendungsgebiete ohne dass vorher der jeweilige Anwendungsfall vorprogrammiert werden muss. Allgemein kann festgestellt werden, dass alle Überwachungsaufgaben, welche auf Schallereignisse basieren, damit realisiert werden können. Voraussetzung ist aber, dass die Dynamik der Umgebung nicht zu groß ist. Dies bedeutet, dass sich die Vielfalt möglicher akustischer Ereignisse und Signale in einer endlichen Zeit erfassen und damit lernen lassen. Insbesondere ist erfindungsgemäß ein Anzeigemodul 8 vorgesehen, welches mit dem Analysemodul 3 verbunden und außen am Gerät G sichtbar ist (Fig. 1) oder mit diesem in Verbindung steht (Fig. 4 abgesetztes Panel 10 und Bedienfeld P/Bediengerät P) und welches ein akustisches Ereignis, das nicht trainiert wurde, anzeigt.

[0033] Ein typisches Anwendungsgebiet ist die Überwachung von speziellen Räumen. Zum Beispiel:

- Serverräume (Rechenzentren)
- Supermärkte (Baumärkte) außerhalb der Öffnungszeiten
- Produktions- bzw. Werkstätten außerhalb der Arbeitszeit
- Wohnungen bei Abwesenheit der Bewohner

[0034] Die zu überwachenden Umgebungen können durchaus mit kontinuierlichen Hintergrundgeräuschen belastet sein. Diese werden beim Lernprozess berücksichtigt und ins jeweilige Modell aufgenommen. Änderungen an diesen Geräuschkulissen z.B. durch Ausfall einer der dazu beitragenden Komponente, führen zur Signalisierung dieses Ereignisses zum Beispiel als Fehlerzustand.

[0035] Weiterhin können mit dem erfindungsgemäßen System S auch Anlagen oder Teile der Anlagen fernüberwacht/überwacht werden. Zum Beispiel:

- Maschinen (z.B. Windkraftanlagen, Produktion, Roboter)
- Antriebe (z.B. Aufzüge)

[0036] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern umfasst auch alle im Sinne der Erfindung gleichwirkenden Ausführungen. Ferner ist die Erfindung bislang

auch noch nicht auf die in den Patentansprüchen 1 und 6 definierten Merkmalskombinationen beschränkt, sondern kann auch durch jede beliebige andere Kombination von bestimmten Merkmalen aller insgesamt offenbarten Einzelmerkmale definiert sein. Dies bedeutet, dass grundsätzlich praktisch jedes Einzelmerkmal der Patentansprüche 1 und 6 weggelassen bzw. durch mindestens ein an anderer Stelle der Anmeldung offenes Einzelmerkmal ersetzt werden kann.

Bezugszeichenliste:

[0037]

- (1) Akustischer Sensor
- (2) Signalvorverarbeitung und Musterextraktion
- (3) Analysemodul
- (4) Trainingsmodul
- (5) Optimierungsmodul
- (6) Modell / Modellbibliothek
- (7) Steuerungseinheit
- (8) Anzeigemodul
- (9) Zeitsteuerung
- (10) Panel mit den drei Steuertasten
- (11) Übertragungskanal zum Gerät/System

- B Betriebsartenschalter
- G Gerät
- L Lernkurve (Ereignisse/Zeitfenster)
- LA Lauschkurve (Ereignisse/Zeitfenster)
- P Bedienfeld (Panel)/Bediengerät
- S System (Gerät G, Bediengerät P)
- SIS Signalisierungsschwelle
- T Aktueller Zeitpunkt (Cursor)
- X X-Achse (Zeit)
- Y Y-Achse (Anzahl der Ereignisse)

Patentansprüche

1. Anordnung zur akustischen Überwachung von Umgebungen mit einem akustischen Sensor (1) zur Erfassung des Schalls und mit einer in einem Gerät (G) angeordneten und mit dem akustischen Sensor (1) in Verbindung stehenden Analyseeinrichtung (3) zur Analyse des Schalls vom Körperschall bis in den Ultraschallbereich hinein sowie einem Trainingsmodul (4), **dadurch gekennzeichnet, dass** der akustische Sensor (1) drahtlos oder drahtgebunden über eine Schnittstelle mit einer im Gerät (G) angeordneten Signalvorverarbeitung und Musterextraktion (2) verbunden ist, dass der Ausgang der Signalvorverarbeitung und Musterextraktion (2) über einen Betriebsartenschalter (B) mit dem Analysemodul (3) oder dem Trainingsmodul (4) verbunden ist, dass der Steuereingang des Betriebsartenschalters (B) mit einer Steuerungseinheit (7) verbunden ist, welche derart ausgestaltet ist, dass benutzergesteuert

zwischen mehreren Betriebsarten umgeschaltet oder die Verarbeitung des vom akustischen Sensor (1) erfassten Schalls gestoppt werden kann und dass ein im Gerät (G) angeordnetes Modell oder Geräuschmodell (6) mit dem Analysemodul (3) oder dem Trainingsmodul (4) und einem im Gerät (G) angeordneten Optimierungsmodul (5) zur Nachbesserung und zur Optimierung eines bestehenden Modells (6) verbunden ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, wobei mit der Steuerungseinheit (7) ein Zeitsteuerungsmodul (9) verbunden ist, wodurch automatisch, nach vorher festgelegten Zeitplänen, eine Umschaltung zwischen drei Betriebsarten "Analyse", "Training" und "Stopp" erfolgen kann.

3. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 2, wobei mit dem Analysemodul (3) ein Anzeigemodul (8) verbunden ist, welches ein akustisches Ereignis, das nicht trainiert wurde, anzeigen kann.

4. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, wobei ein abgesetztes Panel (10) mit einem Bedienfeld (P) drahtlos oder drahtgebunden (11) oder ein am Gerät (G) angeordnetes Bedienfeld (P) mit der Steuerungseinheit (7) verbunden ist.

5. Anordnung nach Anspruch 4, wobei das Bedienfeld (P) drei Steuertasten aufweist.

6. Verfahren zur akustischen Überwachung von Umgebungen mit einem akustischen Sensor (1) zur Erfassung des Schalls und mit einer in einem Gerät (G) angeordneten und mit dem akustischen Sensor (1) in Verbindung stehenden Analyseeinrichtung (3) zur Analyse des Schalls vom Körperschall bis in den Ultraschallbereich hinein sowie einem Trainingsmodul (4), wobei das Verfahren umfasst:

- Zuführung vom akustischen Sensor (1) - drahtlos oder drahtgebunden über eine Schnittstelle
- des erfassten Schalls zu einer im Gerät (G) angeordneten Signalvorverarbeitung und Musterextraktion (2),
- Nutzung der vom Sensor (1) in periodischer Abfolge gelieferten Musterdaten wahlweise zum Training eines im Gerät (G) angeordneten Modells oder Geräuschmodells (6) durch ein Trainingsmodul (4) oder
- Zuführung zur Analyse der Merkmale zu einem Analysemodul (3),
- Nutzung eines im Gerät (G) angeordneten Optimierungsmoduls (5) zur Nachbesserung und zur Optimierung eines bestehenden Modells (6) und
- benutzergesteuerte Umschaltung mittels eines

- Betriebsartenschalters (B) und einer Steuerungseinheit (7) zwischen den Betriebsarten "Analyse" und "Training" oder "Stopp" der Verarbeitung des vom akustischen Sensor (1) erfassten Schalls.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei diese Betriebsarten "Analyse", "Training" und "Stopp" durch ein mit der Steuerungseinheit (7) verbundenes Zeitsteuerungsmodul (9) auch automatisch, nach vorher festgelegten Zeitplänen, erfolgen kann. 10
 8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 7, wobei ein akustisches Ereignis, das nicht trainiert wurde, mit einem Anzeigemodul (8) angezeigt wird. 15
 9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 8, wobei im ersten Schritt der Betriebsart "Training" mit einem bereits vorhandenen Modell **M** iterativ oder mit einem leeren Modell neu gestartet die gesamte akustische Umgebung, bestehend in der Regel aus einer großen Menge unterschiedlicher komplexer Geräusche, diese in kleine Zeitabschnitte T1 aufgeteilt und für jedes dieser Zeitfenster T1 ein Merkmal P(t) erzeugt wird, welches die zu diesem Zeitpunkt bestehende akustische Situation in einen Merkmalsraum **R** abbildet und einem Cluster Ci zuordnet, dass im zweiten Schritt der N-dimensionale Merkmalsraum **R** in eine endliche Anzahl von Cluster Ci unterteilt wird und jedes dieser Cluster einen speziellen Teil eines Geräuschemusters repräsentiert, wobei Cluster während der Lernphase des Systems (S) automatisch erzeugt und angepasst werden, indem die Menge aller zu einer speziellen akustischen Umgebung gehörenden Cluster Ci $\{0 < i < Z\}$ als Datensätze in einem Modell M verwaltet werden und dass im dritten Schritt zusätzlich zu den Clusterdaten im Modell M der Zeitpunkt der Erzeugung und die Anzahl der zugeordneten Merkmale festgehalten werden. 20
25
30
35
40
 10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 9, wobei der Erfolg in der Betriebsart "Training" zu einem Zeitpunkt T ermittelt werden kann, indem gemessen wird, wieviele neue Cluster in einem Zeitintervall T3 erzeugt wurden und dass wenn diese Rate unterhalb einer Schwelle sinkt, davon ausgegangen werden kann, dass die Umgebungsgeräusche hinreichend genau gelernt wurde und eine relativ statische Geräuschumgebung vorliegt. 45
50
 11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 10, wobei bei der Optimierung Cluster entfernt werden, welche keine große Relevanz für die gesamte Modellierung des akustischen Umfeldes haben, indem ihnen nur wenige Merkmale zugeordnet wurden oder diese zu Zeiten erzeugt wurden, die 55
 - später bei der Überwachung keine Berücksichtigung finden sollen.
 12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 11, wobei zur Optimierung eines Modells während der Analysephase, Merkmale P(t), die sich im Randbereich eines Cluster Ci befinden, eine Aktualisierung bzw. Korrektur des betroffenen Clusters anstoßen wird, wodurch langsame Veränderungen der akustischen Umgebung adaptiert werden können.
 13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 12, wobei in der Betriebsart "Lauschen" (Überwachen) die Merkmale im Zeitraster T1 verarbeitet werden, wobei das Modell M nicht verändert wird, sondern es wird lediglich bei jedem Schritt geprüft, ob sich das Merkmal in einem in M vorhandenem Cluster Ci befindet, dass falls dies nicht der Fall es sich um einen Teil eines akustischen Ereignisses handelt, welches nicht trainiert wurde und ein interner Ereigniszähler inkrementiert wird, und dass wenn dieser Zähler in einem Zeitintervall T2 einen Schwellwert überschreitet, ein entsprechendes Signal am Anzeigemodul (8) präsentiert und der Zähler zurückgesetzt wird.
 14. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 13, wobei in der einfachsten Form ein Markov-Modell auf der Basis von Markov-Ketten-Modellen oder von Hidden-Markov-Modellen oder ein deterministisches Verfahren zur statistischen Beschreibung von Symbol- oder Zustandsfolgen verwendet werden.
 15. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 14, wobei ein MCMC-Verfahren (Markov-Chain-Monte-Carlo-Verfahren) mit einer Detailed-Balance-Eigenschaft benutzt wird, um bei der Optimierung mittels des Optimierungsmoduls (5) Verteilungen zu simulieren.

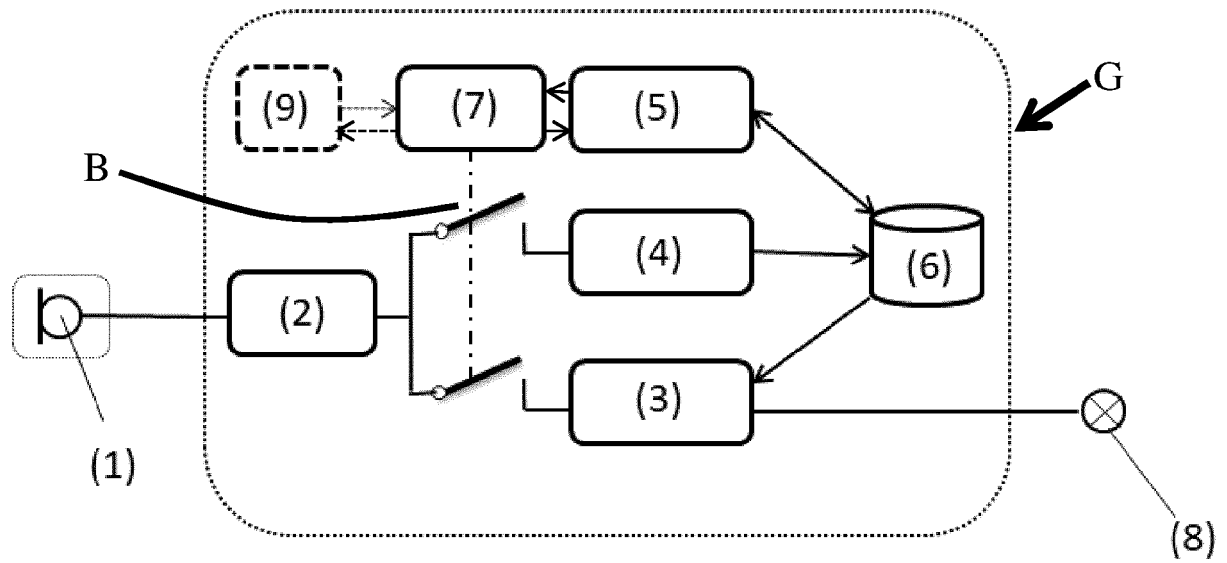


Fig. 1

Status
LERNEN



STOPP

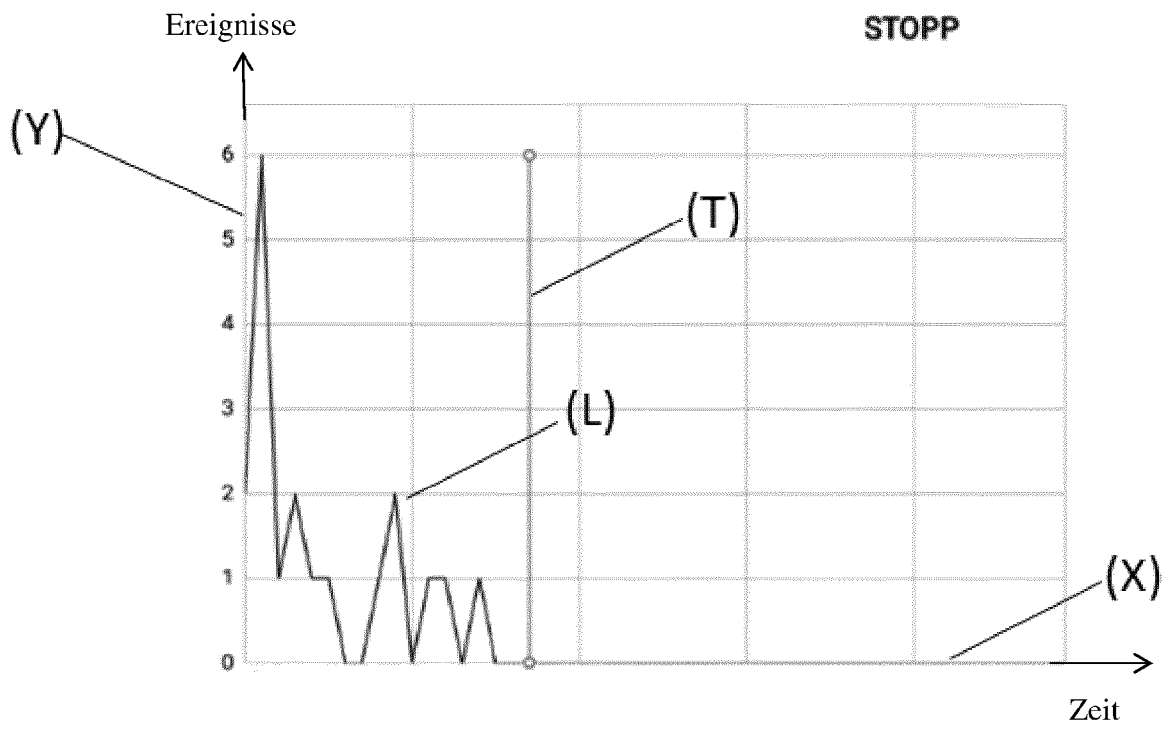


Fig. 2

Status
LAUSCHEN

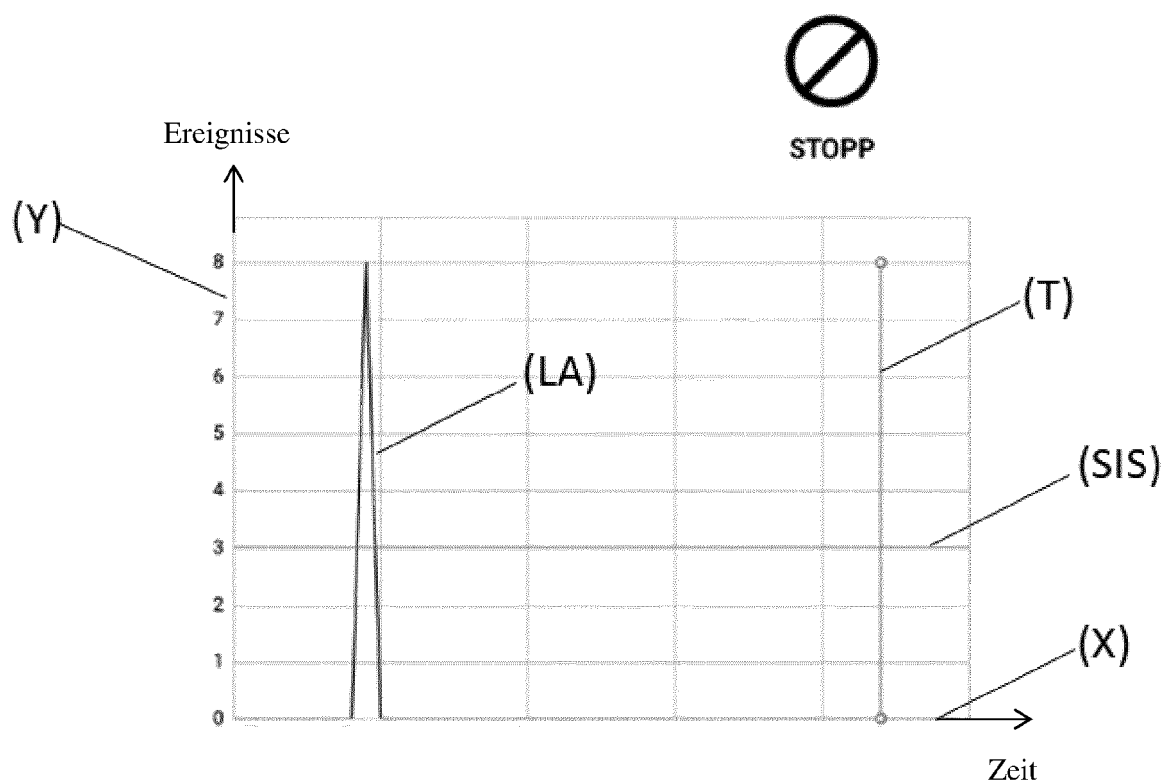


Fig. 3

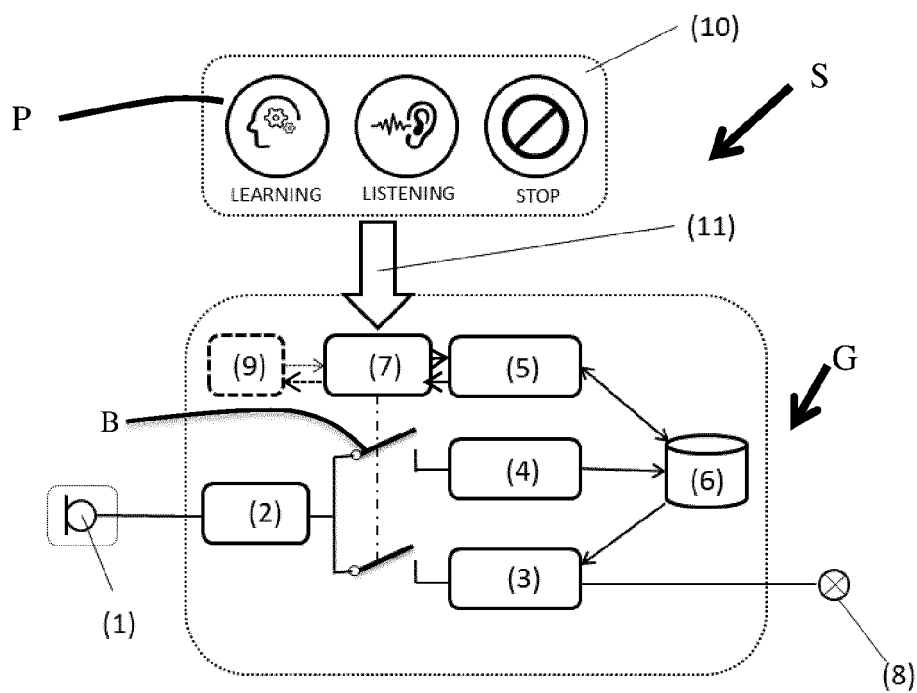


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 20 02 0283

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	DE 10 2011 114058 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 28. März 2013 (2013-03-28)	1,6	INV. G08B13/16
A	* Absätze [0021] - [0031] * -----	2-5,7-15	G08B25/08 G08B21/04
Y	EP 2 988 105 A2 (HST HIGH SOFT TECH GMBH [DE]) 24. Februar 2016 (2016-02-24)	1,6	
A	* Absätze [0023] - [0030] * -----	2-5,7-15	
A	CH 706 631 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 31. Dezember 2013 (2013-12-31) * das ganze Dokument *	1-15	
A	DE 10 2007 030725 B3 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 28. August 2008 (2008-08-28) * das ganze Dokument * -----	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			G08B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 27. Oktober 2020	Prüfer Dascalu, Aurel
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum 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 (P04C03)

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

EP 20 02 0283

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

27-10-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011114058 A1	28-03-2013	KEINE	
EP 2988105 A2	24-02-2016	DE 102014012184 A1 EP 2988105 A2	25-02-2016 24-02-2016
CH 706631 A2	31-12-2013	AT 513101 A2 CH 706631 A2 DE 102012211154 A1	15-01-2014 31-12-2013 02-01-2014
DE 102007030725 B3	28-08-2008	DE 102007030725 B3 WO 2009003548 A1	28-08-2008 08-01-2009

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 Patentedokumente

- DE 102012211154 B4 [0002]
- DE 19621152 A1 [0003]
- WO 2009104968 A1 [0004]
- US 20120262294 A1 [0005]
- DE 102014012184 B4 [0006] [0009]
- US 20080144927 A1 [0008]
- DE 102017012007 [0009]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **KWON, SOONI ; NARAYANAN, SHRIKANTH.** Un-supervised Speaker indexing using generic models. *IEEE transactions on speech and audio processing*, 2005, vol. 13 (5), ISSN 1063-6676, 1004-1013 [0010]