

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 1494/2010
(22) Anmeldetag: 08.09.2010
(43) Veröffentlicht am: 15.03.2012

(51) Int. Cl. : **H04R 1/38** (2006.01)

(73) Patentanmelder:
AKG ACOUSTICS GMBH
A-1230 WIEN (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR AKUSTISCHEN SIGNALVERFOLGUNG**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsposition Θ eines akustischen Quellsignals S bezüglich einer elektroakustischen Wandleranordnung, mit einer Referenzdatenbank RD , welche von einem Messvorgang Referenzsignale T mit zugehörigen Q Referenzpositionen Θ_q in Form von Winkelangaben und gegebenenfalls Entfernungen des Referenzsignals T gespeichert hat, wobei die Positionsbestimmung durch Vergleich des Quellsignals S mit den gespeicherten Referenzsignalen T erfolgt. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass aus den Referenzsignalen T Referenzmerkmalsvektoren RY und aus den Quellsignalen S Merkmalsvektoren Y gewonnen werden, sowie dass die Merkmalsvektoren Y durch die Referenzmerkmalsvektoren RY zu einer die Position Θ und die Güte des Quellsignals S repräsentierenden Ähnlichkeitskurve zusammengesetzt werden.

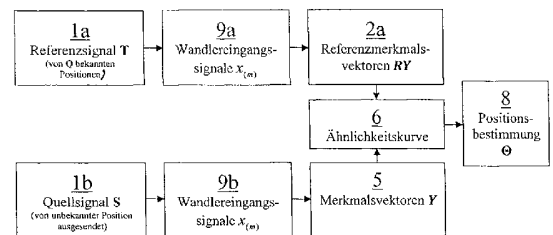


Fig. 1

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsposition Θ eines akustischen Quellsignals S bezüglich einer elektroakustischen Wandleranordnung, mit einer Referenzdatenbank RD , welche von einem Messvorgang Referenzsignale T mit zugehörigen

5 Q Referenzpositionen Θ_q in Form von Winkelangaben und gegebenenfalls Entfernungen des Referenzsignals T gespeichert hat, wobei die Positionsbestimmung durch Vergleich des Quellsignals S mit den gespeicherten Referenzsignalen T erfolgt.

Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass aus den Referenzsignalen T Referenzmerkmalsvektoren RY und aus den Quellsignalen S Merkmalsvektoren Y gewonnen

10 werden, sowie dass die Merkmalsvektoren Y durch die Referenzmerkmalsvektoren RY zu einer die Position Θ und die Güte des Quellsignals S repräsentierenden Ähnlichkeitskurve zusammengesetzt werden.

Verfahren zur akustischen Signalverfolgung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsposition eines akustischen Quellsignals bezüglich einer elektroakustischen Wandleranordnung, mit einer Referenzdatenbank, welche von einem Messvorgang Referenzsignale mit zugehörigen Referenzpositionen in Form von Winkelangaben und gegebenenfalls Entfernungen des Referenzsignals gespeichert hat, wobei die Positionsbestimmung durch Vergleich des Quellsignals mit den gespeicherten Referenzsignalen erfolgt.

Ein derartiges Verfahren ist aus der WO 2009/062211 A1 bekannt und ermöglicht die Positionsbestimmung von Quellsignalen durch eine Anordnung von Druck-Gradientenwandlern. Dieses Verfahren beruht auf der Verwendung einer Referenzdatenbank, welche die in einem Messvorgang gespeicherten Referenzsignale und die zugehörigen Positionen in Form von Winkelangaben und gegebenenfalls Entfernungen enthält, wobei die Positionsbestimmung durch Vergleich des Quellsignals mit den gespeicherten Referenzsignalen erfolgt. Der Nachteil hierbei ist, dass keine allgemeine Aussage über die Güte der Signale bzw. die Detektionsgüte getroffen wird. Das bedeutet, dass beispielsweise in einer Sprechpause, in welcher kein Quellsignal auftritt, sämtliche Nebengeräusche und auftretendes Rauschen als Quellsignal fungieren und somit die gesuchte Quellposition falsch detektiert wird.

Die vorliegende Erfindung setzt sich zum Ziel, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, welches für jede Art von akustischem Signal mit auftretendem Rauschen und Sendepausen des Quellsignals geeignet ist.

Dieses Ziel wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass in einem ersten Schritt aus den Referenzsignalen Referenzmerkmalsvektoren und während der Positionsbestimmung im Betrieb der Anordnung aus den Quellsignalen Merkmalsvektoren gewonnen werden, aus deren Vergleich mit den Referenzmerkmalsvektoren eine Ähnlichkeitskurve resultiert, die sowohl die Position als auch die Güte des Quellsignals repräsentiert.

Der Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass die Merkmalsvektoren durch die Referenzmerkmalsvektoren zu einer die Position und die Güte des Quellsignals repräsentierenden Ähnlichkeitskurve zusammengesetzt werden.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachstehenden Beschreibung, welche auf die begleitenden Zeichnungen Bezug nimmt. Dabei zeigen:

5

Fig. 1 das prinzipielle Ablaufdiagramm gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 das schematische Ablaufdiagramm des Verfahrens,

Fig. 3 das detaillierte Ablaufdiagramm zur Erstellung der Referenzdatenbank,

Fig. 4a den Verlauf der Komponenten (Vektoren) eines Referenzmerkmalsvektors und

10 Fig. 4b die aus dem Referenzmerkmalsvektor von Fig. 4a resultierende Ähnlichkeitskurve basierend auf zwei verschiedenen Berechnungsverfahren,

Fig. 5a den Verlauf eines Referenzmerkmalsvektors und

Fig. 5b die aus dem Referenzmerkmalsvektor von Fig. 5a zugehörigen, mit zum Teil zusätzlich beaufschlagten Rauschen versehenen Ähnlichkeitskurven.

15

Die einzelnen Ablaufschritte bzw. Blöcke in den Figuren sind fortlaufend bzw. in den jeweiligen Figuren einheitlich nummeriert. Die wesentlichen, verwendeten Abkürzungen bedeuten:

	T	Referenzsignal,
20	S	Quellsignal,
	RY	Referenzmerkmalsvektoren,
	Y	Merkmalsvektoren,
	RD	Referenzdatenbank,
	Q	Anzahl der Positionen,
25	Θ_q	q-te Quellposition,
	M	Anzahl der Mikrofone,
	$x_{(m)}$	Wandlereingangssignal von Kanal m,
	H_m	Impulsantwort von Kanal m (im Frequenzbereich),
	h_m	Verstärkungsfaktor von Kanal m (im Zeitbereich),
30	η	Rauschen.

Das in Fig. 1 dargestellte Diagramm zeigt den prinzipiellen Ablauf der vorliegenden Erfindung. In einem ersten Schritt wird das von einem, an einer definierten Position befindlichen,

Lautsprecher ausgesendete Referenzsignal **T** (Block 1a) von einer elektroakustischen Wandleranordnung erfasst. Aus diesen **m** Wandlereingangssignalen $x_{(m)}$ (Block 9a) werden die Referenzmerkmalsvektoren **RY** (Block 2a) berechnet und in einer Referenzdatenbank **RD** (Block 2 in Fig. 2) gespeichert. Dies wird für alle **Q** Positionen wiederholt. Im späteren Betrieb wird das Quellsignal **S** (Block 1b) von einer unbekannten Position ausgesendet, und die Merkmalsvektoren **Y** (Block 5) aus den Wandlereingangssignalen $x_{(m)}$ (Block 9b) werden berechnet. Somit kann jeder einzelne Merkmalsvektor **Y** mit allen Referenzmerkmalsvektoren **RY** verglichen werden, woraus sich die Ähnlichkeitskurve ergibt. Aus diesen Ähnlichkeitskurven wird eine resultierende Ähnlichkeitskurve (Block 8) bestimmt, aus welcher die Position **Θ** ermittelt wird.

Das in Fig. 2 dargestellte Ablaufdiagramm zeigt den schematischen Ablauf der Signalverarbeitung mit Zwischenschritten. Es ist ersichtlich, dass am Wandlereingang mindestens zwei Informationen zur Verfügung gestellt werden: das akustische Signal (ein Referenzsignal **T** (Block 1a) und ein Quellsignal **S** (Block 1b)). Die Angabe der Referenzposition (Block 2b) zum jeweiligen Referenzmerkmalsvektor **RY** (Block 2a) in der Referenzdatenbank **RD** (Block 2) ist erforderlich. Der prinzipielle Ablauf ist folgender: Zu Beginn wird das Quellsignal **S** in Signalblöcke (Block 3) mit Hilfe einer Fensterung (z.B. Rechteck, Hanning) aufgeteilt $x_{l(m)}$ und danach mittels einer Schnellen Fourier Transform (FFT) (Block 4) in den Frequenzbereich transformiert $X_l[f] = FFT_N\{x_{l(m)}\}$. Anschließend werden die daraus berechneten Merkmalsvektoren **Y** (Block 5) mit den bereits in der Referenzdatenbank **RD** enthaltenen Referenzmerkmalsvektoren **RY** verglichen, wodurch für jeden Signalblock eine Ähnlichkeitskurve (Block 6) entsteht. Aus diesen Ähnlichkeitskurven wird im Anschluss eine resultierende Ähnlichkeitskurve ermittelt. Diese resultierende Ähnlichkeitskurve dient, mit Hilfe der zu den Referenzmerkmalsvektoren **RY** jeweils zugehörigen Referenzpositionen, zur Bestimmung der Quellposition **Θ** (Block 8).

Falls außer den Quellsignalen **S** weitere wahre Positionsangaben aus einer vorangegangenen Trainingsphase vorliegen, ist es gemäß der in Fig. 2 veranschaulichten Ausführungsform möglich, zusätzlich einen Lokalisierungsfehler (Block 7) mit Hilfe der Trainingsdaten (Block 2c) zu berechnen, wodurch die Werte in der Referenzdatenbank **RD** verbessert werden, was zu einer noch exakteren Positionsbestimmung führt.

Das in Fig. 3 dargestellte Diagramm zeigt den detaillierten Ablauf zur Erstellung der Referenzdatenbank **RD** (Block 2). Dazu wird eine Mikrofonanordnung in einem von **Q** unterschiedlichen Positionen Θ mit demselben Referenzsignal **T** (Block 1a) über einen Lautsprecher bespielt. Aus den erhaltenen Eingangssignalen werden die Impulsantworten H_m bestimmt (Block 10) und mittels einer Schnellen Fourier Transform (FFT) (Block 4) in den Frequenzbereich transformiert. Die daraus bestimmten Referenzmerkmalsvektoren $RY(\Theta_q)$ (Block 2a) werden mit den Referenzpositionen (Block 2b) in der Referenzdatenbank **RD** (Block 2) gespeichert.

10

Die Schritte in den Blöcken (10 und 4) können gegebenenfalls auch durch eine andere Methode zur akustischen Systemidentifikation ersetzt werden, z.B. durch Messung mit Maximallängensequenz (MLS) oder der Time Delay Spectrometry (TDS).

Die Abszisse in Fig. 4a, Fig. 4b und Fig. 5a, Fig. 5b ist jeweils der Azimutalwinkel. Die Ordinate in Fig. 4a und Fig. 5a ist jeweils ein „Merkmalswert“ (mv) – normierter Schalldruckpegel, d.h. Schalldruckanteile an den (Nieren-)Mikrofonpositionen normiert anhand des vorliegenden Schalldrucks am Kugelmikrofon. Diese Werte bilden jeweils über alle (Nieren-)Mikrofone zusammengefasst für die jeweilige Richtung den Merkmalsvektor **Y**. Hingegen ist die Ordinate in Fig. 4b und Fig. 5b die Ähnlichkeit (d) zwischen dem Merkmalsvektor **Y** und den Referenzmerkmalsvektoren $RY(\Theta_q)$.

Das Prinzip der maximalen Ähnlichkeit ist in Fig. 4 dargestellt. Fig. 4a zeigt den Verlauf der Ähnlichkeit der drei Vektoren eines Referenzmerkmalsvektors $RY(\Theta_q)$ (durchgehend, strichliert und punktiert), und die Werte des Merkmalsvektors **Y** sind bei einem Azimutalwinkel von $\varphi_s=270^\circ$ in Form von Markern ($m=1, m=2, m=3$) dargestellt. Dieser Merkmalsvektor **Y** wird mit dem Referenzmerkmalsvektor $RY(\Theta_q)$ in der Referenzdatenbank **RD** verglichen. In Fig. 4b ist die resultierende Ähnlichkeitskurve aus dem Durchschnitt aller drei Ähnlichkeitskurven der drei Merkmalsvektoren **Y** basierend auf der p-Norm (p-Distanz) durchgehend und der Winkelabweichung (Kosinus) strichliert dargestellt.

30

In Fig. 5a sind die Verläufe eines Referenzmerkmalsvektors $RY(\Theta_q)$ (RY1, RY2, RY3) durchgehend, strichpunktliert und strichliert dargestellt. Verschiedene Quellen (s_1, s_2) und ein

omnidirektionales Rauschen η sind bei einem Azimutalwinkel von $\varphi_s = -90^\circ$ (η), $\varphi_s = 0^\circ$ (s_1 , $s_1 + \eta$), $\varphi_s = 45^\circ$ ($s_1 + s_2$), $\varphi_s = 90^\circ$ (s_2) in Form von Markern dargestellt. In Fig. 5b sind die zugehörigen Ähnlichkeitskurven dargestellt, die sich aus den Differenzen der Merkmalsvektoren $\mathbf{Y}$ zweier verschiedener Quellen (s_1 , s_2) und einem omnidirektionalem Rauschen η ergeben, welche mit Markern gekennzeichnet sind. Es ist ersichtlich, dass die Ähnlichkeitskurve des Rauschens η einen konstanten Verlauf aufweist und die Kombinationen mehrerer Merkmalsvektoren $\mathbf{Y}(s_1 + s_2)$ und $\mathbf{Y}(s_1 + \eta)$ zu einem abgeflachten Verlauf führen.

- Das Referenzsignal $\mathbf{T}$ zeichnet aus, dass es im gesamten Referenzbereich der später für die Quellenlokalisation berücksichtigt wird ausreichend Energie enthält. Ein exponentieller Sweep (ES) der Funktion:

$$x(t) = \sin \left[A \left(e^{\frac{t}{\tau}} - 1 \right) \right], \quad (1)$$

- also ein Sinuston mit exponentiell ansteigender Frequenz, wird als das Referenzsignal $\mathbf{T}$ verwendet, mit den Randbedingungen:

$$\omega_1 = \frac{\partial [A(e^{t/\tau} - 1)]}{\partial t} \Big|_{t=0}, \quad (3)$$

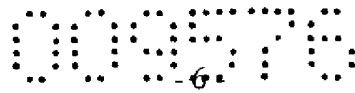
$$\omega_2 = \frac{\partial [A(e^{t/\tau} - 1)]}{\partial t} \Big|_{t=T}, \quad (4)$$

$$A = \frac{T \cdot \omega_1}{\ln(\omega_2 / \omega_1)} \text{ und} \quad (5)$$

$$\tau = \frac{T}{\ln(\omega_2 / \omega_1)} \quad (6)$$

(ω_1 ...Startfrequenz, ω_2 ...Endfrequenz, T ...Sweeplänge).

- Die Impulsantwort $\mathbf{H}_m$ für alle M Kanäle kann durch Faltung der Sweepantwort $y(t)$ des m -ten Kanals mit dem inversen Sweep $x(t)^{-1}$ erhalten werden. Dazu wird sowohl die gemessene Sweepantwort $y(t)$, als auch der Sweep $x(t)$ in die Frequenzdomäne transformiert. Dadurch ist eine Multiplikation von Sweepantwort $Y(\omega)$ in der Frequenzdomäne und der inversen des Sweeps $Y(\omega)^{-1}$ möglich:



$$Y(\omega) = X(\omega) \cdot H(\omega) \Rightarrow H(\omega) = Y(\omega) \cdot X(\omega)^{-1}. \quad (7)$$

Nach Rücktransformation der Frequenzantwort in die Zeitdomäne erhält man die Impulsantwort:

$$H(t) = IDFT(H(\omega)) \quad (8)$$

(IDFT...Inverse Diskrete Fourier Transformation).

Mittels der Impulsantworten $\mathbf{H}_m$ kann das Verhalten des Arrays für alle Q betrachteten Positionen und alle Frequenzen unabhängig von der Anregung erfasst werden.

10

Um Speicherplatz zu sparen und einen glatten Frequenzverlauf zu erhalten, werden die erhaltenen Impulsantworten $\mathbf{H}_m$ begrenzt und ein- bzw. ausgeblendet, hierzu wird eine Fensterung (z.B. Rechteck, Hanning) durchgeführt.

15 Das bedeutet, dass mit den Referenzsignalen $\mathbf{T}$ und dem Layout der elektroakustischen Wandleranordnung bzw. deren Impulsantworten $\mathbf{H}_m$ die Referenzmerkmalsvektoren $\mathbf{RY}(\Theta_q)$ und auf die gleiche Weise mit den Quellsignalen $\mathbf{S}$ die Merkmalsvektoren $\mathbf{Y}$ berechnet werden. In Abhängigkeit der Anordnung der Gradientenwandler werden die Referenzsignale $\mathbf{T}$ mit den jeweiligen richtungsabhängigen Verstärkungsfaktoren $\mathbf{h}_{m|\Theta_s}$ der M Kanäle der
20 elektroakustischen Wandleranordnung multipliziert, dabei gilt: $\mathbf{h}_{m|\Theta_s} = [\mathbf{h}_{0|\Theta_s}, \dots, \mathbf{h}_{M-1|\Theta_s}]$. Zusätzlich wird die Positionierung Θ des Lautsprechers zur elektroakustischen Wandleranordnung in Form von Winkel- und Abstandsangabe mit den Referenzmerkmalsvektoren $\mathbf{RY}(\Theta_q)$ für Q Positionen in der Referenzdatenbank $\mathbf{RD}$ vermerkt. Dieser Vorgang wird rund um die elektroakustische Wandleranordnung in beispielsweise 15°
25 Schritten in Q Positionen wiederholt (bei 15° folgt daraus $Q=24$), bis die elektroakustische Wandleranordnung von allen Seiten Referenzsignale $\mathbf{T}$ empfangen hat, die zugehörigen Referenzmerkmalsvektoren $\mathbf{RY}(\Theta_q)$ berechnet und die Winkel- bzw. Abstandangaben in der Referenzdatenbank $\mathbf{RD}$ eingetragen sind.

30 Die Richtung zur Position des Referenzsignals $\mathbf{T}$ ist durch zwei Winkel angegeben: der Azimutalwinkel φ und der Elevationswinkel θ , wobei der Azimutalwinkel φ die Rotation zum Referenzsignalursprung Θ in horizontaler Ebene und der Elevationswinkel θ in vertikaler Ebene beschreiben. Der Winkelursprung des Azimutalwinkels φ hängt von der Ausrichtung

der Wandleranordnung ab und ist dadurch fix vorgegeben und der Winkelursprung des Elevationswinkels θ ist normal zur Bodenebene.

Die Referenzmerkmalsvektoren $RY(\Theta_q)$ berechnen sich aus dem Verhältnis der Betragsfrequenzgänge des Nierenmikrofons zum Betragsfrequenzgang des Kugelmikrofons. Bei $M-1$ Nierenmikrofonen erhält man somit für jede Frequenz $M-1$ charakteristische, d.h. vom Referenzsignal T unabhängige, Merkmalswerte pro Referenzposition Θ . Die Referenzdatenbank RD besteht aus den Q Referenzpositionen Θ und den zugehörigen $m-1$ Betragsfrequenzgangsverhältnissen.

In gleicher Weise werden unbekannte Quellsignale S von der elektroakustischen Wandleranordnung erfasst und gegebenenfalls die Merkmalsvektoren Y berechnet. Woraufhin die Merkmalsvektoren Y mit den Referenzmerkmalsvektoren $RY(\Theta_q)$ mit einer Minimum-Distanzfunktion (MD) verglichen werden, wobei eine Ähnlichkeitskurve erstellt wird. Dieser Vorgang wird für alle Merkmalsvektoren Y wiederholt und daraus die resultierende Ähnlichkeitskurve erstellt, wobei diese aus dem Durchschnitt oder aber auch dem Zentralwert bestimmt werden kann.

Jeder Azimutalwinkel φ_s hat M (Anzahl der Mikrofone) frequenzabhängige Verstärkungsfaktor $h_{m|\Theta_s}$, die zusammen einen Vektor ergeben. Das bedeutet, dass, falls h_{Θ_s} bekannt ist, auch der zugehörige Azimutalwinkel φ_s bekannt ist. Jedoch ist in der Praxis eine Quellposition Θ_s unbekannt und somit auch h_{Θ_s} , nur empfangene Wandlereingangssignale X_m sind bekannt:

$$\frac{X_m}{T} = h_{m|\Theta_s}, \quad (9)$$

$$\frac{X_m}{S} = h_{m|\Theta_s}. \quad (10)$$

Dabei ist zu beachten, dass das Referenzsignal T grundsätzlich immer existent ist. Als Referenzsignal T wird, wie vorher ausführlich erläutert, ein exponentieller Sinus Sweep verwendet, womit dieses Signal deterministisch, analytisch beschreibbar als auch reproduzierbar ist. Zur Detektion der Quellposition Θ wird das omnidirektionale Wandlereingangssignal X_θ verwendet, da bei einem rauschfreien, omnidirektionalen Mikrofon $h_\theta = 1$ gilt, woraus folgt: $T = X_\theta$ bzw. $S = X_\theta$. Unter diesen optimalen Bedingungen gilt:

$$RY_m = \frac{X_m}{X_0}, \quad (11)$$

$$Y_m = \frac{X_m}{X_0}. \quad (12)$$

Durch Gleichung (Gl.) 11 und Gl. 12 kann jetzt der Referenzmerkmalsvektor $RY(\Theta_q)$ bzw. der Merkmalsvektor Y für alle m Kanäle berechnet werden: $Y = (Y_1, \dots, Y_{m-1})^T$, wobei Y_0 nicht berücksichtigt wird, da Y_0 keine Information beinhaltet. Zusätzlich ist der Referenzmerkmalsvektor $RY(\Theta_q)$ unabhängig vom Referenzsignal T , aufgrund der Gl. 9 und Gl. 10:

$$RY_m = \frac{T \cdot h_{m|\Theta_s}}{T \cdot h_{0|\Theta_s}} = \frac{h_{m|\Theta_s}}{h_{0|\Theta_s}}. \quad (13)$$

Die Merkmalsvektoren Y werden genauso wie die Referenzmerkmalsvektoren $RY(\Theta_q)$ bestimmt, wobei zu beachten ist, dass die Referenzmerkmalsvektoren $RY(\Theta_q)$ aus den gespeicherten Referenzsignalen T bestimmt werden, während die Merkmalsvektoren Y zur Laufzeit aus den Quellsignalen S ermittelt werden.

Die ankommenden Referenzsignale T werden blockweise verarbeitet und jeder Signalblock mittels der Schnellen Fourier Transform (FFT) in die Frequenzdomäne transformiert. Durch eine geeignete Spitzenwertbestimmung (z.B. peak picking) wird eine festgelegte Anzahl p von mindestens einem Spitzenwert im jeweiligen Signalblock erfasst. Ist eine solche Spitzenfrequenz nicht in der Referenzdatenbank RD enthalten, wird einfach die nächstgelegene Frequenz, die in der Referenzdatenbank RD zur Verfügung steht, gewählt.

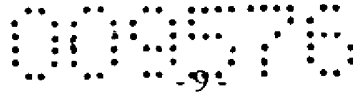
20

Eine den Transformationen verwandte Methode der Signalzerlegung im Frequenzbereich ist die Bandpass Filterbank. Das klassische Beispiel hierfür ist der „Real-Time Analyzer“, der ein Signal mit 30 Terzband-breiten Bandpassfiltern zerlegt, bei vergleichsweise grober Frequenzauflösung ist die Zeitauflösung sehr gut. Hingegen eine digitale Variante der Filterbank ist ein kaskadiertes Paar spiegelbildlich komplementärer FIR-Filter (Finite Impulse Response-Filter), Tiefpass und Hochpass.

25

Nun wird für jede der p Frequenzen die Ähnlichkeit für alle Referenzwinkel bestimmt, was eine Anzahl von p Ähnlichkeitskurven ergibt. Diese werden dann gemittelt und ergeben die durchschnittliche Ähnlichkeitskurve, deren Maximum bei derjenigen Referenzposition liegt,

30



die der Quellposition Θ am nächsten ist.

Genauer gesagt erhält man die Ähnlichkeitskurve durch den Vergleich des Merkmalsvektors Y mit den Referenzmerkmalsvektoren $RY(\Theta_q)$ in der Referenzdatenbank RD , welche Q Positionen enthält, wobei die p -Norm (für $p=2$ entspricht dies der euklidischen Distanzfunktion) oder aber auch die Winkelabweichung in gleicher Weise herangezogen werden kann.

Die auf der p -Norm basierende Ähnlichkeit Sim_p lautet:

$$\text{Sim}_p\{Y, RY\} = \frac{1}{1 + \|(Y - RY)\|_p}. \quad (14)$$

Die auf der Winkelabweichung (Kosinus-Funktion) basierende Ähnlichkeit $\text{Sim}_{\cos}$ lautet:

$$\text{Sim}_{\cos}\{Y, RY\} = \frac{Y^T \cdot RY}{\|Y\|_2 \cdot \|RY\|_2}. \quad (15)$$

Dabei ist die Ähnlichkeit zwischen Y und $RY(\Theta_q)$ gegeben durch:

$$S(\Theta_q) = \text{Sim}\{Y, RY(\Theta_q)\}. \quad (16)$$

Gl. 16 ist eine Funktion, basierend auf der Referenzposition Θ_q in der Referenzdatenbank RD und wird als Ähnlichkeitskurve bezeichnet, da die Minimum-Distanz (MD) der maximalen Ähnlichkeit entspricht. Damit gilt für die Quellposition $\hat{\Theta}_s$:

$$\hat{\Theta}_s = \underset{\Theta_q}{\text{argmax}}\{S(\Theta_q)\}. \quad (17)$$

Dabei setzt sich die resultierende Ähnlichkeitskurve aus dem Durchschnitt oder dem Zentralwert der einzelnen Ähnlichkeitskurven zusammen.

Im Falle von mehreren gleichzeitig auftretenden Quellsignalen S hängt der Maximalwert der resultierenden Ähnlichkeitskurve davon ab, wie verschieden die Azimutalwinkel der Quellsignale S liegen. In einem Extremfall von 180° Unterschied hat die Ähnlichkeitskurve einen Verlauf von omnidirektionalem Rauschen η .

Wenn eine eindeutige Richtungsinformation vorliegt, dann ist die Ähnlichkeitskurve bei dieser Richtung entsprechend scharf ausgeprägt – d.h. diese Richtung weist einen großen Ähnlichkeitswert auf während für die anderen Richtungen entsprechend kleine Werte

vorliegen. Berechnet man für diesen konkreten Fall die Streuung (Varianz der Abweichungen) der Ähnlichkeitswerte, dann ist diese groß. Falls jedoch die Richtung nicht eindeutig ist, liegen in der Ähnlichkeitskurve nahezu keine Unterschiede zwischen den Richtungen vor, womit die resultierende Streuung in diesem Fall klein ist.

5

Um festzustellen, ob die ermittelte Detektionsgüte zur Weiterverfolgung des Quellsignals S ausreichend ist, wird für die berechnete Streuung eine zuvor empirisch ermittelte Referenzvarianz verwendet. Im Betrieb wird dann die resultierende Varianz aus der resultierenden Ähnlichkeitskurve bestimmt. Anschließend wird die resultierende Varianz durch die zuvor empirisch ermittelte Referenzvarianz dividiert, woraus folgt:

10

- Ist der resultierende Wert QR nahe 0, so werden die zuvor detektierten Positionen zur Bestimmung der aktuellen Position Θ des Quellsignals S herangezogen.
- Ist der resultierende Wert $QR \leq 1$ und $QR \gg 0$, so liegt eine gut ortbare Quelle vor und es wird dieser Signalblock zur Positionsbestimmung Θ des Quellsignals S verwendet.

15

Die Bestimmung der einzelnen Grenzen kann vom Fachmann anhand einiger Tests durchgeführt werden.

Die aktuelle Richtung des Quellsignals S wird nicht nur durch die momentan detektierte Ähnlichkeitskurve, sondern auch durch die davor detektierten Ähnlichkeitskurven bestimmt.

20

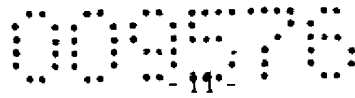
Steigt das omnidirektionale Rauschen η , so ist auch das auftretende Signal-Rauschverhältnis (SNR) wesentlich schlechter.

25

Als günstig hat es sich erwiesen eine Vorselektion des Eingangsdatensignals durchzuführen. Möchte man beispielsweise einen Sprecher / eine Sprecherin orten, dann sollte zumindest eine Information vorliegen ob Sprache vorhanden ist oder nicht.

30

Zur Verbesserung der Robustheit des Richtungsdetektionsalgorithmus in geräuschbehafteten Umgebungen werden die in idealen, geräuschlosen Umgebungen ermittelten Referenzkurven durch Beaufschlagung eines Offsets angepasst. D.h. man verwendet unterschiedliche, vom Signal-Rauschverhältnis (SNR) abhängige Referenzdatensätze, welche künstlich erzeugt und/oder durch entsprechende Messungen gewonnen werden.



Das erfindungsgemäße Verfahren kann folgendermaßen formuliert werden:

Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsposition Θ eines akustischen Quellsignals S bezüglich einer elektroakustischen Wandleranordnung, mit einer Referenzdatenbank RD , welche von einem Messvorgang Referenzsignale T mit zugehörigen Q Referenzpositionen Θ_q in Form von Winkelangaben und gegebenenfalls Entfernungen des Referenzsignals T gespeichert hat, wobei die Positionsbestimmung durch Vergleich des Quellsignals S mit den gespeicherten Referenzsignalen T erfolgt, wobei aus den Referenzsignalen T Referenzmerkmalsvektoren RY und aus den Quellsignalen S Merkmalsvektoren Y gewonnen werden, sowie dass die Merkmalsvektoren Y durch die Referenzmerkmalsvektoren RY zu einer die Position Θ und die Güte des Quellsignals S repräsentierenden Ähnlichkeitskurve zusammengesetzt werden.

Verfahren nach obigem Absatz, wobei das Quellsignal S mittels einer Fensterung zeitlich begrenzt wird.

Verfahren nach zumindest einem der obigen Absätze, wobei das Quellsignal S mittels einer Schnellen Fourier Transformation (FFT) in den Frequenzbereich transformiert wird.

Verfahren nach zumindest einem der obigen Absätze, wobei das Quellsignal (S) mittels einer Bandpass-Filterbank im Frequenzbereich zerlegt wird.

Verfahren nach zumindest einem der obigen Absätze, wobei die Ähnlichkeitskurve aus der Differenz eines Merkmalsvektors Y und zumindest eines aus der Referenzdatenbank RD kommenden Referenzmerkmalsvektors $RY(\Theta_q)$ bestimmt wird.

Verfahren nach zumindest einem der obigen Absätze, wobei die Ähnlichkeit zwischen den Merkmalsvektoren Y und den Referenzmerkmalsvektoren RY durch ein Distanzmaß festgelegt wird: $S = \text{Sim}\{Y, RY\}$.

Verfahren nach zumindest einem der obigen Absätze, wobei die Bestimmung der Ähnlichkeit gemäß der Formulierung $\text{Sim}_p\{Y, RY\} = \frac{1}{1 + \|(Y - RY)\|_p}$ erfolgt.

Verfahren nach zumindest einem der obigen Absätze, wobei die Bestimmung der Ähnlichkeit

gemäß der Formulierung $\text{Sim}_{\cos}\{\mathbf{Y}, \mathbf{RY}\} = \frac{\mathbf{Y}^T \cdot \mathbf{RY}}{\|\mathbf{Y}\|_2 \cdot \|\mathbf{RY}\|_2}$ erfolgt.

Verfahren nach zumindest einem der obigen Absätze, wobei im Falle mehrerer $\mathbf{p}$ Merkmalsvektoren $\mathbf{Y}$ die resultierende Ähnlichkeitskurve aus dem Durchschnitt der jeweiligen $\mathbf{p}$ Ähnlichkeitskurven gebildet wird.

- 5 Verfahren nach zumindest einem der obigen Absätze, wobei im Falle mehrerer $\mathbf{p}$ Merkmalsvektoren $\mathbf{Y}$ die resultierende Ähnlichkeitskurve aus dem Zentralwert der jeweiligen $\mathbf{p}$ Ähnlichkeitskurven gebildet wird.

- Verfahren nach zumindest einem der obigen Absätze, wobei jener Merkmalsvektor $\mathbf{Y}$, welcher zu allen Referenzmerkmalsvektoren $\mathbf{RY}(\Theta_q)$ die minimalste Differenz aufweist, zur
10 Bestimmung der Ausgangsposition Θ des Quellsignals $\mathbf{S}$ herangezogen wird.

Verfahren nach zumindest einem der obigen Absätze, wobei eine Vorselektion des Quellsignals $\mathbf{S}$ erfolgt.

- Verfahren nach zumindest einem der obigen Absätze, wobei die aktuelle Richtung zur Ausgangsposition Θ des Quellsignals $\mathbf{S}$ durch die momentan detektierte Richtung und die
15 davor detektierten Richtungen bestimmt wird.

- Verfahren nach zumindest einem der obigen Absätze, wobei die Referenzmerkmalsvektoren $\mathbf{RY}(\Theta_q)$ mit Signal-Rauschverhältnis (SNR) abhängigen Referenzdatensätzen beaufschlagt werden.

20

Verfahren nach zumindest einem der obigen Absätze, wobei die Signal-Rauschverhältnis (SNR) abhängigen Referenzdatensätze künstlich und/oder durch Messungen erzeugt werden.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Bestimmung der Ausgangsposition (Θ) eines akustischen Quellsignals (S) bezüglich einer elektroakustischen Wandleranordnung, mit einer Referenzdatenbank (RD), welche von einem Messvorgang Referenzsignale (T) mit zugehörigen (Q) Referenzpositionen (Θ_q) in Form von Winkelangaben und gegebenenfalls Entfernungen des Referenzsignals (T) gespeichert hat, wobei die Positionsbestimmung durch Vergleich des Quellsignals (S) mit den gespeicherten Referenzsignalen (T) erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus den Referenzsignalen (T) Referenzmerkmalsvektoren (RY) und aus den Quellsignalen (S) Merkmalsvektoren (Y) gewonnen werden, sowie dass die Merkmalsvektoren (Y) durch die Referenzmerkmalsvektoren (RY) zu einer die Position (Θ) und die Güte des Quellsignals (S) repräsentierenden Ähnlichkeitskurve zusammengesetzt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Quellsignal (S) mittels einer Fensterung zeitlich begrenzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Quellsignal (S) mittels einer Schnellen Fourier Transformation (FFT) in den Frequenzbereich transformiert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Quellsignal (S) mittels einer Bandpass-Filterbank im Frequenzbereich zerlegt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Ähnlichkeitskurve aus der Differenz eines Merkmalsvektors (Y) und zumindest eines aus der Referenzdatenbank (RD) kommenden Referenzmerkmalsvektors ($RY(\Theta_q)$) bestimmt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Ähnlichkeit zwischen den Merkmalsvektoren (Y) und den Referenzmerkmalsvektoren (RY) durch ein Distanzmaß festgelegt wird: $S = \text{Sim}\{Y, RY\}$.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung der

Ähnlichkeit gemäß der Formulierung $\text{Sim}_p\{\mathbf{Y}, \mathbf{RY}\} = \frac{1}{1 + \|\mathbf{Y} - \mathbf{RY}\|_p}$ erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung der

Ähnlichkeit gemäß der Formulierung $\text{Sim}_{\cos}\{\mathbf{Y}, \mathbf{RY}\} = \frac{\mathbf{Y}^T \cdot \mathbf{RY}}{\|\mathbf{Y}\|_2 \cdot \|\mathbf{RY}\|_2}$ erfolgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Falle
5 mehrerer (p) Merkmalsvektoren ($\mathbf{Y}$) die resultierende Ähnlichkeitskurve aus dem Durchschnitt der jeweiligen (p) Ähnlichkeitskurven gebildet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Falle
mehrerer (p) Merkmalsvektoren ($\mathbf{Y}$) die resultierende Ähnlichkeitskurve aus dem Zentralwert der jeweiligen (p) Ähnlichkeitskurven gebildet wird.

10 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass jener Merkmalsvektor ($\mathbf{Y}$), welcher zu allen Referenzmerkmalsvektoren ($\mathbf{RY}(\Theta_i)$) die minimalste Differenz aufweist, zur Bestimmung der Ausgangsposition (Θ) des Quellsignals (S) herangezogen wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine
15 Vorselektion des Quellsignals (S) erfolgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die aktuelle Richtung zur Ausgangsposition (Θ) des Quellsignals (S) durch die momentan detektierte Richtung und die davor detektierten Richtungen bestimmt wird.

20 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzmerkmalsvektoren ($\mathbf{RY}(\Theta_i)$) mit Signal-Rauschverhältnis (SNR) abhängigen Referenzdatensätzen beaufschlagt werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Signal-Rauschverhältnis
25 (SNR) abhängigen Referenzdatensätze künstlich und/oder durch Messungen erzeugt werden.

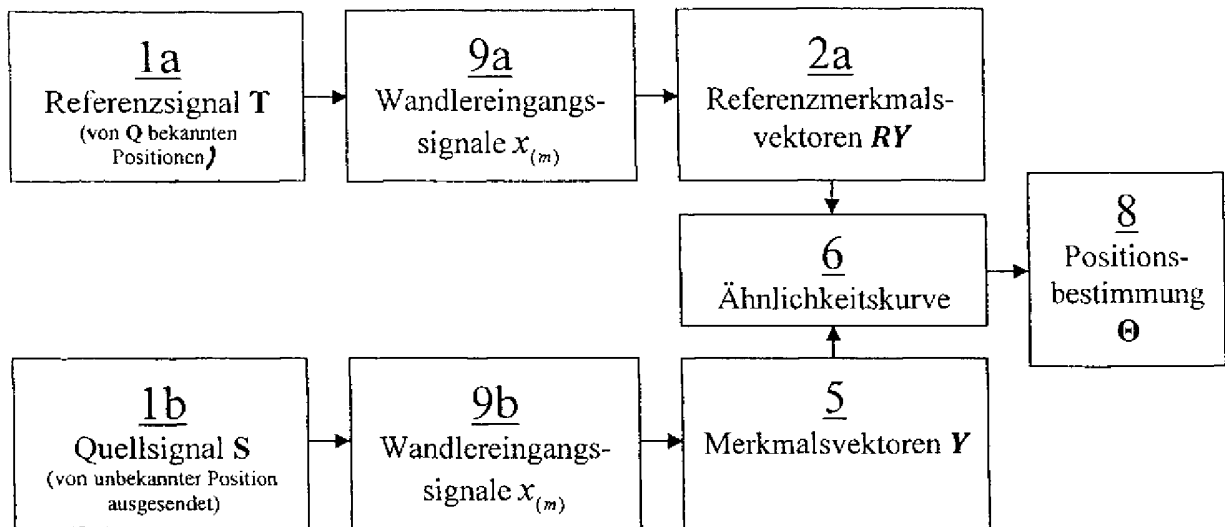


Fig. 1

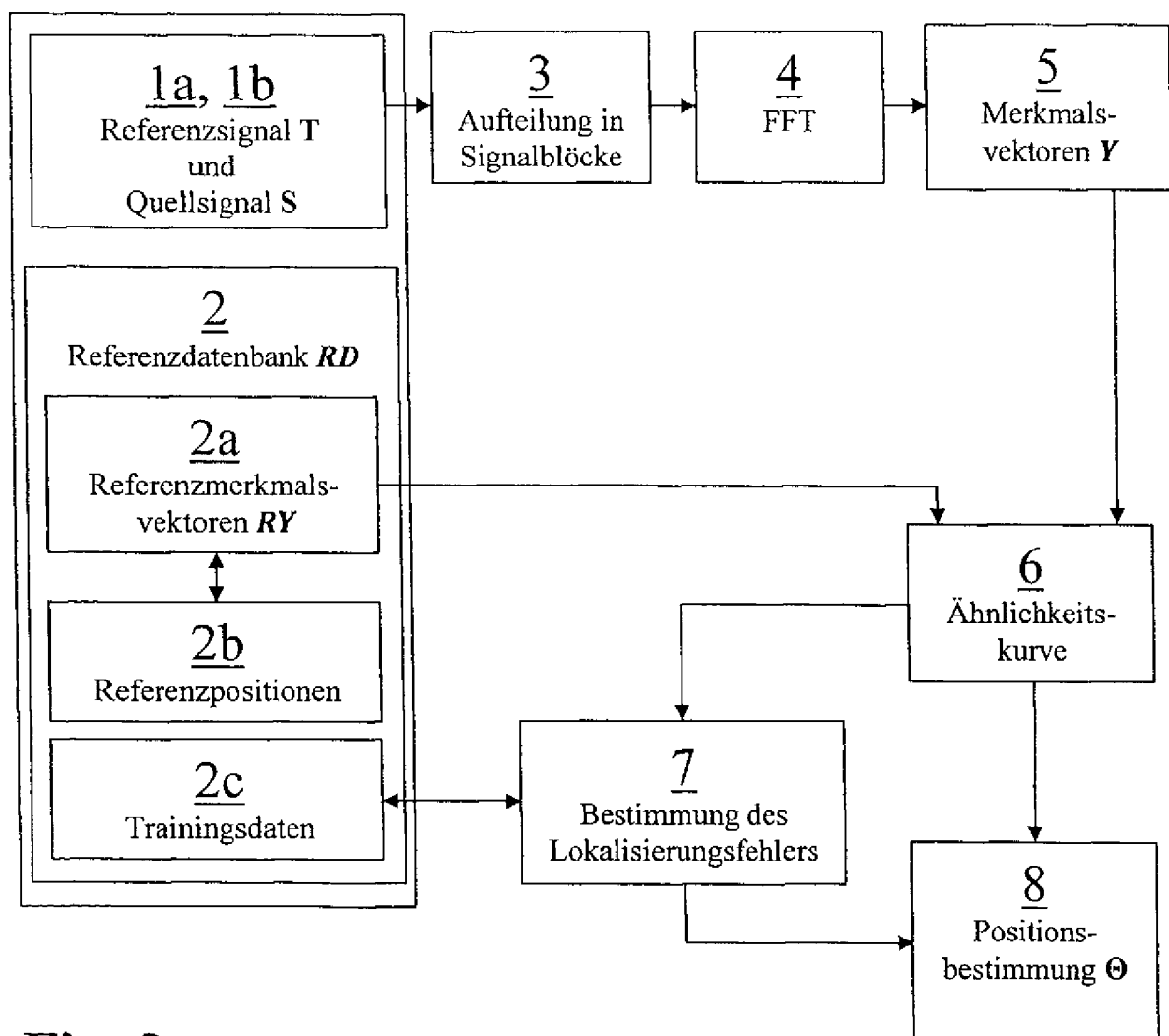


Fig. 2

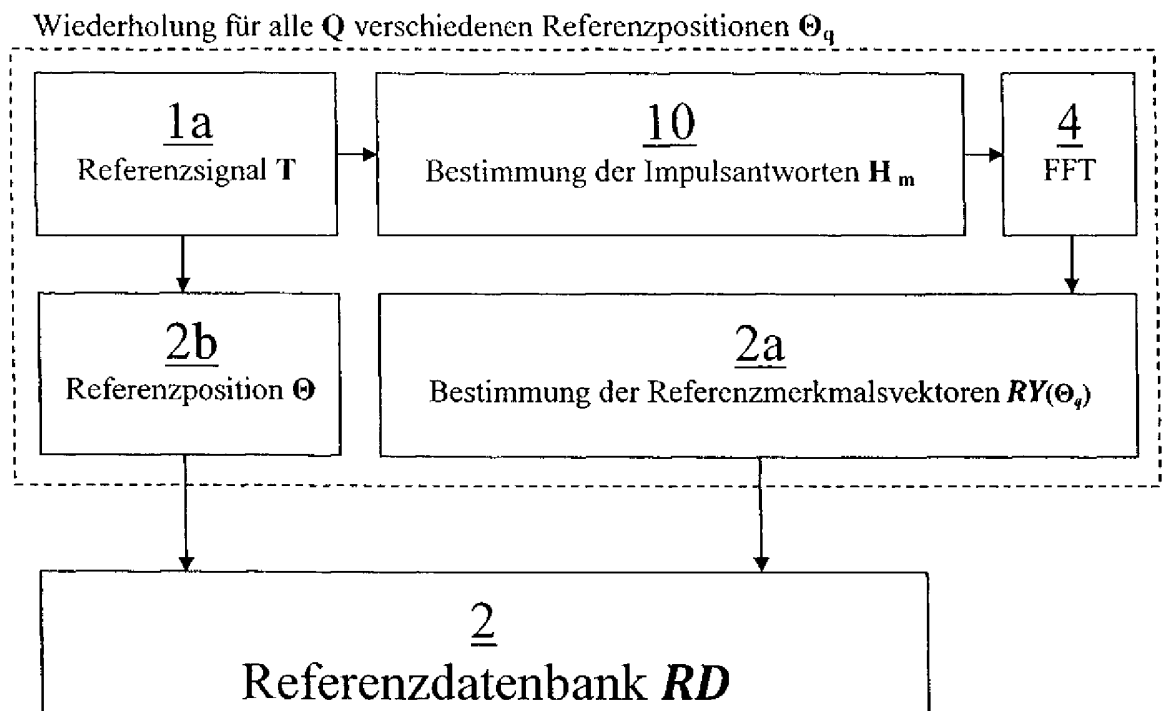
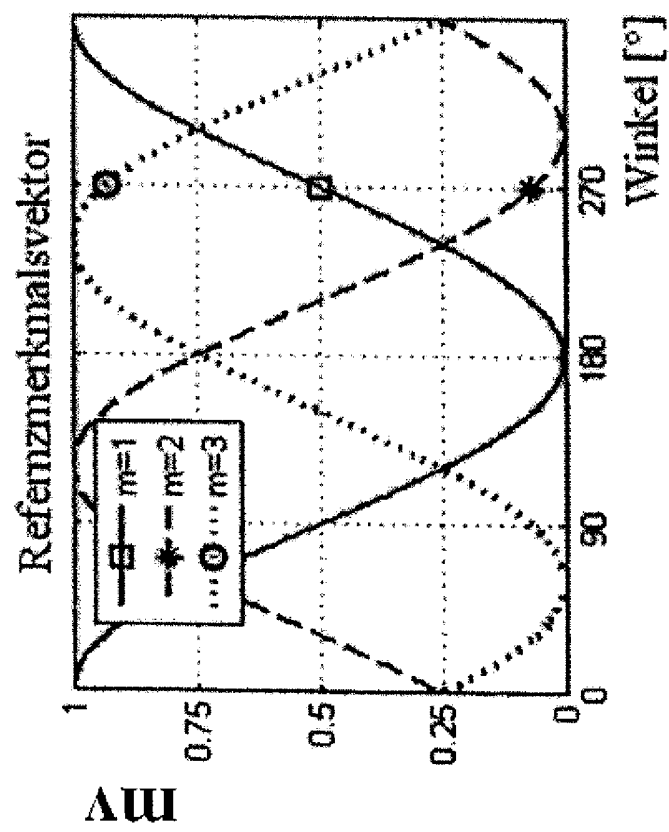
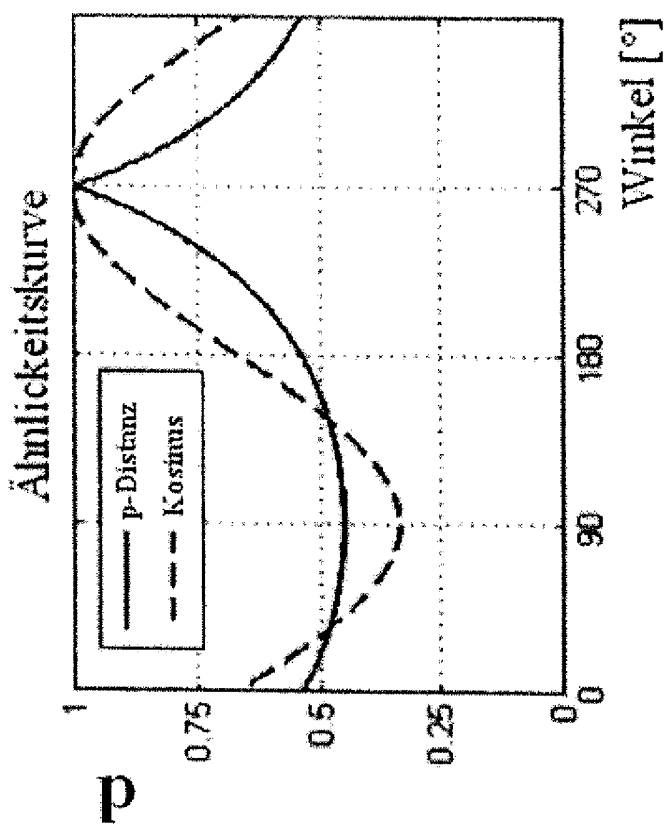


Fig. 3



a



b

Fig. 4

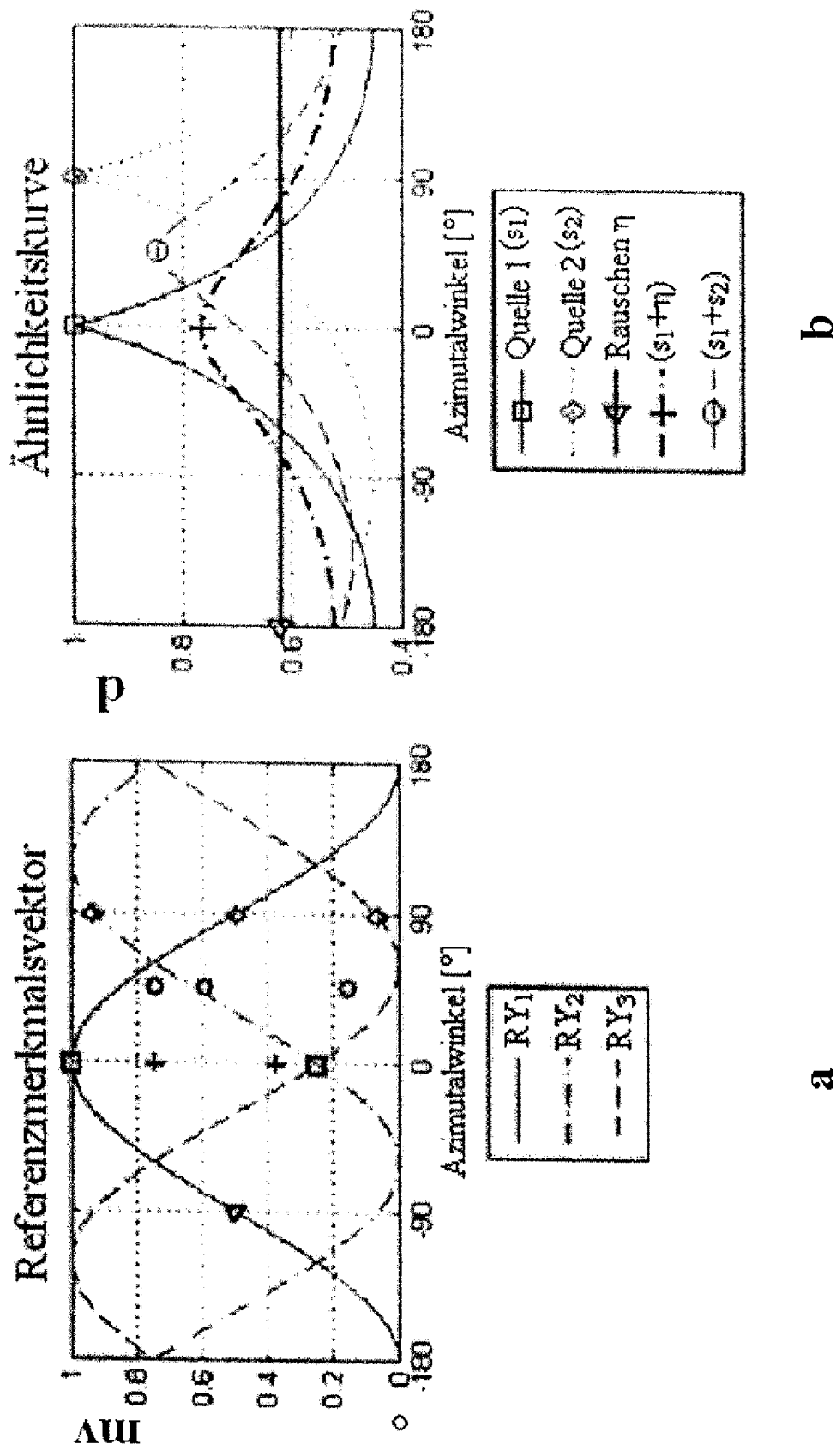


Fig. 5

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁸ : H04R 1/38 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: H04R 1/38		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):		
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, EPODOC		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 8. September 2010 eingereichten Ansprüchen 1-15 erstellt		
Kategorie ⁹	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	WO 03044516 A1 (Lundgaard) 30. Mai 2003 (30.05.2003) <i>Zusammenfassung; Anspr. 1</i> --	1
A	WO 03101150 A1 (Pellegrini and Rosenthal) 4. Dezember 2003 (04.12.2003) <i>Zusammenfassung; Fig. 1; Anspr. 1-3</i> --	1
A	US 5850455 A (Arnold and Bates) 15. Dezember 1998 (15.12.1998) <i>Zusammenfassung; Fig. 1; Anspr. 1, 10</i> ----	1
Datum der Beendigung der Recherche: 23. März 2011		☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt
		Prüfer(in): Dr. GRÖSSING
⁸ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht. Schutz ist in Österreich möglich, wurde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist		