



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 940 789 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
08.09.1999 Patentblatt 1999/36(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G08B 17/10

(21) Anmeldenummer: 99103015.6

(22) Anmeldetag: 15.02.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 06.03.1998 DE 19809763

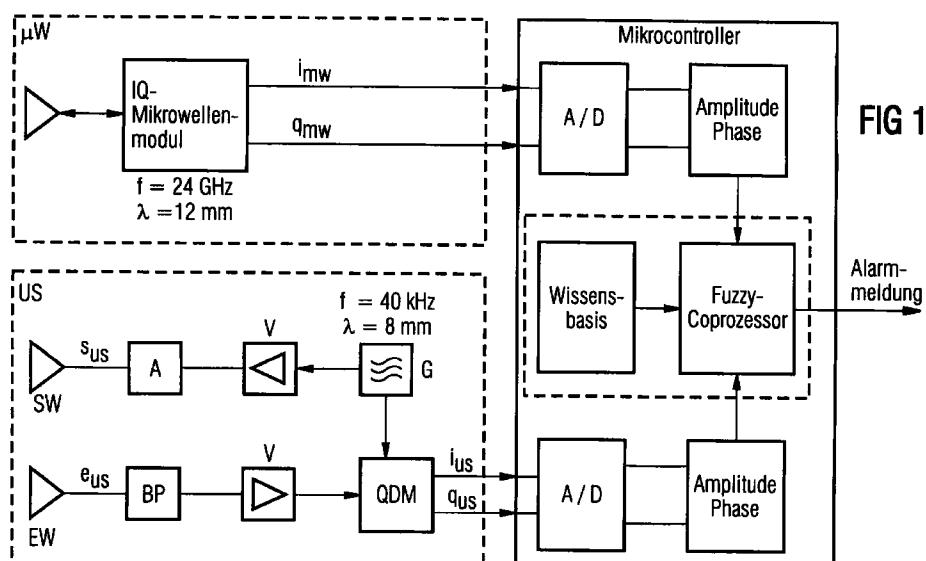
(71) Anmelder:  
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)

(72) Erfinder:  
• Magori, Valentin Dr.  
81539 München (DE)  
• Ruser, Heinrich  
81541 München (DE)

## (54) Verfahren und Sensor zur Brandmeldung

(57) Ein kombinierter Sensor zur Brandmeldung beinhaltet Sende/Empfangs-Einheiten für Ultraschall und entweder Mikrowelle oder Licht oder für sämtliche Wellenarten. Das Verfahren zur Auswertung verarbeitet die reflektierten und empfangenen Signale so, daß für

den Fall eines veränderten Ultraschall-Empfangssignales eine Branddetektion vorliegt, wenn nicht gleichzeitig bei einer weiteren Wellenart eine Bewegung registriert wird.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und einen Sensor zur Brandmeldung, wobei ausgesandte Signale zwischen einer Sendeeinheit und einer Empfangseinheit den zu überwachenden Bereich passieren und reflektiert werden.

[0002] Automatischen Brandmeldern kommt in Sicherheitssystemen im privaten Haushalt und in öffentlichen Einrichtungen grundlegende Bedeutung zu. Zur schnellen Einleitung von Löschmaßnahmen ist es wichtig, daß ein Brandherd möglichst schon während seiner Entstehung detektiert und lokalisiert wird. Ein Brand läßt sich dabei in folgende Phasen einteilen, wobei jeweils unterschiedliche detektierbare Materien freigesetzt werden, [1] :

- 1.) Anfangsphase (kleine unsichtbare Rauchpartikel),
- 2.) Schwellphase (größere sichtbare Rauchpartikel),
- 3.) Flammenphase (elektromagnetische Energie und Schallenergie, Gase),
- 4.) Hitzephase (Wärme, Gase).

[0003] Die vier Phasen laufen je nach Brandart zeitlich aufeinanderfolgend oder fast parallel ab. Für eine optimale Branderkennung mit hoher Empfindlichkeit und gleichzeitig hoher Sicherheit gegenüber falschen Alarmen ist somit eine Detektion möglichst vieler Brandmerkmale, wie beispielsweise Rauch, Gase, Hitze, notwendig, da jede Komponente für sich genommen nicht unbedingt ein Feuer als Ursache haben muß (z. B. Zigarettenrauch, Sonneneinstrahlung, Heizkörperwärme). Aus diesem Grund vereinen konventionelle Brandmelder verschiedene Systeme zur Detektion von Rauch und Gasen und zur Temperaturbestimmung [2].

[0004] Die Mehrzahl der Gebäudebrände beginnt, bedingt durch den hohen Kunststoffanteil der Einrichtung, mit starker Rauch- und Rauchgasentwicklung. Für eine Brandfrüherkennung spielen somit Rauchmelder eine wichtige Rolle. Hier werden hauptsächlich optische Melder und Ionisationsmelder eingesetzt [3]. Ionisationsmelder unterliegen aufgrund der Freisetzung radioaktiver  $\alpha$ -Strahlung strengen Auflagen und sind daher u.a. im privaten Bereich nicht einsetzbar. Bei optischen Meldern erfolgt die Auswertung von Luftproben in einer bis zu 4 cm großen Rauchkammer, wohin die Luftproben zugeführt werden müssen. Für eine optimale Raumüberwachung muß also für eine günstige Luftzirkulation gesorgt werden bzw. die Anzahl der Melder muß groß sein und gleichmäßig im Raum verteilt werden. Gleichzeitig ist die Rauchdetektion, wie erwähnt, für eine Branderkennung nicht immer ausreichend, so daß zur Wärmedetektion zusätzliche Temperaturfühler angebracht werden müssen, wobei jedoch die Regeln der Anbringung denen der Rauchmelder entgegenstehen (nicht in der Nähe von Heizkörpern und gerade

nicht in der Nähe von Lüftungen). Ein weiterer Nachteil optischer Melder ist die Anfälligkeit gegenüber falschen Alarmen: Aus einem nichtkonstanten Signalpegel des ausgesendeten Signals, aus Temperaturschwankungen, Alterungerscheinungen oder verschiedenen Diffraktions- und Beugungerscheinungen resultiert eine Schwächung des Lichtstrahls, aus der fälschlicherweise auf Rauch auf dem Weg vom Sender zum Empfänger geschlossen wird.

[0005] Ziel einer aussagekräftigen Brandfrüherkennung ist es, die Empfindlichkeit gegenüber Merkmalen in der Frühphase des Brandes zu erhöhen und gleichzeitig die Möglichkeit eines falschen Alarms zu minimieren.

[0006] Die Lösung dieser Aufgabe geschieht durch die Merkmale des Anspruches 1 bzw. 15.

[0007] In der Erfindung wird ein kombinierter Brandmelder auf Mikrowellen- und Ultraschallbasis, oder auch in Kombination mit Licht, beschrieben, welcher erfindungsgemäß Mikrowellen- und Ultraschallsignale aussendet und die Störung der normalerweise, d. h. im Nicht-Brandfall, gegebenen Dopplerfrequenz - Kohärenz [4] zwischen den Mikrowellen-Empfangssignalen und den Ultraschall-Empfangssignalen als Erkennungskriterium nutzt. Mit der Umkehrung des Koinzidenzprinzips kann das neue Verfahren als „Anti-Inzidenz“-Verfahren bezeichnet werden.

[0008] Vorteilhafte Ausgestaltungen können den Unteransprüchen entnommen werden.

[0009] Durch intelligente Signalauswertung können mehrere Brandmerkmale allein schon aus dem Schallsignal extrahiert werden:

- 1) Rauch auf dem Übertragungsweg vom Sensor zum Empfänger ruft einen Pegelverlust der Schallwelle aufgrund von Absorption und Diffraktion her vor,
- 2) eine Wärmeentstehung bewirkt einer veränderte Schallgeschwindigkeit und Dopplerverschiebungen durch die Luftturbulenzen auf dem Übertragungsweg,
- 3) Flammen verursachen charakteristische rhythmische Veränderungen der Dopplerfrequenz (Flakkerbewegungen).

[0010] Durch eine Auswertung der Signalamplitude und des Spektrums ist damit eine eingeschränkte Branderkennung mit nur einem Sensortyp realisierbar. Die hohe Falschalarmwahrscheinlichkeit macht einen akustischen Brandmelder jedoch unzuverlässig. Die Zuverlässigkeit der Branddetektion wird durch den parallelen Einsatz eines zweiten Sensors, der auf einem anderen physikalischen Prinzip beruht, wesentlich erhöht. Dies kann beispielsweise ein Mikrowellendetektor sein.

[0011] Die Kombination des akustischen Detektors mit einem Mikrowellensensor hat dabei den Vorteil, daß Mikrowellensignale als Referenz verwendet werden

können, da sie durch Rauch oder Wärmeerscheinungen auf dem Ausbreitungsweg kaum berührt werden, während die von Objekten im Raum reflektierten Signale, werden sie etwa von der selben Stelle aus in den zu überwachenden Raum ausgesandt, kohärente Dopplerfrequenzen besitzen, d.h. sie verhalten sich reziprok zur jeweiligen Wellenlänge von Ultraschall und Mikrowelle. Treten also im Raum bei den Ultraschallsignalen fluktuiierende Veränderungen auf, welche im Mikrowellensignal nicht beobachtet werden, so ist dies ein Hinweis auf entsprechende Fluktuationen im Ausbreitungsmedium, welche bei einem entstehenden Brand typisch sind, wie Aufsteigen von Luft und Brandgase. Die Ausnutzung des Mikrowellen-Ultraschall-Koinzidenzprinzips ermöglicht somit eine empfindliche und zuverlässige Branddetektion. Zudem wird damit eine zum Bewegungsmelder [5;6;7] zusätzliche wichtige Nutzung des Mikrowellen-Ultraschall-Dopplerfrequenz-Prinzips vorgeschlagen.

**[0012]** Im kombinierten Brandmelder können verschiedene Signalformen (CW, FMCW, Impuls; Continuous Wave; Frequency Modulated-CW) zur Anwendung kommen. Werden unmodulierte Dauерstrichsignale (CW-Signale) verwendet, können grundsätzlich nur Bewegungen detektiert werden. Die Dopplerverschiebungen können über die Bestimmung der Signalphase oder mittels Spektralanalyse mit FFT (Fast Fourier Transformation) ausgewertet werden. Die Signifikanz der Aussage wird erhöht, wenn das Alarmkriterium für mehrere hintereinanderliegende Auswertebereiche erfüllt sein muß, bevor auf Brand geschlossen wird.

**[0013]** Verschiedene Brandarten besitzen typische Spektren, welche in einer Datenbank abgelegt und zum Vergleich herangezogen werden können. Für eine Klassifikation können neuronale Netze oder Methoden der Fuzzy Logik vorteilhaft angewendet werden [8]. Die Einteilung der Signalparameter der Ultraschall- und Mikrowellen-Empfangssignale zur Entscheidungsfindung, beispielsweise Signalpegel, Ausbreitungsdämpfung, Flackerfrequenz, detektierte Objektabstände, ist oft nur unter Berücksichtigung bestimmter übergreifender Regeln und deren Abarbeitung mittels „unscharfer“ (fuzzy) Logik oder eines trainierten Entscheidungsnetzwerkes möglich.

**[0014]** Mit dem Einsatz von frequenzmodulierten Dauерstrichsignalen (FMCW-Signalen) kann die Entfernung zu Objekten bestimmt werden. Ein periodisch frequenzmoduliertes Signal wird ausgesendet, an einem Objekt reflektiert und erreicht den Empfänger: Die Frequenz des Differenzsignals aus Sende- und Empfangssignalen ist dann proportional zum Objektabstand. Wenn Ultraschall- und Mikrowellensignale auf einen gemeinsamen Reflektor ausgerichtet werden, kann ein Störeinfluß beispielsweise durch den vom Ultraschallsensor unter verändertem Abstand gegenüber dem Mikrowellensignal detektierten Reflektor erkannt werden. Damit muß der Abstand zum jeweiligen Objekt vorher nicht bekannt

sein. Da für Ultraschall-FMCW-Systeme im Vergleich zu Mikrowellensystemen eine große relative Bandbreite realisierbar ist und die Entfernungsauflösung, beispielsweise durch Interpolation des Spektrums, leicht im Bereich von einigen Millimetern liegt, kann durch die Verfolgung des Abstandes zu einem starken Reflexionsobjekt, beispielsweise einer senkrechten Wand, welche durch die Mikrowellenreferenz als feststehend erkannt wurde, die Veränderung der Schallgeschwindigkeit aufgrund einer Wärmeentwicklung verfolgt werden. Werden gleichzeitig Flackerfrequenzen im Spektrum festgestellt, die wiederum im Mikrowellensignal fehlen, kann auf Brand als Ursache geschlossen werden. Eine Fuzzy-Auswertung, die Nutzung einer Datenbank oder die Integration über mehrere Auswertebereiche (sweep-Intervalle) erhöhen auch hier die Signifikanz der Aussage. Mit FMCW-Signalen wird außerdem eine Lokalisierung des Brandherdes über eine Strecke von mehreren Metern hinweg möglich. Eine Abgrenzung des Erfassungsbereiches wird mit einfachen Mitteln, wie beispielsweise Tiefpaß, erreicht. **[0015]** Man kann bei entfernungsauflösenden Verfahren, wie Laufzeitverfahren, FMCW, Korrelationsverfahren mit PN-Code (Pseudo-Noise) Objekte aufgrund ihres Abstandes unterscheiden und insbesondere im Sinne der vorliegenden Erfindung erkennen, vor welchem der Objekte eine fluktuiierende Störung vorhanden ist. Damit können entstehende Brandherde lokalisiert werden. Durch jeweils getrennte Ultraschall- und Mikrowellen-Sensoren ist dabei sogar die Möglichkeit einer zweidimensionalen Erkennung gegeben. **[0016]** Die Werkzeuge der beschriebenen Auswertung, wie Quadraturdemodulation, Arcustangens-Berechnung, Phasenverfolgung, Schwellenauswertung, ggf. Hilberttransformation und FFT werden in gleicher Weise zur Bewegungsdetektion genutzt, so daß die beiden Alarmmelder, Feuer- und Einbruchalarm, ohne zusätzliche Hardware zu einem universellen leistungsfähigen Raumüberwachungssystem kombiniert werden können. Das beschriebene Auswerteprinzip läßt sich vorteilhaft mit Digitalsignalen umsetzen, vorzugsweise auf einem Mikrocontroller oder Digitalen Signalprozessor (DSP). Der beschriebene Brandmelder hat den Charakter eines Streckensensors: die zu sensierenden Größen beeinflussen das ausgesendete Signal auf dem Ausbreitungsweg. Der Empfindlichkeitsbereich des Sensors entspricht somit seinem Erfassungsbereich, der sich aus der Reichweite und dem Öffnungswinkel der Abstrahlung ergibt. Damit sind für eine Überdeckung des gesamten Raumbereiches deutlich weniger Brandmelder vonnöten als mit herkömmlichen Punktmeldern, wie optischen Meldern und Ionisationsmeldern. Eine optimale Anbringung der Sensoren kann durch Rauchversuche mit Testfeuern ermittelt werden, wobei sich ein spezifisches Sensibilitätsprofil für den Raum ergibt. In normalgroßen Räumen wird oft ein Melder ausreichen, der auch die Funktion des Bewegungsmelders umfaßt.

[0017] Durch die Kombination mit einem aktiven oder passiven IR-Detektor (Infrarot) mit Strahlenfächern wird eine laterale Zuordnung des Brandherdes möglich, womit seine Lokalisierung verbessert wird. Mit dem Einsatz eines aktiven IR-Detektors ist zusätzlich eine Abstandsmessung zu räumlich positionierten Objekten gegeben. Im Extremfall kann daraus berechnet werden, wie die Mikrowellensignale auszusehen haben - es ergibt sich also ein „virtueller Mikrowellen-Dopplersensor“.

[0018] Ein aktiver IR-Detektor könnte somit anstelle des Mikrowellensensors die „Kontrolle“ des Ultraschallsensors übernehmen oder zusätzlich zu erhöhten Sicherheit gegen Störsignale eingesetzt werden.

[0019] Im folgenden werden anhand von schematischen Figuren Ausführungsbeispiele beschrieben:

Fig 1 zeigt ein Blockschaltbild eines kombinierten Mikrowellen- Ultraschall-Brandmelders mit Fuzzy-Auswertung auf einem Mikrocontroller und Fuzzy-Kompressor,

Fig 2 zeigt ein Blockschaltbild eines kombinierten Mikrowellen- Ultraschall-Brandmelders mit Auswertung auf einem DSP (Digitaler Signal Prozessor) mit FMCW-Signalen,

Fig 3 zeigt den Phasengang der Ultraschall- und Mikrowellen-Empfangssignale für vier verschiedene Scenarien und

Fig 4 zeigt das Verhalten des Melders bei offenem Buchenholzbrand.

[0020] Fig 1 zeigt das Blockschaltbild eines Mikrocontrollerbasierten (z.B. 8bit Mikrocontroller SAB 80537) kombinierten Brandmelders mit Fuzzy-Auswertung. Der Sendekanal SK des Ultraschallsensors umfaßt einen Signalgenerator G und Baugruppen zur Signalaufbereitung des Sendesignals  $s_{us}(t)$  (Sendeverstärker V, Anpassung A). Nach dem Empfangswandler EM wird das Empfangssignal  $e_{us}(t)$  nach Verstärkung und Bandpaßfilterung BP durch Quadraturdemodulation QDM in zwei orthogonale Anteile  $i_{us}(t)$  und  $q_{us}(t)$  aufgeteilt. Die Ultraschall-Sendewandler SW und Empfangswandler EW sind vorzugsweise Ultraschallwandler mit hoher Güte und Empfangsempfindlichkeit, wie z.B. piezokeramische Biegeschwinger. An den Mikrowellen-Dopplersensor (z.B. 2,5 ; 5,8 ; 10 ; 24 GHz) werden normalerweise relativ geringe Anforderungen gestellt, weil die überwachten Entfernung und die Anforderungen an das Auflösungsvermögen moderat sind.

[0021] Die demodulierten Empfangssignale des Ultraschallsensors und des Mikrowellensensors werden in 4 Kanälen (2 Ultraschallsignale  $i_{us}$ ,  $q_{us}$ , 2 Mikrowellensignale  $i_{mw}$ ,  $q_{mw}$ ) im Wechseltakt in Blöcken von beispielsweise 256 Punkten über den internen A/D-Wandler eingelesen. Für 40-kHz-Ultraschall- und 24-GHz-Mikrowellen-Dauerstrichsignale ergeben sich bei einem überwachten Geschwindigkeitsbereich von 2 cm/s bis 2 m/s Dopplerfrequenzen von etwa 5 bis 480

Hz für Ultraschall und von etwa 3 bis 320 Hz für Mikrowelle. Die durch Branderscheinungen hervorgerufenen Bewegungen liegen im Bereich bis ca. 200 Hz. Entsprechend kann eine Abtastfrequenz von etwa 1 kHz verwendet werden.

[0022] Die Amplitude der Empfangssignale wird fortlaufend verfolgt und eine Dopplerauswertung vorgenommen. Die Phase der komplexen Ultraschall- und Mikrowellensignale wird über eine Arcustangens-Berechnung bestimmt. Die Dopplerfrequenz ergibt sich aus der Ableitung der Phase, die Bewegungsrichtung aus dem Vorzeichen. Durch eine Verfolgung der Signalphase in aufeinanderfolgenden Abtastpunkten ist eine Detektion von Flacker(Pendel-) bewegungen leicht möglich. Die extrahierten Merkmale Dopplerfrequenz, Flackerbewegung und Intensitätsprofil werden zur Alarm-Entscheidung über mehrere aufeinanderfolgende Auswerteintervalle verfolgt.

[0023] Die Dopplerauswertung kann alternativ erst vorgenommen werden, wenn eine Veränderung registriert wird, die größer als ein eingestellter Toleranzbereich ist. Als weitere Möglichkeit ergibt sich, zur Detektion von „Unregelmäßigkeiten“ den Ultraschallsensor fortlaufend aktiv zu halten und den Mikrowellensensor quasi zur Kontrolle erst zuzuschalten, wenn nennenswerte Dämpfungen und Fluktuationen auf dem Ausbreitungsweg des Schallsignals registriert werden.

[0024] Für eine Fuzzy-Auswertung müssen Algorithmen zur Fuzzifizierung, Regelabarbeitung und Defuzzifizierung bereitgestellt werden. Dies könnte mit einer reinen Software-Implementierung oder mit einer Hardware-Realisierung erreicht werden. Als Mischform bietet sich der Einsatz eines Fuzzy-Logik-Koprozessors (z.B. SAE 81C199) an, der diese Prozesse selbstständig abarbeitet und damit den Mikrocontroller entlastet. Die Zugehörigkeitsfunktionen und die Regeln eines Fuzzy-Sets werden adreßkodiert in sog. Wissensbasen geschrieben und in EPROMs abgelegt.

[0025] In Fig 2 ist das Blockschaltbild eines Systems mit FMCW-Auswertung auf einem DSP (z.B. DSP56000) dargestellt. Zusätzlich zu den Informationen aus Intensität und Dopplerverschiebung der Empfangssignale kann aus der Abweichung der entfernungsproportionalen Frequenzen der Differenzsignale von Ultraschall und Mikrowelle auf Störungen auf dem Ausbreitungsweg geschlossen und der Brandherd lokalisiert werden. Die Auswertung kann dabei zur Vereinfachung der Hardwareanforderungen weitgehend auf dem DSP erfolgen. Das Ultraschallsignal  $S_{us}(t)$  kann softwaremäßig generiert und über einen D/A-Wandler ausgegeben werden. Über eine A/D-Wandlerplatine werden das Ultraschall-Empfangssignal  $e_{us}(t)$  und das heruntergemischte Mikrowellen-Differenzsignal  $d_{mw}(t)$  eingelesen. Im Empfänger wird durch Softwaremultiplikation das Differenzsignal  $d_{us}(t)$  gebildet, womit der Ultraschallsensor nur noch aus dem Ultraschall- Sendewandler SW und dem Empfangswandler EW (vorzugsweise piezokeramische Biegeschwinger)

besteht. Als Mikrowellen-FMCW-Modul wird vorzugsweise ein Sensor mit guter Linearität der Frequenzmodulation eingesetzt. Mittels einer FFT über Blöcke von beispielsweise 1024 Abtastpunkten wird von beiden Empfangssignalen das (reelle) Spektrum gebildet und auf Maxima untersucht.

[0026] Mit dem kombinierten Dopplersensor sind Messungen zur Untersuchung der Detektionseigenschaften des kombinierten Brandmelders durchgeführt worden. In Figur 3 ist als Auswertemerkmal die Phasenentwicklung der Empfangssignale aufgetragen, welche die Empfindlichkeit des Sensors auf Veränderungen auf dem Übertragungsweg demonstriert. In Fig 3a) sind minimale Phasenfluktuationen aufgrund von Hintergrundrauschen zu erkennen. Fig 3b) zeigt den Einfluß von Luftbewegungen auf die Phase des Ultraschallsignals. Rauch verursacht dagegen starke Fluktuationen der Ultraschallphase, wie Fig 3c) darstellt. Die Mikrowellenphase bleibt dagegen nahezu unberührt. Unter Berücksichtigung der Amplitudeninformationen wird die Detektion brandtypischer Phänomene zusätzlich unterstützt. Im Vergleich dazu ist in Fig 3d) die Auswertung der Empfangssignale bei Personenbewegung dargestellt.

[0027] Unter Testbedingungen nach EN 54/7 wurde sodann die Detektionsfähigkeit des kombinierten Sensors anhand eines Testfeuers TF 1, Buchenholzbrand - kleine helle Partikel, untersucht. Der Sensor wurde unter der Raumdecke angebracht, sein Abstand zum Brandherd betrug 3m. In Fig 4a) und 4b) sind die Amplituden der Empfangssignale über der Zeit von 5 Minuten dargestellt. Das Ultraschallsignal zeigt beträchtliche Amplituden, wie sie ähnlich auch durch Personenbewegung hervorgerufen sein können. Eine eindeutige Unterscheidung ermöglicht der Vergleich mit dem Mikrowellensignal zusammen mit einer Auswertung der Fluktuationen der Dopplerfrequenz; siehe Fig 4c).

[0028] Die Ergebnisse bestätigen das Potential eines kombinierten Ultraschall-Mikrowellen-Sensors zur Branderkennung. Für eine Klassifizierung der Brandmerkmale (Signalpegel, Ausbreitungsdämpfung, Flakkerfrequenz) können vorteilhaft neuronale Netze oder Methoden der Fuzzy Logik angewendet werden, die Vergleiche mit katalogisierten Spektren verschiedener Brandarten ermöglichen, siehe [4].

[0029] Über die Ankopplung an einen Hausinstallationsbus kann das System in ein komplexes Raumüberwachungssystem eingebunden werden.

#### Literatur

#### [0030]

- [1] K. Bartels: „Brand- und Einbruchmeldeanlagen“, RPB-Taschenbücher Nr. 5, Franzis'-Verlag 1980
- [2] W. Friedl (Hrsg.): „Fehlalarme minimieren: Brand- und Einbruchmeldeanlagen“, VDE-Verlag 1994

5 [3] R. Rivoir: „Smoke detection“, First European School on Sensors (ESS94), 12.-17.9.94, Lecce, Italien, pp. 120-129

[4] W. Heywang, M. Guntersdorfer, P. Kleinschmidt: „Die Dopplerverschiebung der Reflexion von elektromagnetischer und Ultraschall-Strahlung auswertendes Einbruchalarmsystem“, Patent DE2613845, 26.10.78

[5] P. Kleinschmidt: „Gerät zur Einbruchssicherung“, Erfindungsmeldung v. 19.6.78

[6] V. Mágori: „Verfahren zur Taubstellenunterdrückung und Richtungsauswertung bei Doppler-Bewegungsdetektoren“, Erfindungsmeldung v. 7.11.78

[7] H. Ruser, M. Vossiek, V. Mágori, H.-R. Tränkler: „Kombinierter Ultraschall-Mikrowellen-Sensor für die zuverlässige Detektion von Anwesenheit und Bewegung“, Sensor'97, 13.-15.5.97, Nürnberg, vol. 1, pp. 229-234

[8] H.C. Müller, A. Fischer: „A robust fire detection algorithm for temperature and optical smoke density using fuzzy logic“, Proc. 1995 Carnahan Conf. on Security Technology, Sanderstead, UK, pp. 197-204, 1995

#### 25 Patentansprüche

##### 1. Verfahren zur Brandmeldung, bei dem

30 - von mindestens einem Sender Ultraschallsignal und von mindestens einem weiteren Sender Mikrowellen- oder Lichtsignale oder eine Kombination von allen drei unterschiedlichen Wellenarten ausgesandt werden,

35 - von den Sendern zugeordneten Empfängern von Objekten reflektierte Dopplersignale empfangen werden,

40 - die Auswertung von Empfangssignalen einzeln und in Kombination geschieht, so daß ein bei einer Wellenart verändertes Empfangssignal für den Fall, daß ein Empfangssignal bei einer oder mehreren anderen Wellenarten keine Bewegung anzeigt, Rauch, Partikel oder Veränderungen in der Gaszusammensetzung im Detektionsbereich detektiert.

##### 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Mikrowellen- und Ultraschallsignale mit jeweils mindestens einem Sender und einem zugeordneten Empfänger eingesetzt werden.

##### 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

55 bei dem aus der fehlenden Übereinstimmung der Frequenzen der Mikrowellen- und Ultraschall- Ausgangssignale der Empfänger innerhalb eines Toleranzbereiches eine Personen- oder Objektbewegung als Ursache der äußeren Einflüsse ausge-

- schlossen wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem bei Detektion starker Fluktuationen von Amplitude und Frequenz der Ausgangssignale der Empfänger der Ultraschallsensoren bei gleichzeitig geringer Amplituden- und Frequenzfluktuation der Ausgangssignale der Empfänger der Mikrowellensensoren auf Brand als Ursache geschlossen wird. 5
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem die Merkmale der Ausgangssignale der Empfänger anhand einer Schwellenauswertung extrahiert werden. 15
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem durch den Einsatz entfernungsselektiver Sendesignale, wie Pulse, frequenzmodulierte Signale, zusätzlich zu Amplitude und Dopplerfrequenz der Abstand zu starken Reflektoren im gemeinsamen Erfassungsbereich der Sensoren bestimmt wird. 25
7. Verfahren nach Anspruch 6,  
bei dem aus den von einem Ultraschall- oder Lichtsensor unter veränderten Abstand im Vergleich zu einem Mikrowellensensor detektierten Reflektoren auf brandtypische Veränderungen auf dem Signalübertragungsweg geschlossen wird. 30
8. Verfahren nach den Ansprüchen 6 oder 7,  
bei dem durch Auswertung der Entfernungsinformation in den Ausgangssignalen der Ultraschall- oder Lichtsensoren ein Brandherd lokalisiert wird. 35
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem durch den zusätzlichen Einsatz von aktiven oder passiven Infrarot-Detektoren mit Strahlenfächern eine laterale Zuordnung des Brandherdes möglich wird, womit seine Lokalisierung verbessert wird. 40
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem typische Merkmale von Mikrowellen- und Ultraschall-Ausgangssignalen von verschiedenen äußeren Einflüssen als Muster in einer Datenbank abgelegt werden und zur Entscheidung über eine Brandlage mit den Merkmalen der aktuellen Ausgangssignale verglichen werden. 45
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem mit dem Einsatz von aktiven Infrarot-
- Detektoren durch Abstandsmessungen zu räumlich positionierten Objekten in einer Kalibrierphase berechnet wird, wie die Mikrowellensignale aussehen haben und auf diese Weise ohne Einsatz von Mikrowellensensoren Mustersignale für die Auswertung der Ausgangssignale der Ultraschallsensoren hinsichtlich eines Brandzustandes zur Verfügung gestellt werden. 50
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem typische Merkmale von äußeren Einflüssen zur Definition von Merkmalsräumen, entsprechenden Zugehörigkeitsfunktionen und Regeln der Zuordnung dienen und aus der Zuordnung die Merkmale der aktuellen Ausgangssignale mit Methoden der Fuzzy Logik über eine Brandlage entschieden wird. 55
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem die Bewertung der Merkmale der aktuellen Ausgangssignale mit Neuronalen Netzen vorgenommen wird.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem bei Nutzung der gleichen Hardware und Signalverarbeitungsmethoden durch Umkehrung des Auswerteprinzips die Kombination eines Bewegungs- und Brandmelders und damit ein universelles Raumüberwachungssystem entsteht.
15. Sensor zur Brandmeldung, der mindestens eine Ultraschall-Sende/Empfangs-Einheit und mindestens eine weitere Sende/Empfangs-Einheit für Mikrowelle oder Licht oder eine Kombination aus allen aufweist, wobei Empfangssignale einer Auswerte-Einheit zuführbar sind.

FIG 1

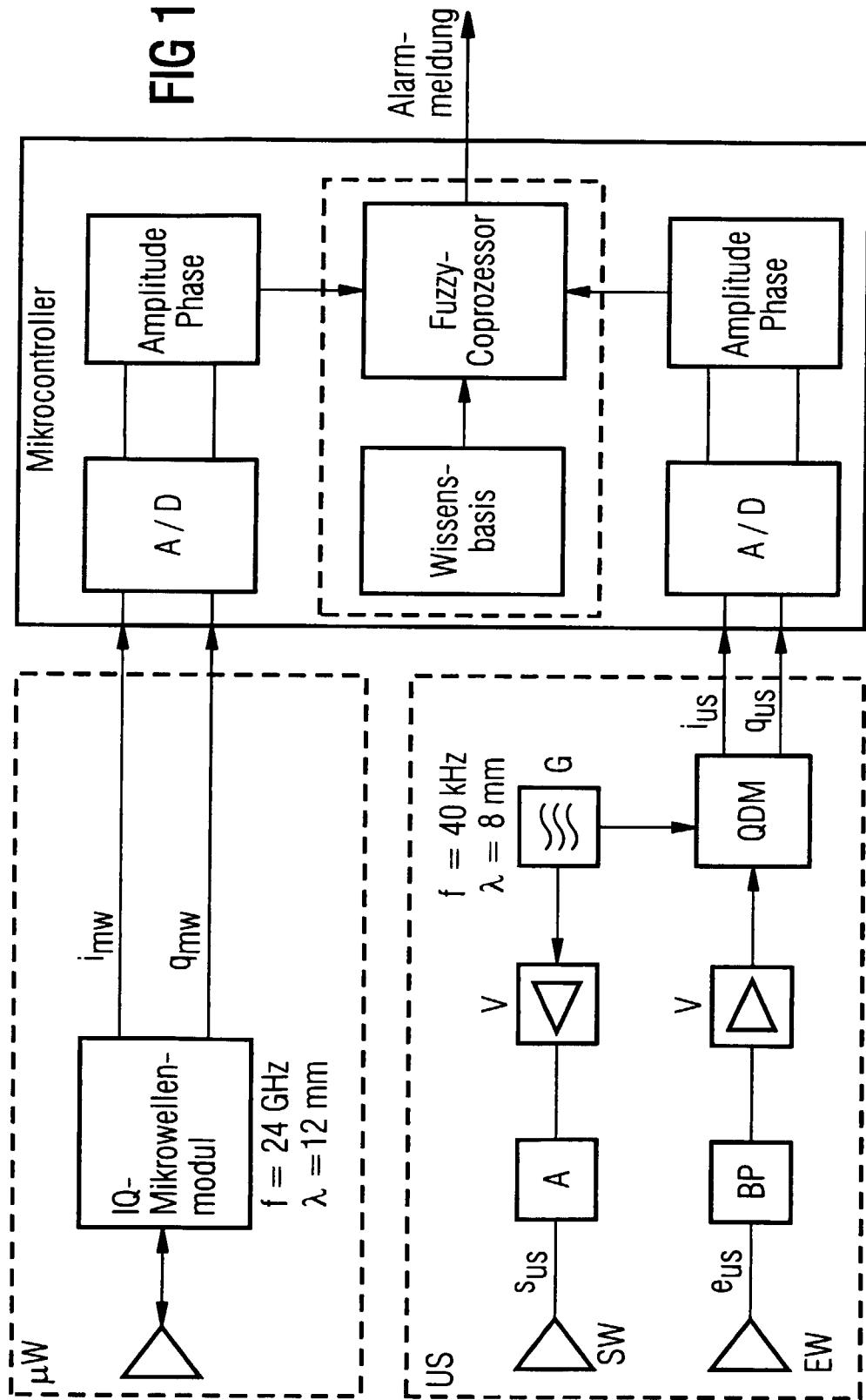
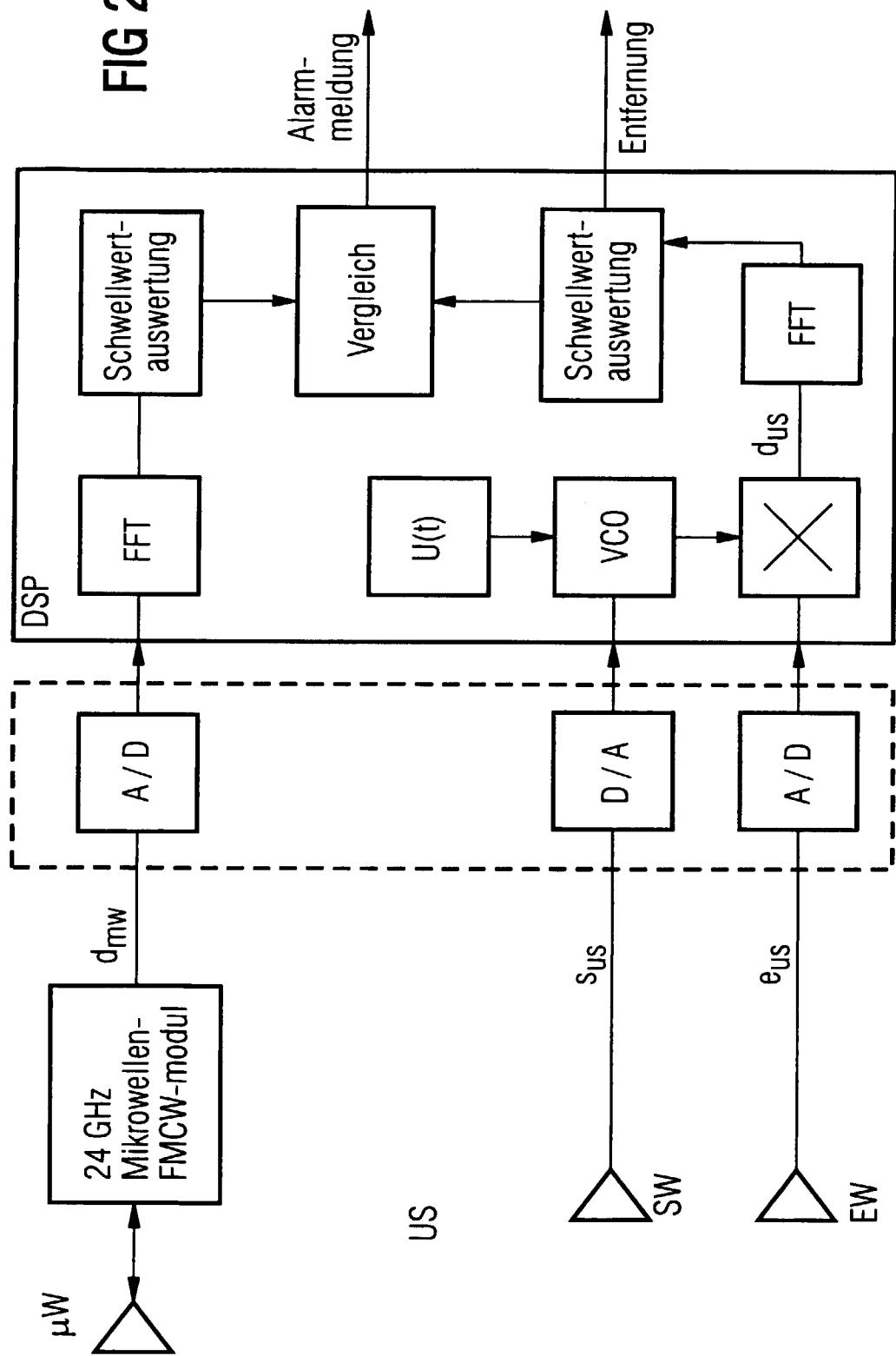
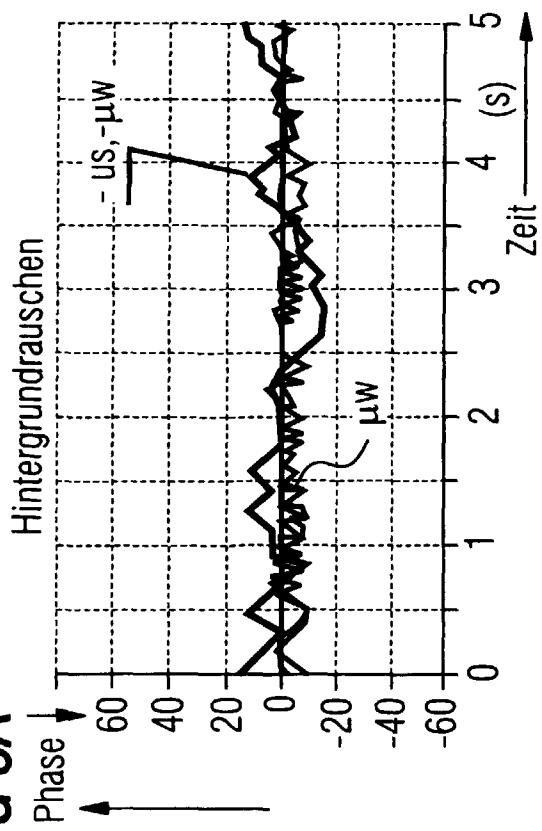
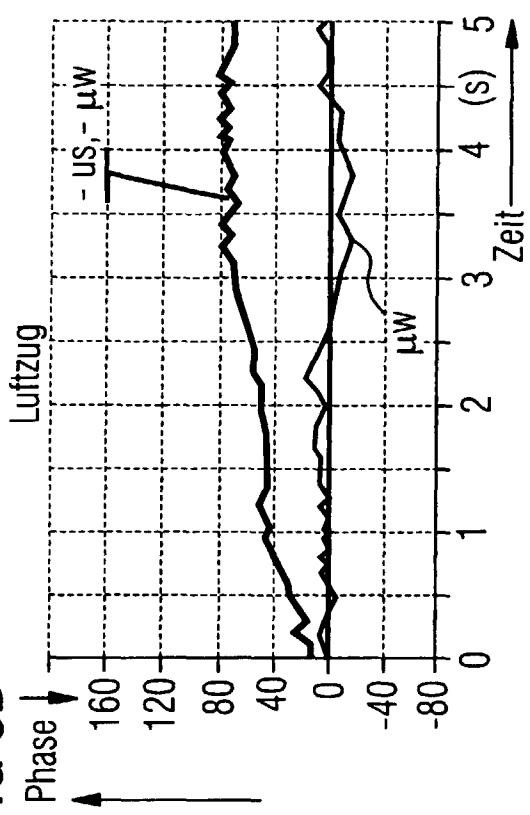


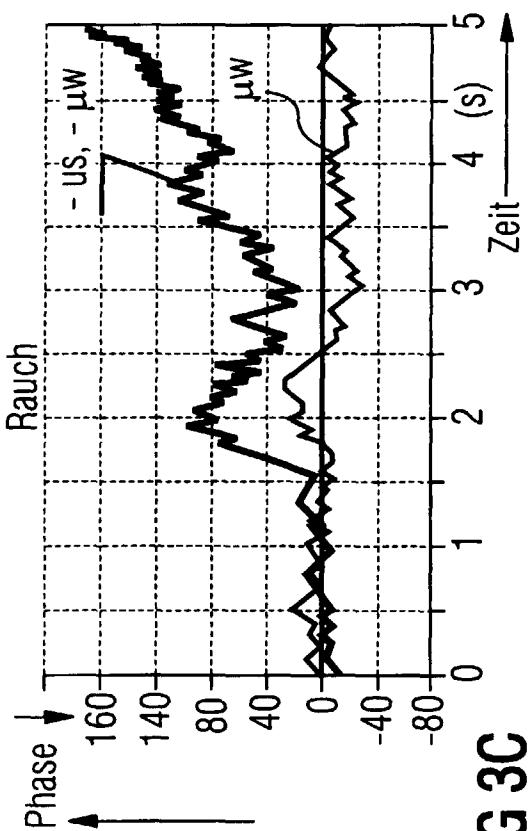
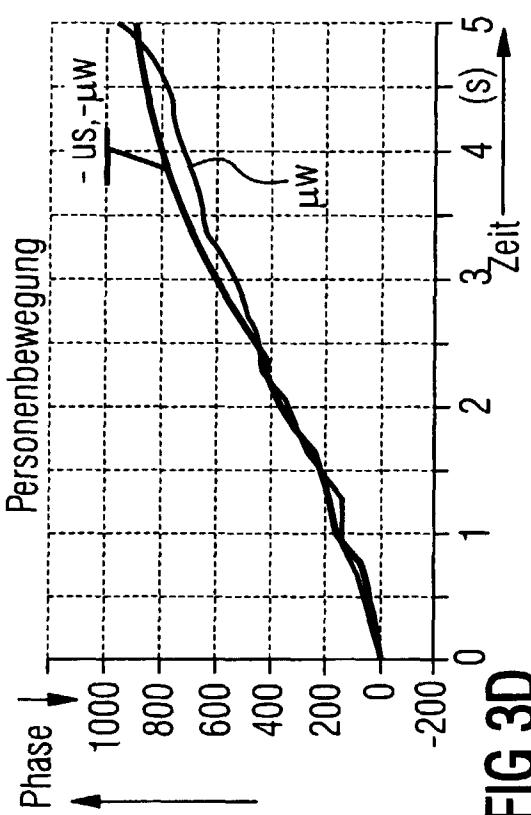
FIG 2



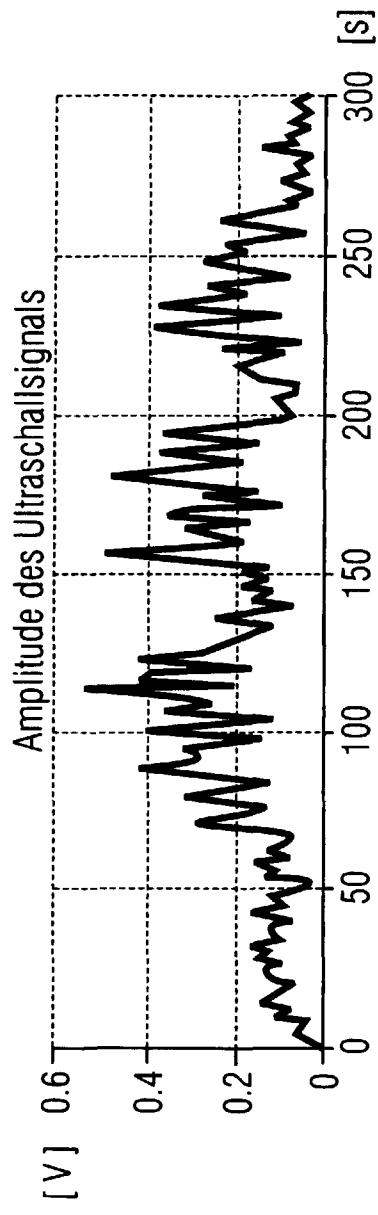
**FIG 3A****FIG 3B**

9

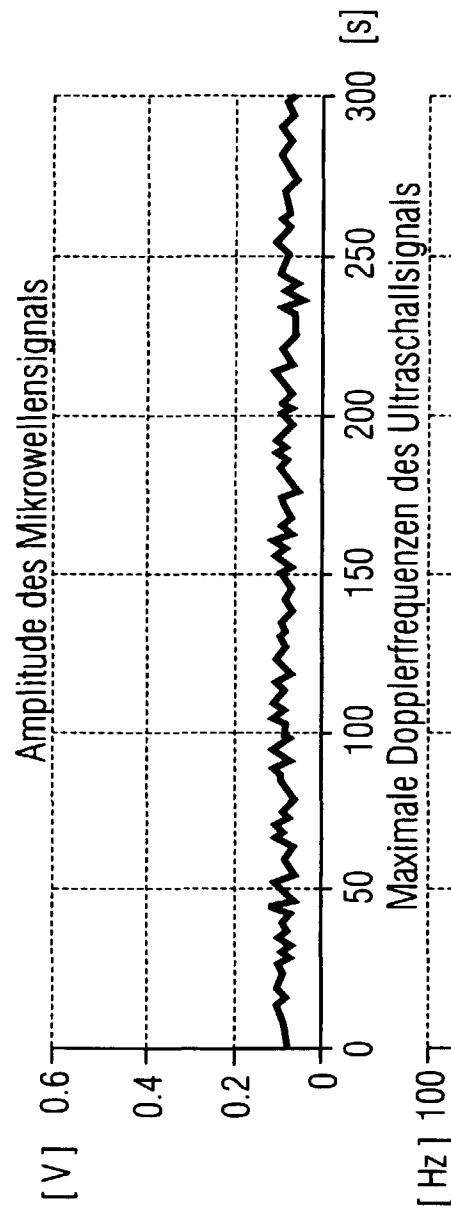
9

**FIG 3C****FIG 3D**

**FIG 4A**



**FIG 4B**



**FIG 4C**

