

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. Januar 2004 (15.01.2004)

PCT

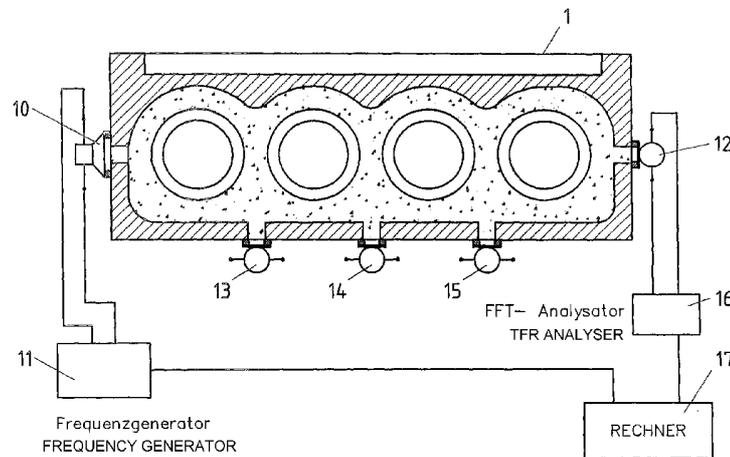
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/005914 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01N 29/10
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002215
- (22) Internationales Anmeldedatum:
3. Juli 2003 (03.07.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102 30 547.1 5. Juli 2002 (05.07.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): DRALLMESSTECHNIK TIPPELMANN GMBH [DE/DE]; Otto-Neumeister-Strasse 8, 74196 Neuenstadt (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): TIPPELMANN, Götz [DE/DE]; Im Götzenkreuz 1, 74169 Neuenstadt (DE).
- (74) Anwalt: STAUDT, Hans-Peter; Harderstrasse 39, 85049 Ingolstadt (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT (Gebrauchsmuster), AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ (Gebrauchsmuster), CZ, DE (Gebrauchsmuster), DE, DK (Gebrauchsmuster), DK, DM, DZ, EC, EE (Gebrauchsmuster), EE, ES, FI (Gebrauchsmuster), FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TESTING A HOLLOW BODY

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR PRÜFUNG EINES HOHLKÖRPERS



17... COMPUTING DEVICE

(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for testing a hollow body in order to determine the correctness of the embodiment of cavities with respect to the geometric design thereof. The inventive method consists in positioning an acoustical source at a predetermined point and in producing an acoustical output signal. Said acoustical signal emitted by the hollow body is received in the predetermined acoustic transmit positions and analysed. The deviation between the acoustical signals or between calculated physical quantities such as amplitude frequency response, frequency phase response, transmission functions and similar quantities which are determined on the parts of the tested correctly embodied cavities makes it possible to judge the correctness of the embodiment of the cavity of a sample.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Prüfung eines Hohlkörpers hinsichtlich geometrisch richtiger Ausführung von Hohlräumen. Eine Schallquelle wird an einer vorbestimmten Stelle positioniert und erzeugt ein Ausgangs-Schallsignal. Das von

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2004/005914 A1



(Gebrauchsmuster), SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

dem Hohlkörper abgestrahlte Schallsignal wird an vorbestimmten Schallabstrahl-Positionen aufgenommen und analysiert, wobei anhand der Abweichung der Schallsignale beziehungsweise abgeleiteter physikalischer Größen wie Amplitudenfrequenzgängen, Phasenfrequenzgängen, Übertragungsfunktionen und dergleichen, die an Teilen mit korrekter Ausführung der zu untersuchenden Hohlräume ermittelt wurden, entschieden wird, ob die Ausführung des Hohlraumes im Prüfling korrekt ist.

Verfahren und Vorrichtung zur Prüfung eines Hohlkörpers

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Prüfung eines Hohlkörpers hinsichtlich geometrisch richtiger Ausführung von Hohlräumen.

Die Überprüfung von Hohlräumen in Hohlkörpern hinsichtlich geometrisch richtiger Ausführung der
10 Hohlräume stellt in vielen technischen Bereichen eine schwierige Aufgabe dar. Insbesondere dann, wenn diese Hohlräume komplizierte Formen aufweisen und die Hohlkörper nicht zerlegt werden können, um die Abmessungen der Hohlräume daraufhin zu überprüfen, ob sie
15 in ihren Abmessungen dem gewünschten Stand, beispielsweise den in einer Konstruktionszeichnung vorgegebenen Abmessungen entsprechen, erfordert eine derartige Überprüfung einen erheblichen Energie- und Zeitaufwand, ist zudem hinsichtlich ihrer Resultate
20 unsicher und mitunter überhaupt nicht möglich.

Ein typisches Beispiel für einen derartigen Hohlkörper mit komplizierten Hohlräumen ist ein Zylinderkopf für eine wassergekühlte Brennkraftmaschine. Derartige Zylinderköpfe werden üblicherweise als Gussteile
25 hergestellt und enthalten Hohlräume mit komplizierten Formen, insbesondere Kühlwasserräume, die aufgrund ihrer Form, Lage und Zuordnung zueinander, beispielsweise durch Verzweigungen, nicht zuverlässig kontrollierbar sind. Fehler, die sich beim Gießen derartiger Gussteile bilden
30 können, können als Ursache Vererzungen der Kerne, Kernbrüche oder Sandreste haben.

Versuche, derartige Hohlräume durch Durchblasen der Hohlkörper mit Druckluft, mittels Durchgangsprüfungen unter Verwendung von biegsamen Stahlnadeln oder durch

endoskopische Untersuchungen zu prüfen, weisen keine zuverlässigen Resultate auf und sind energie- und zeitaufwendig.

5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, mittels dem bzw. der Hohlkörper hinsichtlich geometrisch richtiger Ausführung von Hohlräumen unter Vermeidung der Nachteile des Standes der Technik untersucht werden können.

10 Die Lösung dieser Aufgabe ist in den Patentansprüchen angegeben.

Der Erfindung liegt das physikalische Prinzip zugrunde, dass jeder Hohlraum unter akustischem Gesichtspunkt einen Filter darstellt, dessen Filtereigenschaften durch seine Geometrie bestimmt sind. Als klassisches Beispiel sei der
15 Helmholtz-Resonator genannt. Die Filtercharakteristik lässt sich messtechnisch dadurch bestimmen, dass der Hohlraum durch akustische Signale erregt wird und das Antwortsignal registriert und analysiert wird. Bei der Analyse ist gegebenenfalls auch das Erregersignal zu
20 berücksichtigen. Es wird somit mittels einer Schallquelle an einer vorbestimmten Schallanlage-Position, d.h. in einer bestimmten Lagezuordnung zu dem Hohlkörper, ein Ausgangs-Schallsignal (Anregung) erzeugt. An einer oder mehreren vorbestimmten Schallabstrahl-Positionen, d.h. an
25 Messpositionen, die an bestimmten Stellen in Bezug auf den Hohlkörper gewählt werden, wird das von dem Hohlkörper abgestrahlte, d.h. das gefilterte oder modifizierte Schallsignal (Antwort) aufgenommen. Das
30 aufgenommene Schallsignal wird schließlich analysiert, wobei sich aus der Analyse Rückschlüsse auf die korrekte Ausführung der Geometrie der Hohlräume ergeben.

Als Schallanlage-Position wird vorzugsweise eine Stelle gewählt, an der ein Zugang zu dem Hohlraum des Hohlkörpers besteht, d.h. eine Stelle in der Nähe einer

Öffnung des Hohlkörpers. Entsprechend wird als Schallabstrahl-Position vorzugsweise ebenfalls eine Stelle in der Nähe einer vorzugsweise anderen Öffnung des Hohlkörpers gewählt. Ein von dem Hohlkörper abgestrahltes Schallsignal kann somit insbesondere ein solches Schallsignal sein, dass aus einer Öffnung des Hohlkörpers abgestrahlt wird, d. h. ein Schallsignal, dass aus dem Schallkörper austritt.

Es ist zudem empfehlenswert, sowohl bei der Einspeisung des Ausgangs-Schallsignals als auch bei der Aufnahme des abgestrahlten Schallsignals eine Schallisolation vorzusehen, die dafür sorgt, dass nur oder zumindest überwiegend das Ausgangs-Schallsignal der Schallquelle in den Hohlraum eingeleitet und nur oder zumindest überwiegend das von dem Hohlraum abgestrahlte, d.h. das gefilterte oder modifizierte Schallsignal von einem Schallaufnehmer, beispielsweise einem Mikrofon, aufgenommen wird.

Das Prüfverfahren kann kontinuierlich oder diskontinuierlich durchgeführt werden. Bei komplizierten, verzweigten Hohlräumen, wie sie zum Beispiel Wasserräume von Zylinderköpfen für Brennkraftmaschinen darstellen, erhält man Amplituden- und Phasenfrequenzgänge mit einer Vielzahl von Resonanzen, die sich den geometrischen Gegebenheiten zuordnen lassen.

Aus den Analysedaten (Amplituden- und Phasenfrequenzgänge, Übertragungsfunktionen etc.) lassen sich Rückschlüsse auf die Geometrie der Hohlräume ziehen. So kann zum Beispiel das Vorhandensein und die Intensität einzelner Resonanzen einen Hinweis auf die richtige Ausführung bestimmter Details des Hohlraums geben. Während grundsätzlich eine Berechnung des infolge einer bestimmten geometrischen Figuration verursachten abgestrahlten Schallsignals möglich ist, wird, insbesondere bei komplizierten Hohlräumen, vorzugsweise

ein Vergleich des aufgenommenen Schallsignals mit einem Referenz-Schallsignal durchgeführt. Dieses Referenz-Schallsignal wird dadurch erhalten, dass ein geometrisch den gewünschten Abmessungen entsprechender Hohlkörper dem erfindungsgemäßen Prüfverfahren unterzogen wird und die hierbei ermittelten Schallsignale bzw. deren Analyse zum späteren Vergleich aufgezeichnet wird. Aussagen über die zulässige Streuung erhält man durch die Untersuchung mehrerer Teile mit korrekt ausgeführten Hohlräumen (Gut-
10 Teilen).

Grundsätzlich ist eine Vielzahl von Schallquellen denkbar. Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird das Ausgangs-Schallsignal durch einen Lautsprecher und einen Frequenzgenerator erzeugt. Hierbei
15 kann es sich um Schallsignale mit diskreter Frequenz oder um Frequenzgemische, beispielsweise weisses oder rosa Rauschen handeln. Die Erzeugung des Schallsignals ist jedoch auch mit anderen Schallschwingungserzeugern möglich, beispielsweise mit abstimmbaren Pfeifen.

20 An einer oder mehreren von der Schallanlage-Position verschiedenen Stellen wird mittels eines Schallaufnehmers, beispielsweise eines Messmikrofons, das von dem Hohlkörper abgestrahlte Schallsignal aufgenommen und anschließend analysiert.

25 Häufig haben die zu untersuchenden Hohlräume mehrere Durchtritte nach aussen. Hierbei ist es möglich, den Ort der Schalleinspeisung, d.h. die Schallanlageposition und/oder den Ort der Schallmessung, d.h. die Schallabstrahl-Position zu variieren, um eine breite
30 Vergleichsbasis und somit eindeutige Ergebnisse zu erhalten. Zudem kann es, insbesondere bei komplizierten Hohlräumen, sinnvoll sein, mehrere Schallmessungen an verschiedenen Orten gleichzeitig durchzuführen, um die Prüfdauer zu reduzieren.

Das Ausgangs-Schallsignal kann ein Frequenzgemisch mit konstanter, im interessierenden Intervall vorzugsweise deutlich von Null verschiedener Amplitude über einen bestimmten Frequenzbereich sein, wobei in diesem Fall vorzugsweise ein FFT-Analysator zur Analyse des aufgenommenen Schallsignals verwendet wird. Zur Bestimmung der Übertragungsfunktionen sind auch die Ausgangs-Schallsignale einer FFT zu unterziehen. Die Abkürzung FFT steht für Fast Fourier Transformation.

Als Anregung ist insbesondere jedes Signal verwendbar, das die interessierenden Frequenzen mit ausreichender Amplitude enthält (zum Beispiel auch Puls- oder Sprungsignale etc.), d.h. vorzugsweise breitbandige Signale. Verwendet werden können ein Frequenzgemisch (Rauschen) oder eine zeitlich veränderliche Einzelfrequenz, die während der Messzeit, gegebenenfalls linear, von einem Minimalwert zu einem Maximalwert verändert wird (Sweep). Die Analyse der aufgenommenen Signale erfolgt mit einem FFT-Analysator. Wenn sowohl das Anregungssignal als auch das Antwortsignal in die Analyse eingehen, wobei ein entsprechendes Übertragungsverhalten ermittelt wird (Übertragungsfunktion), muss das Anregungssignal nicht unbedingt exakt reproduzierbar sein.

Weiterhin ist die Untersuchung auch bei Anregung mit einer einzelnen Frequenz möglich, wobei in diesem Fall ein FFT-Analysator nicht erforderlich ist.

Es versteht sich, dass das erfindungsgemäße Verfahren sowie die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Prüfung unterschiedlichster Hohlkörper verwendet werden können und die Prüfung eines wassergekühlten Zylinderkopfs einer Brennkraftmaschine lediglich ein bevorzugtes und typisches Anwendungsgebiet darstellt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezug auf die Zeichnung näher erläutert, in der

5 Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung eines Hohlkörpers 1 mit einer Schallanlege-Position und vier Schallabstrahl-Positionen zeigt,

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist,

10 Fig. 3 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist.

Fig. 4 eine detailliertere Darstellung des ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist, und

15 Fig. 5 eine detailliertere Darstellung der zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Schnittdarstellung einen Hohlkörper 1, bei dem es sich um den Zylinderkopf einer vierzylindrigen wassergekühlten Brennkraftmaschine handelt. An einer Stirnseite des Hohlkörpers 1 ist an einer exakt definierten Stelle in Bezug auf den Hohlkörper 1, nämlich an der Schallanlege-Position, ein Lautsprecher 10 angeordnet, der als Schallquelle dient und im Zusammenwirken mit einem Frequenzgenerator 11 ein Ausgangs-Schallsignal erzeugt. Der Lautsprecher ist unter Verwendung von Schallisolationmaterial so an der Schallanlege-Position angeordnet, dass jedenfalls der überwiegende Teil der Schallenergie in den Hohlkörper eingeleitet und gleichzeitig der Prüfling vor Fremdschall geschützt wird.

20
25
30

Wie ebenfalls in Fig. 1 dargestellt, ist an der der Schallanlege-Position gegenüberliegenden Seite des

Hohlkörpers 1 ein Mikrofon 12 an einer ebenfalls fest vorgegebenen Stelle in Bezug auf den Hohlkörper 1 angeordnet, nämlich der Schallabstrahl-Position. Weitere Mikrofone 13, 14 und 15 können an weiteren Schallabstrahl-Positionen angeordnet sein. Die Schallanlege-Position und die Schallabstrahl-Positionen sind vorzugsweise in der Nähe von Durchtritten der Hohlräume des Hohlkörpers 1 angeordnet. Die Mikrofone 12, 13, 14 und 15 sind unter Verwendung von Schallisolationsmaterial so an den Schallabstrahl-Positionen angeordnet, dass jedenfalls der überwiegende Teil der Schallenergie, die im Bereich der jeweiligen Schallabstrahl-Position von bzw. aus dem Hohlkörper abgestrahlt wird, von ihnen aufgenommen wird.

Es versteht sich, dass entweder gleichzeitig die Signale aller vier Mikrofone 12, 13, 14 und 15 aufgenommen werden können oder aufeinanderfolgend lediglich ein Mikrofon an den entsprechenden unterschiedlichen Stellen angeordnet werden und die jeweiligen Messungen zeitlich aufeinanderfolgend durchgeführt werden können. Es empfiehlt sich dabei, Durchtritte des Hohlraumes, die nicht für die Messung benutzt werden, mit Schallisolationsmaterial zu verschließen.

Die Mikrofone wandeln die aufgenommenen Schallsignale in elektrische Signale um und leiten diese, je nach Art der Signale über einen FFT-Analysator 16, einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage (Rechner) 17 zu. Der Rechner bzw. die elektronische Datenverarbeitungsanlage 17 stellt, gegebenenfalls gemeinsam mit dem FFT-Analysator 16 eine Analyseeinrichtung dar, in der ein Vergleich der aktuell gemessenen Signale mit gespeicherten gleichartigen Signalen von Gut-Teilen erfolgt. Dieser Vergleich kann anhand von Amplituden- und Phasenfrequenzgängen oder daraus abgeleiteten physikalischen Größen wie den Übertragungsfunktionen usw. erfolgen.

Eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist schematisch in Fig. 2 dargestellt. Der Frequenzgenerator 11 erzeugt ein Rauschen bzw. einen Sweep. Mittels des Lautsprechers 10 wird dieses Signal in eine Öffnung eines Hohlraums des Hohlkörpers 1 (Prüfling) eingestrahlt. An einer anderen Öffnung des Hohlraums wird das dort abgestrahlte akustische Signal mit dem als Schallaufnehmer fungierenden Mikrofon 12 aufgefangen und in ein elektrisches Signal umgewandelt. Der FFT-Analysator 16 zerlegt das elektrische Signal in sein Frequenzspektrum und stellt die akustische Filtercharakteristik des Hohlraums in digitaler Form bereit.

Eine detailliertere Darstellung ist beispielhaft in Fig. 4 gegeben. Wie in Fig. 4 dargestellt, erzeugt der Frequenzgenerator 11 ein breitbandiges Signal. In den Diagrammen a und d in Fig. 4 sind beispielhaft die Zeitverläufe (signalproportionale Spannung U über der Zeit t) eines Rauschens und eines Sweep und in den Diagrammen b und e in Fig. 4 die jeweils dazugehörigen Spektren (Amplitude \hat{U} über Frequenz f) dargestellt. In den Diagrammen c und f in Fig. 4 sind schematisch Spektren (Amplitude \hat{U} über Frequenz f) von Antwortsignalen angegeben, die bei Anregung mit einem Rauschen beziehungsweise mit einem Sweep auftreten können und gegenüber den Spektren der Erregersignale (vergleiche Diagramme b und e in Fig. 4) charakteristische Veränderungen aufweisen.

Der zu untersuchende Frequenzbereich wird in eine vorzugebende Anzahl von Unterbereichen ("Linien") eingeteilt. Diese Unterteilung ergibt sich bei der Digitalisierung (Sampling) der Messdaten in Abhängigkeit von der Messdauer und der Samplingfrequenz. Diese Informationen liegen in digitaler Form vor und können punktweise mit einer Referenzkurve verglichen werden, die

unter gleichen Bedingungen durch Analyse der Messdaten eines Gut-Teiles bestimmt wurde. Eine Darstellung des abgestrahlten bzw. aufgenommenen Schallsignals B1 ist ebenfalls in Fig. 2 dargestellt. Beim Vergleich des Signals B1 mit einer entsprechenden Referenzkurve können typische Veränderungen festgestellt werden, die im Einzelfall bestimmten Fehlern, d.h. Fehlbildungen des Hohlraums, zugeordnet werden können. Beispielsweise kann eine fehlende Resonanzspitze darauf hindeuten, dass ein Hohlraumteil verschlossen ist. Gleichzeitig können hierbei zusätzliche Resonanzspitzen auftauchen.

Bei der praktischen Anwendung der Erfindung müssen für ein spezielles Teil typische Resonanzspitzen ermittelt werden, aus denen sich eine Referenzkurve ergibt. Der Vergleich der Messkurve mit der Referenzkurve ergibt dann, wenn die Übereinstimmung der Kurven sehr gut bis ausreichend ist, das heißt, wenn die Differenz der beiden Kurven eine in entsprechenden Voruntersuchungen zu ermittelnde Toleranzgrenze nicht überschreitet, dass der Hohlraum ordnungsgemäß ausgebildet ist, sodass das Teil als ordnungsgemäß eingestuft werden kann. Dieses Ergebnis kann beispielsweise durch das Aufleuchten einer grünen Signaldiode 18 angezeigt werden. Ist dagegen die Übereinstimmung schlecht und werden signifikante Abweichungen festgestellt, weist der Hohlraum nicht die gewünschte Geometrie auf. Ist ein ermitteltes Frequenzbild bekannt, d.h. ist die Referenzkurve für einen bestimmten Fehler bekannt, so kann dieser Fehler direkt angegeben werden. Je nach Art des Fehlers ist eine Nachbearbeitung des zu überprüfenden Bauteils möglich.

Wenn das Frequenzbild nicht bekannt ist, wird lediglich eine Mitteilung ausgegeben, dass das Teil nicht in Ordnung ist. Dies kann beispielsweise durch Aufleuchten einer roten Signaldiode 19 erfolgen.

Es versteht sich, dass die Aussagekraft des Messergebnisses insbesondere davon abhängt, wie genau die Referenzkurve untersucht wird. Bei der Auswertung können sowohl Amplituden-Informationen als auch Phasen-
5 Informationen ausgewertet werden.

Fig. 3 zeigt schematisch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Das zweite Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem ersten
10 Ausführungsbeispiel dadurch, dass nicht eine Rauschanalyse, sondern eine Suchtonanalyse durchgeführt wird, das heißt, als Anregung wird statt eines breitbandigen Signals ein Signal verwendet, das nur eine einzige Frequenz enthält. Die Suchtonanalyse kann daher
15 auch als Einzelfrequenzanalyse bezeichnet werden. Der Aufbau der Vorrichtung gemäß Fig. 3 entspricht derjenigen gemäß Fig. 2 mit der Einschränkung, dass bei dem Aufbau gemäß Fig. 3 ein FFT-Analysator nicht erforderlich ist.

Bei der Einzelfrequenzanalyse besteht das akustische
20 Signal aus einer Einzelfrequenz. Je nach Frequenz wird das Ausgangs-Schallsignal unterschiedlich stark gedämpft, das heißt hinsichtlich seiner Amplitude und Phasenlage beeinflusst. Bei der Analyse wird somit ermittelt, wie stark ein Signal einer bestimmten Frequenz durch die
25 akustischen Filtereigenschaften des Hohlraums des Hohlkörpers gedämpft wird, was nach der Analyse anhand von Amplitude und Phasenlage qualitativ erfassbar ist. Es ergibt sich im Ergebnis die gleiche Filtercharakteristik wie bei der Rauschanalyse. Die Beurteilung erfolgt nach
30 gleichen Kriterien.

In Fig. 5 ist eine genauere Darstellung dieser Ausführungsform gegeben. Die Diagramme a und b in Fig. 5 zeigen den Zeitverlauf (signalproportionale Spannung U über Zeit t) eines solchen Erregersignals und das
35 dazugehörige Spektrum (Amplitude \hat{U} über Frequenz f).

Diagramm c in Fig. 5 zeigt beispielhaft ein Spektrum (Amplitude \hat{U} über Frequenz f) eines durch die akustischen Filtereigenschaften des Hohlraums des Hohlkörpers veränderten Antwortsignals. Wie zuvor erwähnt, ergibt sich im Ergebnis die gleiche Filtercharakteristik wie bei der Verwendung eines breitbandigen Signals und die Beurteilung erfolgt nach gleichen Kriterien.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Prüfung eines Hohlkörpers (1) hinsichtlich geometrisch richtiger Ausführung von Hohlräumen mit den folgenden Schritten:
- 5 A Positionieren einer Schallquelle (10) an einer vorbestimmten Schallanlege-Position in Bezug auf den Hohlkörper;
- 10 B Erzeugen eines Ausgangs-Schallsignals (A1;A2) mittels der Schallquelle (10);
- C Aufnehmen des von dem Hohlkörper abgestrahlten Schallsignals (B1;B2) an mindestens einer vorbestimmten Schallabstrahl-Position (12, 13, 14, 15) in Bezug auf den Hohlkörper;
- 15 D Analyse des aufgenommenen Schallsignals (B1;B2).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Schritt D einen Vergleich des aufgenommenen Schallsignals (B1;B2) mit einem Referenz-Schallsignal enthält.
- 20
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Schritt D einen Vergleich von aus dem aufgenommenen Schallsignal (B1;B2) und aus einem Referenz-Schallsignal gewonnenen Analysedaten enthält.
- 25
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangs-Schallsignal (A1;A2) mittels eines Lautsprechers (10) und eines Frequenzgenerators (11) erzeugt wird.
- 30

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Ausgangs-Schallsignal (A1) ein Frequenzgemisch, insbesondere ein Rauschen oder Sweep erzeugt wird.

5 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass Schritt D mittels eines FFT-Analysators (16) durchgeführt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Ausgangs-Schallsignal (A2) eine Einzelfrequenz bestimmter Amplitude erzeugt wird.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das von dem Hohlkörper (1) abgestrahlte Schallsignal (B1;B2) an mehreren vorbestimmten Schallabstrahl-Positionen (12, 13, 14, 15) in Bezug auf den Hohlkörper (1) aufgenommen wird.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Schritt C zusätzlich das Aufnehmen des Ausgangs-Schallsignals (A1;A2) beinhaltet und dass Schritt D die Analyse der aufgenommenen Schallsignale (A1; A2; B1;B2) zur Ermittlung einer Übertragungsfunktion beinhaltet.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass Schritt D einen Vergleich der aufgenommenen Übertragungsfunktion mit einer Referenz-Übertragungsfunktion enthält.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmte Schallanlege-Position sich an einer Stelle befindet, an der ein Zugang zu dem Hohlraum des Hohlkörpers (1) besteht.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmte Schallabstrahl-Position (12, 13, 14, 15) sich an einer Stelle befindet, an der ein Zugang zu dem Hohlraum des Hohlkörpers (1) besteht.

13. Vorrichtung zur Prüfung eines Hohlkörpers (1) hinsichtlich geometrisch richtiger Ausführung von Hohlräumen mit

- einer Schallquelle (10, 11), die an einer vorbestimmten Schallanlage-Position in Bezug auf den Hohlkörper positionierbar und dazu ausgelegt ist, ein Ausgangs-Schallsignal (A1;A2) zu erzeugen;
- mindestens einem Schallaufnehmer (12, 13, 14, 15) zum Aufnehmen des von dem Hohlkörper abgestrahlten Schallsignals (B1;B2) an mindestens einer vorbestimmten Schallabstrahl-Position (12, 13, 14, 15) in Bezug auf den Hohlkörper;
- einer Analyseeinrichtung (16, 17) zur Analyse des aufgenommenen Schallsignals (B1;B2).

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Analyseeinrichtung (16,17) dazu ausgelegt ist, einen Vergleich des aufgenommenen Schallsignals (B1;B2) und/oder davon abgeleiteter Größen wie Amplitudenfrequenzgang, Phasenfrequenzgang und Übertragungsfunktion mit einem Referenzsignal durchzuführen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallquelle einen Lautsprecher (10) und einen Frequenzgenerator (11) aufweist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangs-Schallsignal (A1) ein Frequenzgemisch, insbesondere ein Rauschen oder Sweep ist.

5

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Analyseeinrichtung einen FFT-Analysator (16) aufweist.

10

18. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangs-Schallsignal (A2) eine Einzelfrequenz bestimmter Amplitude ist.

15

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Schallaufnehmer (12, 13, 14, 15) zum gleichzeitigen Aufnehmen des von dem Hohlkörper (1) abgestrahlten Schallsignals (B1;B2) an mehreren vorbestimmten Schallabstrahl-Positionen in Bezug auf den Hohlkörper (1) vorgesehen sind.

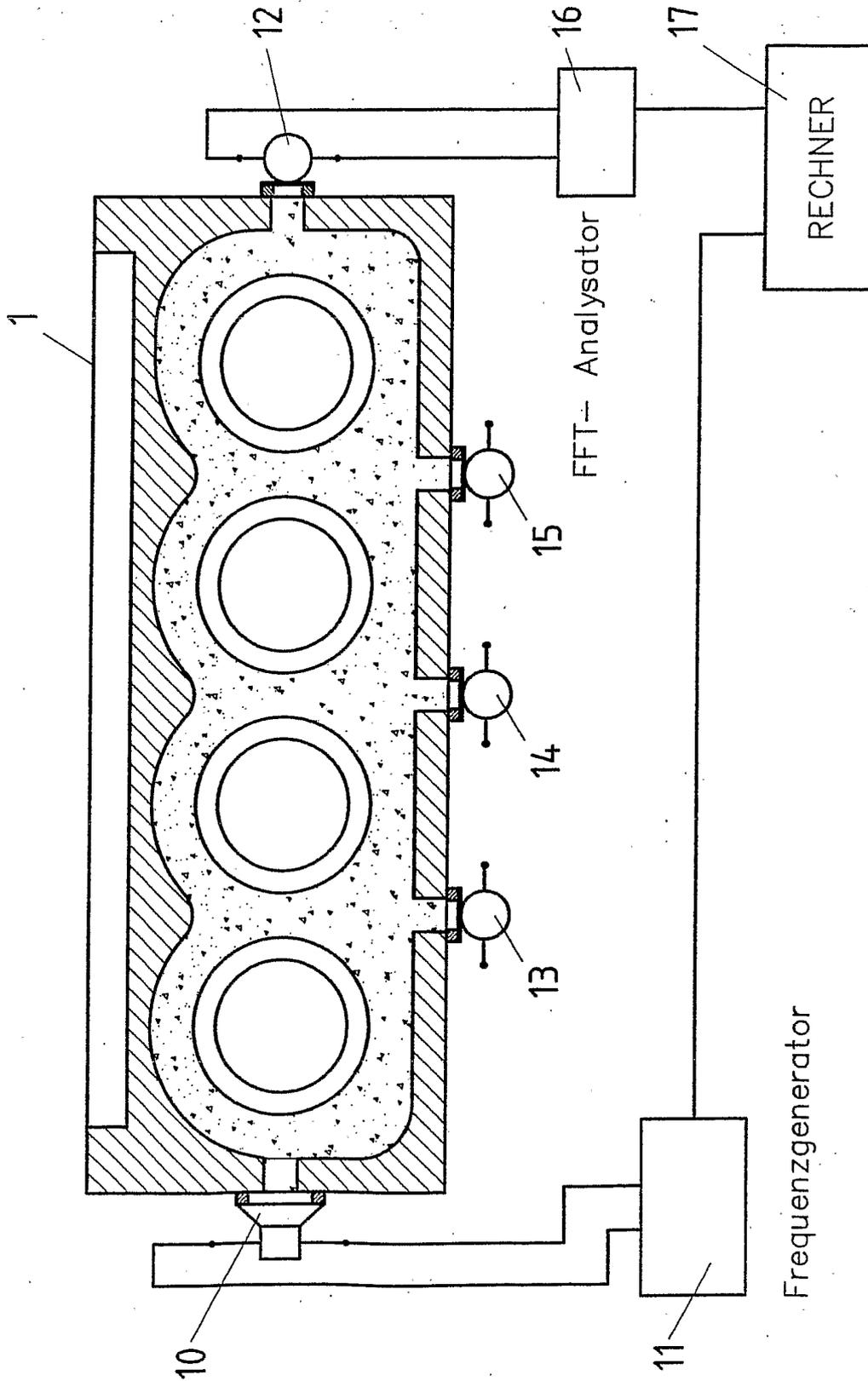


Fig. 1

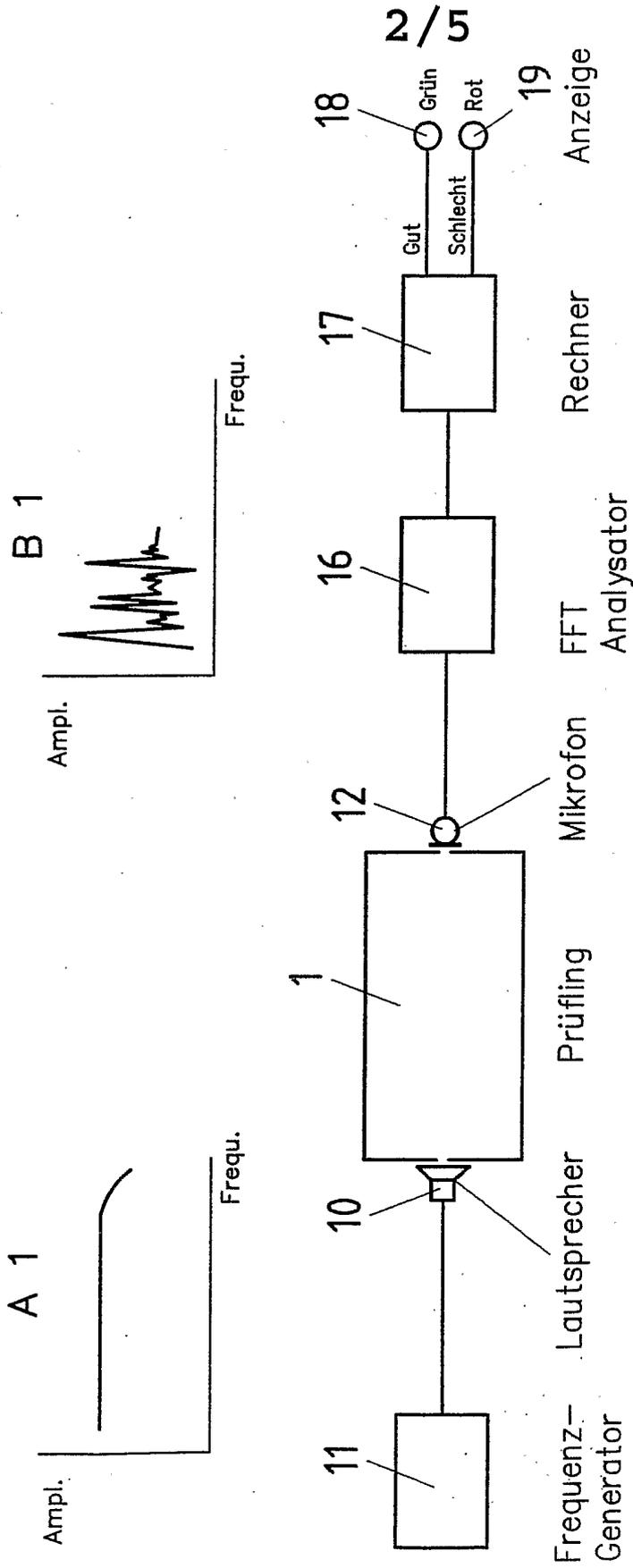
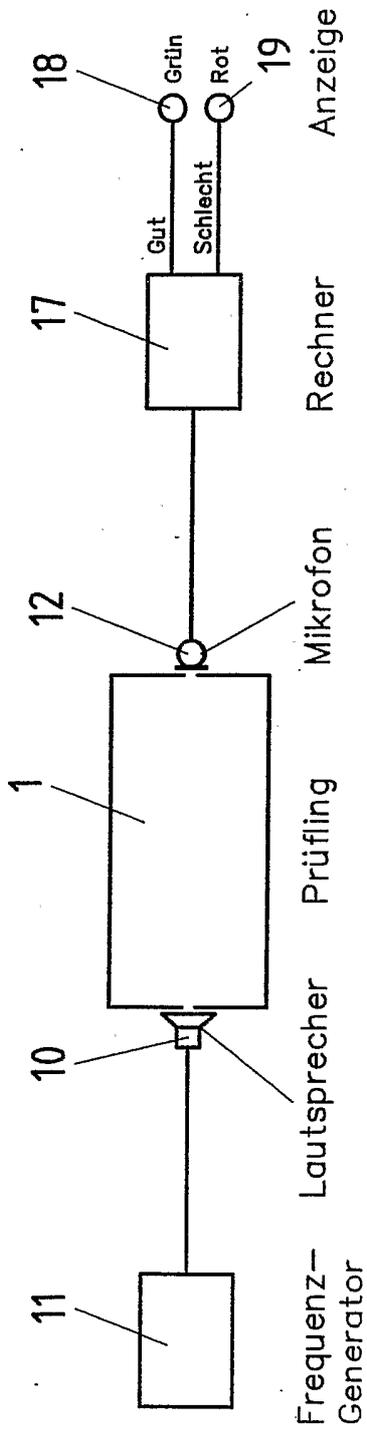
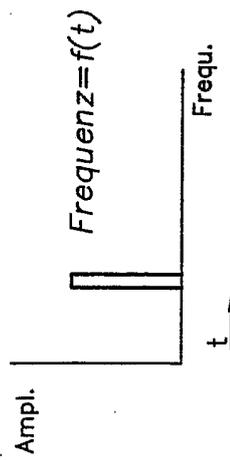


Fig. 2



A 2



B 2

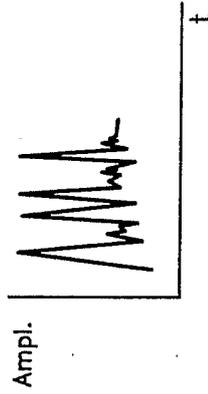


Fig. 3

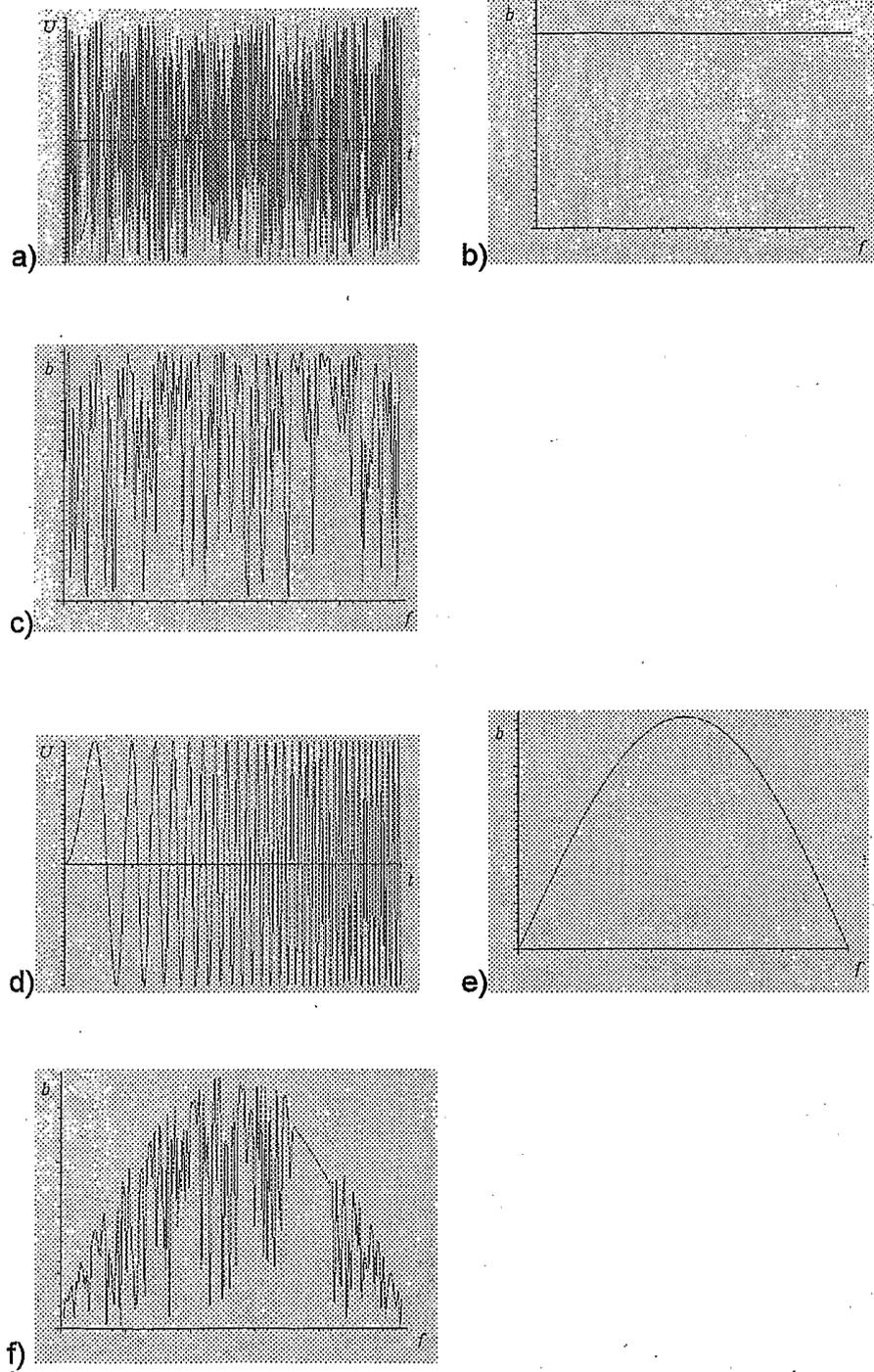


Fig. 4

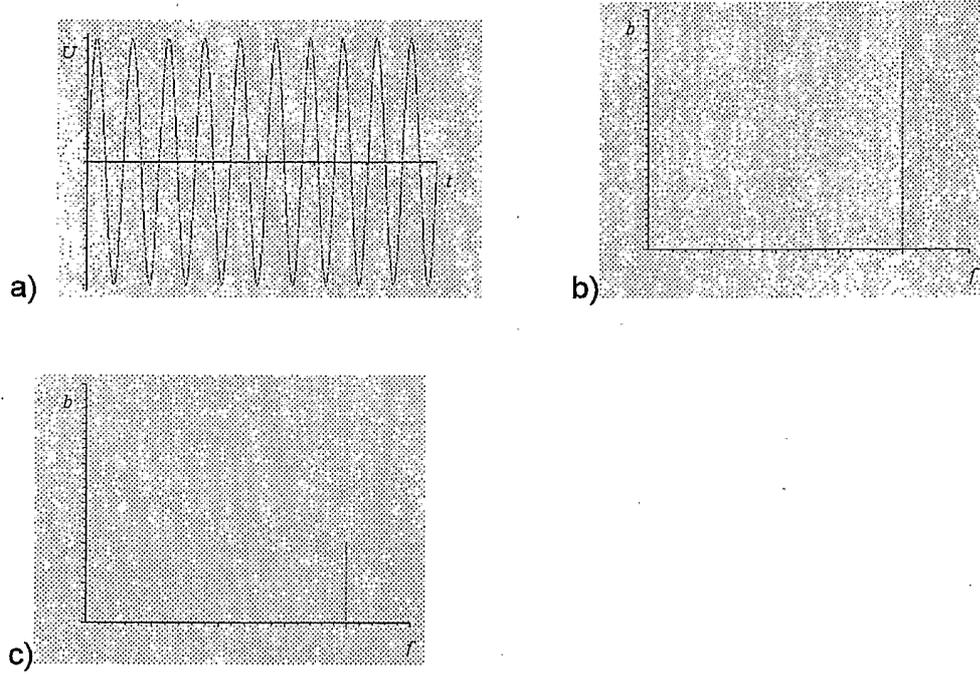


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/02215

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01N29/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 636 179 A (SLOMKA BOGDAN J) 3 June 1997 (1997-06-03) column 3, line 28 - line 39; claims 1,3-5	1-6, 8, 13-17, 19
X	GB 1 302 028 A (F.G. LATHAM) 4 January 1973 (1973-01-04) page 2, column 1, line 59 -page 2, column 2, line 87 page 2, column 2, line 110 - line 120	1-5, 8, 13-16, 19
A	US 4 416 145 A (GOODMAN MARK ET AL) 22 November 1983 (1983-11-22) column 5, line 6 - line 22	1-19
A	US 5 970 434 A (KWUN HEGEON ET AL) 19 October 1999 (1999-10-19) column 3, line 17 - line 58	1-19

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 October 2003

Date of mailing of the international search report

29/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kouzelis, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International Application No
PCT/DE 03/02215

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5636179	A	03-06-1997	NONE	
GB 1302028	A	04-01-1973	NONE	
US 4416145	A	22-11-1983	US RE33977 E	30-06-1992
US 5970434	A	19-10-1999	AU 2570299 A	16-08-1999
			JP 2001520753 T	30-10-2001
			WO 9939355 A1	05-08-1999

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01N29/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 636 179 A (SLOMKA BOGDAN J) 3. Juni 1997 (1997-06-03) Spalte 3, Zeile 28 - Zeile 39; Ansprüche 1,3-5	1-6,8, 13-17,19
X	GB 1 302 028 A (F.G. LATHAM) 4. Januar 1973 (1973-01-04) Seite 2, Spalte 1, Zeile 59 -Seite 2, Spalte 2, Zeile 87 Seite 2, Spalte 2, Zeile 110 - Zeile 120	1-5,8, 13-16,19
A	US 4 416 145 A (GOODMAN MARK ET AL) 22. November 1983 (1983-11-22) Spalte 5, Zeile 6 - Zeile 22	1-19
A	US 5 970 434 A (KWUN HEGEON ET AL) 19. Oktober 1999 (1999-10-19) Spalte 3, Zeile 17 - Zeile 58	1-19

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen
 Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

22. Oktober 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/10/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kouzelis, D

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung

die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02215

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5636179	A	03-06-1997	KEINE	
GB 1302028	A	04-01-1973	KEINE	
US 4416145	A	22-11-1983	US RE33977 E	30-06-1992
US 5970434	A	19-10-1999	AU 2570299 A	16-08-1999
			JP 2001520753 T	30-10-2001
			WO 9939355 A1	05-08-1999