

(19)



österreichisches
patentamt

(10)

AT 506 359 A2 2009-08-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: **A 678/2009**

(51) Int. Cl.⁸: **G01M 19/00** (2006.01)

(22) Anmeldetag: **04.05.2009**

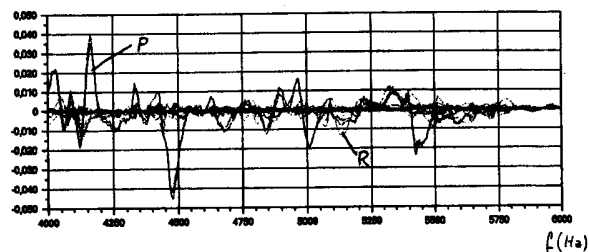
(43) Veröffentlicht am: **15.08.2009**

(73) Patentinhaber:

AVL LIST GMBH
A-8020 GRAZ (AT)

(54) VERFAHREN ZUR PRÜFUNG EINES HOHLKÖRPERS

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prüfung eines Hohlkörpers (1) hinsichtlich geometrisch richtiger Ausführung von Hohlräumen, wobei zumindest eine Signalquelle an einer vorbestimmten Anlegeposition in Bezug auf den Hohlkörper (1) positioniert wird, so dass ein Signal in den Hohlraum eingeleitet wird, und wobei das Signal, nachdem es den Hohlraum passiert hat, an mindestens einer vorbestimmten Aufnahmeposition in Bezug auf den Hohlkörper (1) aufgenommen und analysiert wird. Zur Erzielung eines hohen Qualitätssicherungslevels ist vorgesehen, dass zumindest bei einem Referenzhohlkörper (R) und bei zumindest einem Prüfhohlkörper (P) jeweils zumindest eine Übertragungsfunktion (H) für zumindest einen Übertragungsweg, vorzugsweise zwischen dem eingeleiteten Signal und dem aufgenommenen Signal ermittelt wird, dass zumindest eine entsprechende Übertragungsfunktion (H) für zumindest einen gleichen Übertragungsweg des Prüfhohlkörpers (P) mit der Übertragungsfunktion (H) des Referenzhohlkörpers (R) verglichen wird und dass ein fehlerhafter Prüfhohlkörper (P) festgestellt wird, wenn die Abweichung der Übertragungsfunktion (H) des Prüfhohlkörpers (P) von der Übertragungsfunktion (H) des Referenzhohlkörpers (R) eine definierte zulässige Abweichung überschreitet.



AT 506 359 A2 2009-08-15

ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prüfung eines Hohlkörpers (1) hinsichtlich geometrisch richtiger Ausföhrung von Hohlräumen, wobei zumindest eine Signalquelle an einer vorbestimmten Anlegeposition in Bezug auf den Hohlkörper (1) positioniert wird, so dass ein Signal in den Hohlraum eingeleitet wird, und wobei das Signal, nachdem es den Hohlraum passiert hat, an mindestens einer vorbestimmten Aufnahmeposition in Bezug auf den Hohlkörper (1) aufgenommene und analysiert wird. Zur Erzielung eines hohen Qualitätssicherungsniveaus ist vorgesehen, dass zumindest bei einem Referenzhohlkörper (R) und bei zumindest einem Prüfhohlkörper (P) jeweils zumindest eine Übertragungsfunktion (H) für zumindest einen Übertragungsweg, vorzugsweise zwischen dem eingeleiteten Signal und dem aufgenommenen Signal ermittelt wird, dass zumindest eine entsprechende Übertragungsfunktion (H) für zumindest einen gleichen Übertragungsweg des Prüfhohlkörpers (P) mit der Übertragungsfunktion (H) des Referenzhohlkörpers (R) verglichen wird und dass ein fehlerhafter Prüfhohlkörper (P) festgestellt wird, wenn die Abweichung der Übertragungsfunktion (H) des Prüfhohlkörpers (P) von der Übertragungsfunktion (H) des Referenzhohlkörpers (R) eine definierte zulässige Abweichung überschreitet.

Fig. 3

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prüfung eines Hohlkörpers hinsichtlich geometrisch richtiger Ausführung von Hohlräumen, wobei zumindest eine Signalquelle an einer vorbestimmten Anlegeposition in Bezug auf den Hohlkörper positioniert wird, so dass das Signal in den Hohlraum eingeleitet wird, und wobei das Signal, nachdem es den Hohlraum passiert hat, an mindestens einer vorbestimmten Aufnahmeposition in Bezug auf den Hohlkörper aufgenommen und analysiert wird.

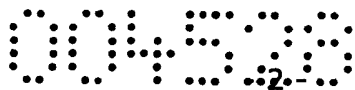
Die DE 102 30 547 B4 beschreibt ein Verfahren zur Prüfung eines Hohlkörpers der eingangs genannten Art, wobei das aufgenommene Schallsignal mit einem Referenzschallsignal verglichen wird. Die Bildung einer Übertragungsfunktion ist nicht vorgesehen, wodurch Aussagen über Unterschiede zwischen einem Prüfhohlkörper und einem Referenzhohlkörper qualitativ stark von der Reproduzierbarkeit des eingeleiteten Schallsignals abhängen.

Aus der US 6 439 053 B1 ist ein ähnliches Verfahren zur Prüfung eines Hohlkörpers bekannt, wobei für eine Vielzahl von Frequenzen ein akustisches Spektrum eines Prüfhohlkörpers erstellt und mit einem Referenzhohlkörper verglichen wird. Die Bildung von Übertragungsfunktionen ist auch hier nicht vorgesehen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein qualitativ hochwertiges Verfahren zur Prüfung von Hohlkörpern zu entwickeln, welches innerhalb einer gegebenen Schwankungsbreite reproduzierbare Analyseergebnisse bietet.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass zumindest bei einem Referenzhohlkörper und bei zumindest einem Prüfhohlkörper jeweils zumindest eine Übertragungsfunktion für zumindest einen Übertragungsweg, vorzugsweise zwischen dem eingeleiteten Schallsignal und dem aufgenommenen Schallsignal, ermittelt wird, dass zumindest eine entsprechende Übertragungsfunktion für zumindest einen gleichen Übertragungsweg des Prüfhohlkörpers mit der Übertragungsfunktion des Referenzhohlkörpers verglichen wird und dass ein fehlerhafter Prüfhohlkörper festgestellt wird, wenn die Abweichung der Übertragungsfunktion des Prüfhohlkörpers von der Übertragungsfunktion des Referenzhohlkörpers eine definierte zulässige Abweichung überschreitet. Die zulässige Abweichung kann dabei an Hand der Abweichungen unter Übertragungsfunktionen festgelegt werden, die bei gleichartigen Messungen an denselben Übertragungswegen verschiedener Referenzhohlkörper ermittelt wurden.

Die Prüfung wird mit Schallsignalen durchgeführt, wobei die Frequenz der verwendeten Schallsignale auf die Größe des zu untersuchenden Hohlraumes abzu-



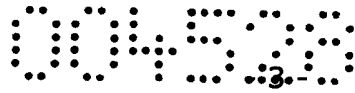
stimmen ist. Die Analyse basiert auf dem Vergleich von frequenzabhängigen Übertragungsfunktionen von Signalen, die an Referenz- und Prüfhohlkörpern aufgenommen wurden. Als Referenzhohlkörper werden hier solche Hohlkörper bezeichnet, deren Hohlraum bestimmten Vorgaben entspricht. Das kann einerseits bedeuten, dass der Hohlraum die ursprünglich beabsichtigte Gestalt aufweist. Für weiterführende Anwendungen kann ein Referenzhohlkörper jedoch auch eine definierte Abweichung von der ursprünglich beabsichtigten Gestalt repräsentieren, z.B. einen typischen Produktionsfehler, nach dem gezielt gesucht werden soll. Ein solcher Hohlkörper wird im Weiteren als Fehler-Referenzhohlkörper bezeichnet. Ein Prüfhohlkörper ist dagegen ein Hohlkörper, von dem nicht bekannt ist, ob der zu untersuchende Hohlraum die beabsichtigte Gestalt hat.

Mit der frequenzabhängigen Übertragungsfunktion, werden die durch die Übertragung verursachten Veränderungen des Signals hinsichtlich Amplitude und Phasenlage erfasst (Amplituden- und Phasenfrequenzgang). Die Übertragungsfunktion wird nach der Transformation der Signale in den Frequenzbereich berechnet und lässt sich sehr gut auf breitbandige Signale anwenden, die nicht nur einzelne Frequenzen sondern ein wählbares Frequenzintervall erfassen. Somit kommen bei der Untersuchung vorzugsweise breitbandige Signale zur Anwendung.

Sofern der zu untersuchende Hohlkörper mehrere Zugänge zum Hohlraum aufweist oder falls Zugänge geschaffen werden können, die zur Schalleinleitung oder Schallaufnahme geeignet sind, stellt jede Kombination einer Schallanlage- und einer Schallaufnahmeposition einen möglichen Übertragungsweg dar, dessen Übertragungsfunktion in der beschriebenen Art und Weise bestimmt werden kann. Schallanlage- und Schallaufnahmeposition können auch identisch sein.

Um Zufallseinflüsse möglichst auszuschalten, kann vorgesehen sein, dass die Messung für jeden Übertragungsweg zumindest einmal wiederholt wird. Die in mehreren Messungen ermittelten Verläufe, Spektren oder von diesen abgeleitete Größen können z.B. durch Bestimmung der Mittelwerte oder des Medians zusammengefasst werden. Ebenso kann die einem bestimmten Kriterium (z.B. Kohärenz der Signale) entsprechend beste Messung verwendet werden.

Indem möglichst viele Übertragungswege in Betracht gezogen und schließlich diejenigen in die Analyse einbezogen werden, deren durch die jeweilige frequenzabhängige Übertragungsfunktion beschriebenes Übertragungsverhalten besonders empfindlich auf Abweichungen der Geometrie des Hohlraumes reagiert, kann die Erkennungsrate des Verfahrens gesteigert werden.



Unter den Übertragungswegen, deren Übertragungsverhalten besonders empfindlich auf Abweichungen der Geometrie des Hohlraumes reagiert, sind wiederum diejenigen von besonderem Interesse, mit denen sich solche Änderungen der Geometrie detektieren lassen, die eine Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit des zu untersuchenden Hohlkörpers bedeuten. Derartige Übertragungswege können unter Verwendung von Fehler-Referenzhohlkörpern gefunden werden. Wenn die Analyse auf derartige Übertragungswege beschränkt werden kann, lässt sich die Fehlerkennungsrate senken. (Erkennung als Schlechttteil, obwohl die vorhandenen geometrischen Abweichungen des Hohlraumes keine Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit mit sich bringen)

Nur von theoretischen Überlegungen ausgehend ist es schwierig, eine Toleranzgrenze (zulässige Schwankungsbreite) festzulegen, ab der Abweichungen der Übertragungsfunktionen eines Prüfhohlkörpers von den entsprechenden Übertragungsfunktionen eines Referenzhohlkörpers als Fehler interpretiert werden müssen. Um die Aussagekraft weiter zu erhöhen, ist es besonders vorteilhaft, wenn die zulässige Abweichung auf Basis der Übertragungsfunktionen einer Anzahl von Referenzhohlkörpern ermittelt wird. Die dafür verwendeten Referenzhohlkörper (Referenzgruppe) müssen in ihrer Gesamtheit die zulässigen geometrischen Abweichungen des Hohlraumes repräsentieren. In diesem Fall kann die Schwankungsbreite der an den Übertragungswegen dieser Teile gewonnenen Übertragungsfunktionen als zulässige Schwankungsbreite angesehen werden.

Sofern kein Referenzhohlkörper existiert, dessen Hohlraum exakt der beabsichtigten Gestalt entspricht, wird stattdessen das Mittel der an den jeweiligen Übertragungswegen der Referenzhohlkörper ermittelten Übertragungsfunktionen verwendet.

Abhängig von der Komplexität des zu untersuchenden Hohlraumes werden in der Regel nicht genügend Referenzhohlkörper bereitstehen, um die zulässigen geometrischen Abweichungen des Hohlraumes in allen möglichen Kombinationen darzustellen. Deswegen kann es vorteilhaft sein, die Bewertung auf die Streuung der Übertragungsfunktionen der Referenzgruppe statt auf die Schwankungsbreite zu beziehen. Das ermöglicht eine statistische Bewertung, die als Ergebnis die Wahrscheinlichkeit ausweist, mit der

- der einer bestimmten Frequenz zugeordnete Wert einer spektralen Größe (vorzugsweise der Übertragungsfunktion),
- ein Übertragungsweg (gesamte Übertragungsfunktion im betrachteten Frequenzintervall) oder
- der Prüfhohlkörper selbst (Gesamtheit aller Übertragungswege)

zur Referenzgruppe gehört (bzw. zu einer Gruppe entsprechender Werte, die aus Messungen an der Referenzgruppe gewonnen wurden). Damit liefert das Verfahren die Wahrscheinlichkeit mit der der Hohlraum eines untersuchten Prüfhohlkörpers korrekt ausgeführt ist (Gutwahrscheinlichkeit).

Gutwahrscheinlichkeiten für Übertragungswege können ausgehend von den aus der Verteilung der Werte der Übertragungsfunktionen der Referenzgruppe folgenden statistischen Kennwerte auf verschiedenen Wegen berechnet werden. Die geringste unter den Gutwahrscheinlichkeiten der Übertragungswege eines Prüfhohlkörpers kann als Gutwahrscheinlichkeit dieses Prüfhohlkörpers angesehen werden. Die Zusammenfassung der Einzelergebnisse nach anderen Methoden ist damit nicht ausgeschlossen.

Die Verteilung der Werte der Übertragungsfunktionen der Referenzgruppe stellt somit die Basis für die Bewertung der Prüfhohlkörper dar. Bei der Durchführung dieser Bewertung kann es vorteilhaft sein, die Streuung (bzw. die Schwankungsbreite) mit einem gegebenenfalls frequenzabhängigen Korrekturfaktor zu versehen, um Fehlerkennungen zu vermeiden, die daraus resultieren können, dass die Referenzgruppe nicht die volle zulässige Schwankungsbreite der Geometrie des Hohlraumes abbildet.

Prinzipiell kann analog zur Ermittlung der Gutwahrscheinlichkeit auch die Wahrscheinlichkeit für die Zugehörigkeit eines Prüfhohlkörpers zu einer Gruppe gleichartiger Fehler-Referenzhohlkörper bestimmt werden. Für die Gruppe der Fehler-Referenzhohlkörper gelten dann die gleichen Anforderungen wie für eine Referenzgruppe aus Gutteilen.

Wenn jeweils nur wenige Fehler-Referenzhohlkörper verfügbar sind, ist ein anderes Vorgehen vorteilhaft. Durch Vergleich der Übertragungsfunktionen der Referenzgruppe mit denjenigen von gleichartigen Fehler-Referenzhohlkörpern können die für eine bestimmte Fehlerart typischen Abweichungen gefunden werden. Diese erstrecken sich im Allgemeinen nicht über das gesamte betrachtete Frequenzintervall sondern auf Teilintervalle, die bei Vorgabe eines Schwellwertes automatisiert gefunden werden können. Mit dem Schwellwert ist dabei festzulegen, wie weit die Werte der betrachteten spektralen Größe an den Fehler-Referenzhohlkörpern bezogen auf die Streuung bzw. zulässige Schwankungsbreite mindestens von der Referenz abweichen sollen, damit der zugehörige Frequenzbereich als signifikant angesehen wird.

Durch entsprechende Wichtung bzw. Ausblenden der nicht signifikanten Frequenzintervalle (Filterung) können die für die Erkennung einer bestimmten Fehlerart wesentlichen Anteile der Übertragungsfunktionen gezielt für die Bewertung

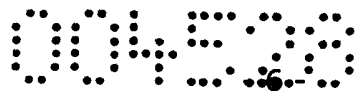
benutzt werden. Die Gesamtbreite der verbleibenden Frequenzintervalle (bzw. der Frequenzintervalle, deren Wichtung einen bestimmten Wert übersteigt) zeigt dabei an, wie aussagekräftig der zugehörige Übertragungsweg für die Erkennung einer gegebenen Fehlerart ist.

Unter Verwendung derartiger Filter kann das Verfahren auf bestimmte Fehlerarten trainiert werden. Wenn man bei Verwendung eines bestimmten Filters eine geringe Gutwahrscheinlichkeit erhält, deutet dies auf die dem Filter zugeordnete Fehlerart. Ergebnisse einer einzigen Messung können dadurch sehr schnell nach verschiedenen Kriterien bewertet werden, um spezifische Fehler zu finden. Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigen Fig. 1 eine Schnittdarstellung eines Hohlkörpers 1 mit einer Schallanlege-Position und vier Schallabstrahlpositionen, Fig. 2 ein Beispiel einer Übertragungsfunktion, aufgetragen über der Frequenz, für Referenz- und fehlerhafte Prüfhohlkörper und Fig. 3 die absolute Abweichung der Übertragungsfunktionen von fehlerbehafteten Prüfhohlkörpern und Referenzhohlkörpern von der gemittelten Übertragungsfunktion der Referenzhohlkörper.

Fig. 1 zeigt in einer Schnittdarstellung beispielhaft einen Hohlkörper 1, bei dem es sich um den Zylinderblock 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 Schallanlegeposition, ein Lautsprecher 10 angeordnet, der als Schallquelle dient und im Zusammenwirken mit einem Signalgenerator ein Schallsignal erzeugt. Der Lautsprecher 10 ist unter Verwendung von Schallisolationsmaterial so an der Schallanlegeposition angeordnet, dass jedenfalls der überwiegende Teil der Schallenergie in den Hohlkörper eingeleitet wird und gleichzeitig Störungen durch Umgebungsgeräusche minimiert werden.

Wie ebenfalls in Fig. 1 dargestellt, ist an der der Schallanlegeposition gegenüberliegenden Seite des Hohlkörpers 1 ein Mikrofon 12 an einer ebenfalls fest vorgegebenen Stelle in Bezug auf den Hohlkörper 1 angeordnet, nämlich der Schallaufnahmeposition. Weitere Mikrofone 13, 14 und 15 können an weiteren Schallaufnahmepositionen angeordnet sein. Die Schallanlegeposition und die Schallaufnahmeposition 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 Schallaufnahmepositionen angeordnet, dass jedenfalls der überwiegende Teil der Schallenergie, die im Bereich der jeweiligen Schallabstrahlposition von bzw. aus dem Hohlkörper ausgestrahlt wird, von innen aufgenommen wird und gleichzeitig Störungen durch Umgebungsgeräusche minimiert werden.



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. Ebenso können mehrere Schallanlegepositionen existieren. Die Messungen werden dann in der beschriebenen Art und Weise nacheinander für jede Schallanlegeposition durchgeführt, wobei jeweils nur an einer Schallanlegeposition ein Schallsignal abgegeben wird. Bei geeigneter Wahl der Signale kann die Messung auch so erfolgen, dass an verschiedenen Schallanlegepositionen gleichzeitig Schallsignale abgegeben werden.

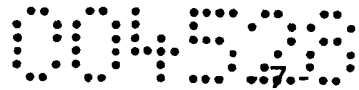
Falls der Hohlraum Öffnungen aufweist, die bei einer Messung weder als Schallanlege- noch als Schallaufnahmeposition verwendet werden, ist es vorteilhaft, diese unter Verwendung von Schallisolationmaterial so zu verschließen, dass die Messung nicht durch Umgebungsgeräusche beeinflusst werden kann. Ebenso ist es vorteilhaft, den Prüfhohlkörper oder das Gestell, in dem er während der Messung gelagert wird, so aufzustellen, dass Körperschalleintrag zumindest im interessierenden Frequenzbereich unterbunden wird.

Die Mikrofone 12, 13, 14 und 15 wandeln die aufgenommenen Schallsignale in elektrische Signale um und leiten diese ggf. über einen zwischengeschalteten Verstärker 11 einem Analysator 16 einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage 17 zu. Die Datenverarbeitungsanlage 17 stellt, gegebenenfalls gemeinsam mit dem Analysator 16, der in die Datenverarbeitungsanlage integriert sein kann eine Analyseeinrichtung dar.

Der Signalgenerator erzeugt Signale, welche über Verstärker 11 an die Lautsprecher 10 weitergeleitet werden. Der Signalgenerator kann in die Datenverarbeitungsanlage 17 integriert sein.

Während einer Messzeit von beispielsweise 0,4 Sekunden wird die Frequenz des Signals beispielsweise von 1500 Hz auf 12500 Hz angehoben. Abhängig vom Zeitverlauf des Signals (Rampen zum Auf- und Abklingen o.ä.) verkleinert sich das für die Auswertung verwendbare Frequenzintervall beispielsweise auf den Bereich zwischen 2000 Hz und 12000 Hz. Über die Mikrofone 12, 13, 14 und 15 wird der Schalldruck empfangen und während der Messzeit aufgezeichnet. Im dargestellten Beispiel wird aus den Spektren der aufgenommenen und eingeleiteten Schallsignale die frequenzabhängige Übertragungsfunktion $H(f)$ gebildet.

In Fig. 2 sind die Übertragungsfunktionen $H(f)$ für die Referenzhohlkörper R und für zwei gleichartige fehlerhafte Prüfhohlkörper P dargestellt. Weiters sind in Fig. 3 die absoluten Abweichungen der Übertragungsfunktionen $H(f)$ der Referenz-



hohlkörper R und der fehlerhaften Prüfhohlkörper P von der gemittelten Übertragungsfunktion der Referenzhohlkörper aufgezeichnet. Deutlich sind Abweichungsspitzen der Übertragungsfunktionen der fehlerhaften Prüfhohlkörper im Bereich der Frequenzen 4150 Hz, 4500 Hz und 5450 Hz zu erkennen.

Die Verwendung von frequenzabhängigen Übertragungsfunktionen $H(f)$ bietet eine hohe Genauigkeit und gute Reproduzierbarkeit bei den Messungen und Analysen, insbesondere dann, wenn die Messungen für jeden Prüfhohlkörper P wiederholt durchgeführt werden. Somit sind Zufallseinflüsse weitgehend ausgeschlossen, wodurch ein hohes Qualitätssicherungsniveau erreicht werden kann.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Prüfung eines Hohlkörpers (1) hinsichtlich geometrisch richtiger aus Ausführung von Hohlräumen, wobei zumindest eine Signalquelle an einer vorbestimmten Anlegeposition in Bezug auf den Hohlkörper (1) positioniert wird, so dass das Signal in den Hohlraum eingeleitet wird, und wobei das Signal, nachdem es den Hohlraum passiert hat, an mindestens einer vorbestimmten Aufnahmeposition in Bezug auf den Hohlkörper aufgenommen und analysiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest bei einem Referenzhohlkörper (R) und bei zumindest einem Prüfhohlkörper (P) jeweils zumindest eine Übertragungsfunktion (H) für zumindest einen Übertragungsweg, vorzugsweise zwischen dem eingeleiteten Signal und dem aufgenommenen Signal ermittelt wird, dass zumindest eine entsprechende Übertragungsfunktion (H) für zumindest einen gleichen Übertragungsweg des Prüfhohlkörpers (P) mit der Übertragungsfunktion (H) des Referenzhohlkörpers (R) verglichen wird und dass ein fehlerhafter Prüfhohlkörper (P) festgestellt wird, wenn die Abweichung der Übertragungsfunktion (H) des Prüfhohlkörpers (P) von der Übertragungsfunktion (H) des Referenzhohlkörpers (R) eine definierte zulässige Abweichung überschreitet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die definierte zulässige Abweichung auf Basis der Übertragungsfunktionen (H) einer Anzahl von fehlerlosen Referenzhohlkörpern (R) ermittelt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswahl zumindest eines Übertragungsweges durch Prüfen zumindest eines, bekannte Fehler aufweisenden Fehler-Referenzhohlkörpers (R) erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messung für jeden Übertragungsweg zumindest einmal wiederholt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Prüfung ein Mittelwert von Übertragungsfunktionen (H) gleicher Übertragungswege mehrerer Referenzhohlkörper (R) verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch Vergleichen der Übertragungsfunktionen (H) von fehlerlosen Referenzhohlkörpern (R) mit Übertragungsfunktionen von, bekannte Fehler aufweisenden, Fehler-Referenzhohlkörpern für die Prüfung relevante Teilintervalle des Frequenzspektrums ermittelt werden, und dass die Prüfung der

004528

Prüfhohlkörper (P), vorzugsweise automatisiert, zumindest überwiegend in den ermittelten Teilintervallen des Frequenzspektrums durchgeführt wird.

2009 05 04

Fu/Dh

Patentanwalt

Dipl.-Ing. Mag. Michael Babeluk

A-1150 Wien, Mariahilfer Gürtel 39/17

Tel.: (+43 1) 892 89 33-0, Fax: (+43 1) 892 89 333

e-mail: patent@babeluk.at

004528

(1)

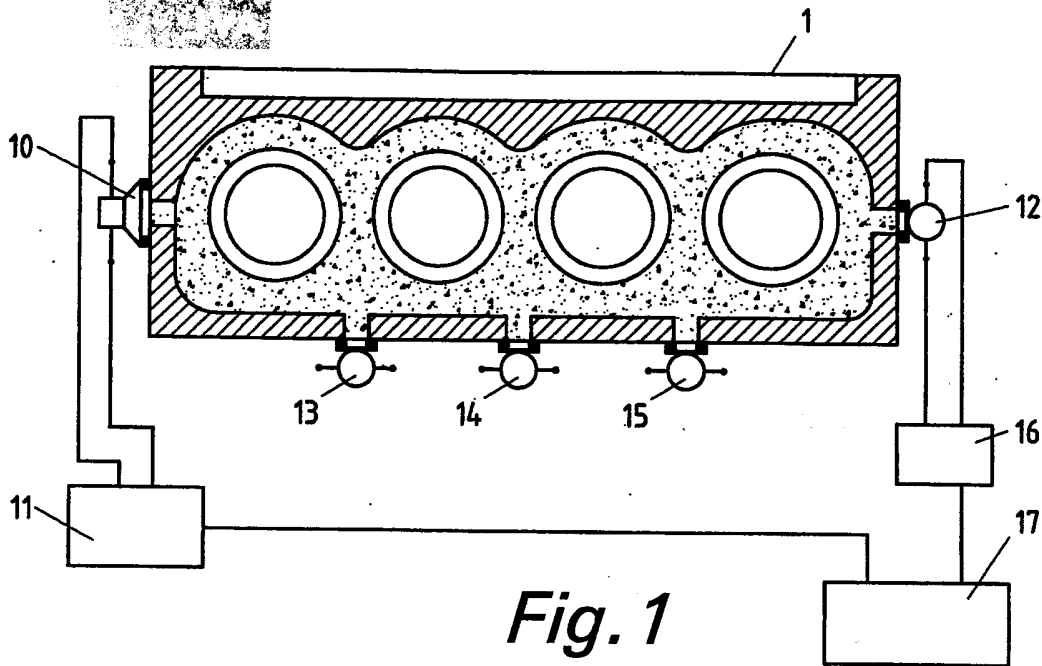


Fig. 1

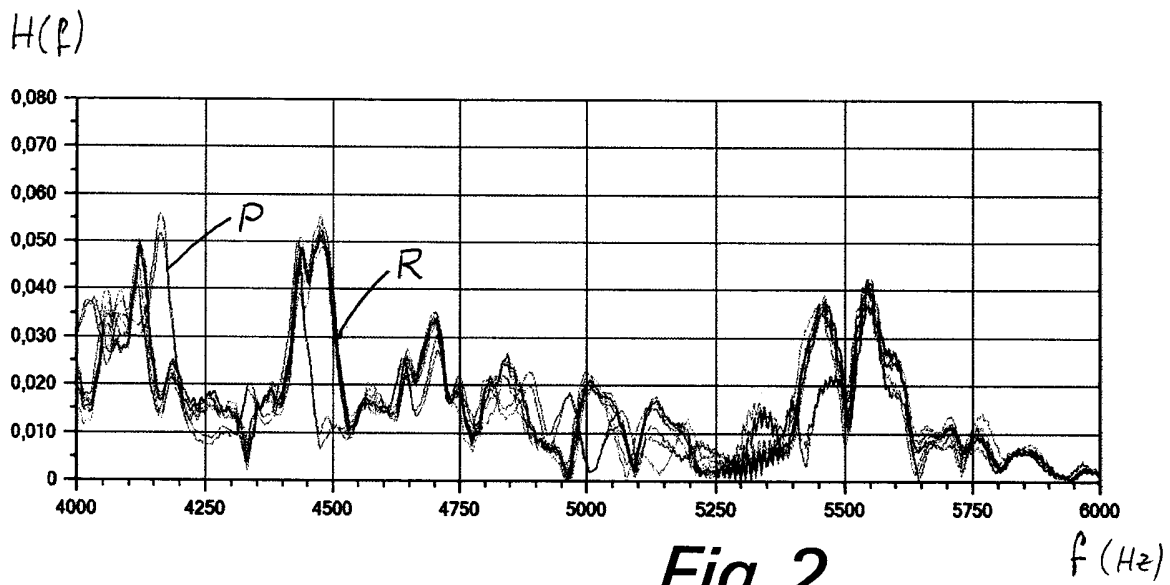


Fig. 2

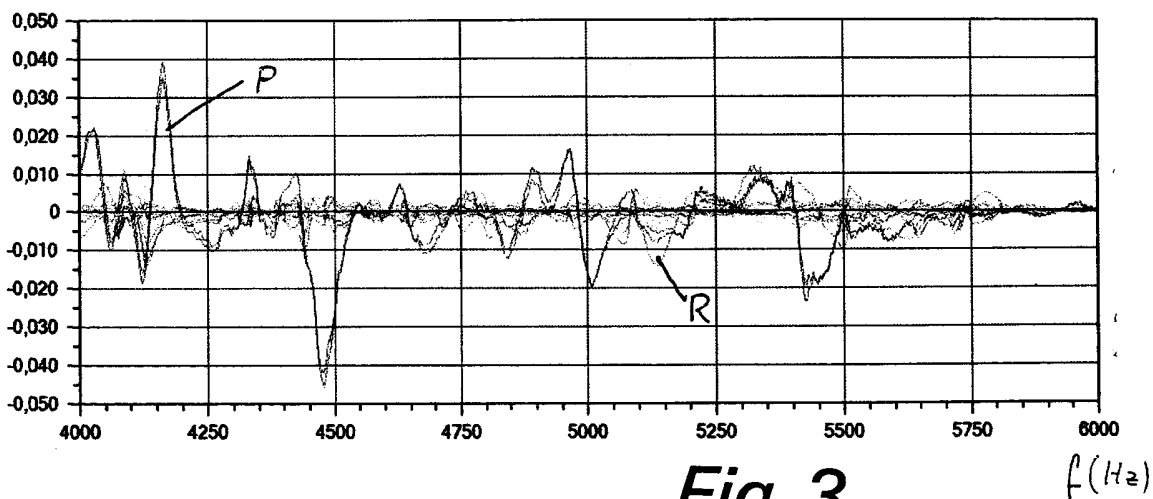


Fig. 3