

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 8030/2004 (51) Int. Cl.⁷: **G01H 3/00**
 (22) Anmeldetag: 2003-06-06 **G01S 3/80**
 (42) Beginn der Patentdauer: 2005-08-15
 (45) Ausgabetag: 2006-04-15

(56) Entgegenhaltungen:
 DE 19910329A1 DE 10136981A1
 JP 2000075014A JP 4324324A
 JP 63142231A
 KR 2002033316A
 KR 2002000067A

(73) Patentinhaber:
 AVL LIST GMBH
 A-8020 GRAZ, STEIERMARK (AT).

(72) Erfinder:
 BRANDL FRANZ DIPL.ING. DR. TECHN.
 KUMBERG, STEIERMARK (AT).
 BIERMAYER WERNER
 ST. RUPRECHT, STEIERMARK (AT).

(54) VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG UND/ODER SIMULATION DES VORBEIFAHRGERÄUSCHES BEI EINEM KRAFTFAHRZEUG

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung und/oder Simulation des Vorbeifahrtsgeräusches und der Beiträge der einzelnen Geräuschquellen zum Vorbeifahrtsgeräusch bei einem mehrere Geräuschquellen (S_1 bis S_9) aufweisenden Kraftfahrzeug (1). Um auf möglichst einfache Weise das Vorbeifahrtsgeräusch und der Beiträge der einzelnen Geräuschquellen (S_1 bis S_9) zum gesamten Vorbeifahrtsgeräusch eines Fahrzeuges (1) zu ermitteln, sind folgende Schritte vorgesehen:

- Bereitstellen zumindest eines fahrzeugfesten Nahfeldmikrofones (N_1 bis N_9) pro Geräuschquelle (S_1 bis S_9) und zumindest eines ortsfesten Vorbeifahrtmikrofones (M_1 bis M_{12}) außerhalb des Fahrzeuges (1),
- Bestimmung jeweils einer Transferfunktion (NTF_i) von jeder Vorbeifahrtmikrofonposition (M_1 bis M_{12}) zu jedem Nahfeldmikrofon (N_1 bis N_9) als Verhältnisse des Schalldruckes (p_i) zur Schallleistung (P_i),
- Messung des Schalldruckes (P_i) jeder einzelnen Geräuschquelle (S_1 bis S_9) im Nahfeld während eines Vollasthochlaufes,
- Berechnung der Schallleistung (P_i) jeder einzelnen Geräuschquelle (S_1 bis S_9),

e) Berechnung des Anteiles jeder Geräuschquelle (S_1 bis S_9) am gesamten Vorbeifahrtsgeräusch des Fahrzeuges (1) und/oder Berechnung des gesamten Vorbeifahrtsgeräusches aus der Transferfunktion (NTF_i) und den Schallleistungen (P_i) jeder einzelnen Geräuschquelle (S_1 bis S_9) während des Vollasthochlaufes.

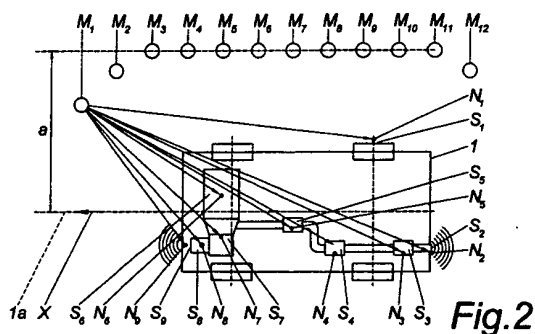


Fig.2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung und/oder Simulation des Vorbeifahrtsgeräusches und der Beiträge der einzelnen Geräuschequellen zum Vorbeifahrtsgeräusch bei einem mehrere Geräuschequellen aufweisenden Kraftfahrzeug.

5 Vorbeifahrtsgeräuschmessungen von Fahrzeugen in Akustik-Rollprüfstände werden üblicherweise mit einer in vordefinierten Abständen voneinander entfernt aufgestellten Gruppe von Vorbeifahrtsmikrofonen durchgeführt, wobei das Fahrzeug zwischen zwei vordefinierten Bereichen am Anfang einer Messstrecke maximal beschleunigt wird. Um das gemessene Geräusch einzelnen Geräuschequellen zuzuordnen, sind verschiedenen Methoden bekannt. Mittels Frequenzanalyse können die Daten durch Auswerten des entsprechenden Frequenzmusters einzelnen Geräuschequellen grob zugeordnet werden. Bei der sogenannten Fenstertechnik (Window-Methode) werden die Geräuschequellen am Fahrzeug weitgehend verkapselt. Durch Entkapseln einzelner Geräuschequellen und Durchführung einer Vorbeifahrtsmessung für jede Geräuschequelle kann der Vorbeifahrtsgeräuschanteil von einzelnen Geräuschequellen ermittelt werden. Der Nachteil der Fenstermethode ist, dass sie sehr zeit- und kostenaufwendig ist, dass durch die Kapselung der Wärmehaushalt der Brennkraftmaschine und das Fahrzeuggewicht verändert wird, dass durch die Kapselung Abschirmeffekte von benachbarten Bauteilen auftreten, dass die Abschirmung nur für bestimmte Frequenzbereiche wirksam ist und somit Restgeräuscheanteile auftreten und dass die Genauigkeit der Bestimmung der Geräuschbeiträge der einzelnen Quellen stark beeinflusst wird von der Messgenauigkeit der einzelnen Messungen.

Aufgabe der Erfindung ist es diese Nachteile zu vermeiden und ein Verfahren zur sehr schnellen Bestimmung der Geräuschemission von einzelnen Geräuschequellen bei Fahrzeugen zu entwickeln, welches auf möglichst einfache Weise eine genauer Bestimmung des gesamten Vorbeifahrtsgeräusches erlaubt. Darüber hinaus sollen auch Vorhersagen über Geräuschemissionen bei Änderung der Geräuschequellenkonfiguration und/oder Getriebeübersetzungen möglich sein.

Erfindungsgemäß wird dies durch folgende Schritte erreicht:

- a) Bereitstellen zumindest eines fahrzeugfesten Nahfeldmikrofones pro Geräuschequelle und zumindest eines ortsfesten Vorbeifahrtsmikrofones außerhalb des Fahrzeuges,
- b) Bestimmung jeweils einer Transferfunktion von jeder Vorbeifahrtsmikrofonposition zu jedem Nahfeldmikrofon als Verhältnisses des Schalldruckes zur Schallleistung,
- c) Messung des Schalldruckes jeder einzelnen Geräuschequelle im Nahfeld während eines Vollasthochlaufes,
- d) Berechnung der Schallleistung jeder einzelnen Geräuschequelle,
- e) Berechnung des Anteiles jeder Geräuschequelle am gesamten Vorbeifahrtsgeräusch des Fahrzeuges und/oder Berechnung des gesamten Vorbeifahrtsgeräusches aus der Transferfunktion und den Schallleistungen jeder einzelnen Geräuschequelle während des Vollasthochlaufes.

In einem ersten Schritt wird die akustische Transferfunktion zwischen allen Vorbeifahrtsmikrofonen und allen Nahfeldmikrofonen durch reziproke in Beziehungssetzung des Schalldruckes zur Schallleistung ermittelt. In einem weiteren Schritt wird der Schalldruck jeder einzelnen Geräuschequelle im Vollasthochlauf im Nahfeld gemessen. Nahfeldmessungen können auf einem Rollenprüfstand oder auf einem Motor/Aggregat-Prüfstand durchgeführt werden. Aus dem gemessenen Schalldruck wird die Schallleistung jeder individuellen Geräuschequelle berechnet.

Weiters wird aus den bekannten Transferfunktionen und den Ergebnissen der Nahfeldmessungen der Anteil jeder Geräuschequelle am gesamten Vorbeifahrtsgeräusch gemessen und das gesamte Vorbeifahrtsgeräusch als Summe der einzelnen Anteile ermittelt.

Dabei wird aus der Fahrzeugsgeschwindigkeit die jeweilige Position des Fahrzeuges bestimmt und die jeweilige Transferfunktion des entsprechenden Vorbeifahrtsmikrofones für die Vorbei-

fahrtsgeräuschberechnung verwendet. Die zu diesem Zeitpunkt herrschende Anregung der Geräuschquelle wird parallel zur jeweiligen Motordrehzahl ermittelt. Der Schalldruck jeder Geräuschquelle wird in Abhängigkeit der Motordrehzahl gespeichert.

5 Durch das Verfahren kann das tatsächliche Vorbeifahrtsgeräusch sowie die Anteile einzelner Geräuschquellen sehr einfach bestimmt werden. Für die gesamte Ermittlung aller Geräuschquellen eines Fahrzeuges reichen dabei beispielsweise zwei Tage aus. Bei der bekannten Fenstertechnik können vergleichbare Messergebnisse nur mit höherem Arbeitsaufwand und einem Vielfachen der aufgewendeten Zeit erhalten werden.

10

Das erfindungsgemäße Verfahren benötigt keine Kapselung der einzelnen Geräuschquellen, wodurch der Temperaturhaushalt der Brennkraftmaschine und das Fahrzeuggewicht nicht beeinflusst wird. Da keine Abschirmeffekte durch die Kapselung von benachbarten Bauteilen auftreten, ist die Genauigkeit der Messmethode des vorliegenden Verfahrens zumindest gleich

15

In weiterer Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass eine Auswahl von Geräuschquellen vorgenommen wird und für diese Kombination von Geräuschquellen das Vorbeifahrtsgeräusch simuliert wird. Durch Messungen von verschiedenen Motorvarianten auf dem Prüfstand kann

20

eine Vielzahl von Kombinationen von Geräuschquellen berücksichtigt und eine Vorhersage des entsprechenden Vorbeifahrtsgeräusches getroffen werden. Darüber hinaus ist auch eine Vorhersage des Vorbeifahrtsgeräusches bei Änderung der Getriebeübersetzung möglich.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert.

25

Es zeigen Fig. 1 und 2 schematisch die Messung der Transferfunktion, Fig. 3 und 4 Vergleiche zwischen gemessenem und berechneten Schallpegelniveau für zwei unterschiedliche Getriebe-

30

Die Fig. 1 und 2 zeigen die Messsituation am Beispiel für neun Geräuschquellen mit je einem Nahfeldmikrofon und zwölf Vorbeifahrtsmikrophone. Die Zahl der Geräuschquellen und Mikrophone kann selbstverständlich unterschiedlich zum Beispiel sein. In einem Fahrzeug 1 ist pro Geräuschquelle S_1 bis S_9 mindestens ein Nahfeldmikrofon N_1 bis N_9 angeordnet, um Nahfeld-

35

messungen direkt an den Geräuschquellen durchzuführen. Weiters sind innerhalb einer Messstrecke in einem Abstand a von etwa 7,5 m von der Fahrzeugachse 1a entfernt mehrere Vorbeifahrtsmikrophone M_1 bis M_{12} ortsfest angeordnet. In einem ersten Schritt werden akustische Transferfunktionen NTF_i von allen Vorbeifahrtsmikrofonen M_1 bis M_{12} zu allen Nahfeldmikrofonen N_1 bis N_9 reziprok bestimmt. Die akustische Transferfunktion NTF_i ist dabei jeweils das Verhältnis zwischen Schalldruck p_i der Geräuschquelle S_1 bis S_9 zur Schallleistung P_i an einer

40

$$NTF_i = p_i/P_i \quad (1)$$

Nach der reziproken Bestimmung der Transferfunktion NTF von allen Vorbeifahrtsmikrofonpositionen M_1 bis M_{12} zu allen Nahfeldmikrofonen N_1 bis N_9 wird im Nahfeld eine Messung des Schalldruckes p_j jeder einzelnen Geräuschquelle S_1 bis S_9 bei einem Vollasthochlauf (Vorbeifahrtstest) vorgenommen. Aufgrund des solcher Art ermittelten Schalldruckes p_j jeder Geräuschquelle S_1 bis S_9 wird die Schallleistung P_j jeder Geräuschquelle S_1 bis S_9 berechnet, wobei gilt:

50

$$P_j = p_j^2/\rho/c \cdot A, \quad (2)$$

wobei ρ die Dichte der Luft, c die Schallgeschwindigkeit und A eine betrachtete Bezugsfläche ist. Schalldrücke p_j bzw. Schallleistungen P_j der einzelnen Geräuschquellen S_j ($j = 1$ bis 9) werden als Funktion der Motordrehzahl dargestellt und abgelegt.

55

Die Nahfeldmessungen können sowohl aus Messungen auf einem Rollenprüfstand als auch von einem Motor/Aggregat-Prüfstand stammen.

5 Als nächster Schritt wird aus der Schalleistung P_j jeder einzelnen Geräuschquelle S_1 bis S_9 und den Transferfunktion NTF_i der Anteil jeder Geräuschquelle zum Vorbeifahrtsgeräusch und das gesamte Vorbeifahrtsgeräusch bestimmt:

$$p_{\text{Quelle,pos}} = P_{\text{pos}} \cdot NTF_i \quad (3)$$

10 wobei P_{pos} die Schalleistung einer Geräuschquelle bei einer bestimmten Fahrzeugposition pos und NTF_i die jeweilige Transferfunktion für eine Geräuschquelle bei entsprechender Fahrzeugposition pos ist.

15 Dabei wird aus der Fahrzeuggeschwindigkeit die jeweilige Position des Fahrzeuges 1 innerhalb der Messtrecke bestimmt und aus der Motordrehzahl die zu diesem Zeitpunkt herrschende Anregung ermittelt. Die Schalleistung P_{pos} bei der jeweiligen Position wird somit aus der Beziehung von Motordrehzahl zur Fahrzeugposition bestimmt. Aus der Position wird das entsprechende Vorbeifahrtsmikrofon M_1 bis M_{12} und die jeweilige Transferfunktion NTF_i bestimmt.

20 Der tatsächliche Vorbeifahrtspegel $p_{\text{total,pos}}$ wird durch Aufsummierung der Schalldrücke $p_{\text{Quelle,pos}}$ aller Geräuschquellen ermittelt:

$$p_{\text{total,pos}} = \sum p_{\text{Quelle,pos}} \quad (4)$$

25 Die beschriebene Messmethode bietet folgende Möglichkeiten:

1. Bestimmung des tatsächlichen Vorbeifahrtsgeräusches
2. Bestimmung der Anteile einzelner Geräuschquellen
3. Verschiedene Kombination von Geräuschquellen (Vorhersage des Vorbeifahrtsgeräusches aus Messungen von verschiedenen Motorvarianten auf dem Prüfstand)
- 30 4. Vorhersage des Vorbeifahrtsgeräusches bei Änderung der Getriebeübersetzung

Im Vergleich zur Fenster-Methode (Window-Methode), bei der alle Geräuschquellen am Fahrzeug gekapselt und nur jeweils eine Quelle zur Messung des Vorbeifahrtsgeräusches ausgepackt wird, bietet die beschriebene Messmethode folgende Vorteile:

- Zumindest gleiche oder höhere Genauigkeit gegenüber der Window-Methode
- Keine Veränderung der Temperaturen (bei Window-Methode entstehen wesentlich höhere Betriebstemperaturen speziell bei der Auspuffanlage)
- 40 - Keine Zunahme des Fahrzeuggewichtes
- Keine Abschirmeffekte durch Kapselung von Bauteilen (z.B. Motorkapselung schirmt bei Window-Methode die Abstrahlung des Getriebes deutlich ab)
- Abschirmung durch Schaumstoff und Blei wirken bei der Window-Methode erst bei Frequenzen ab ca. 300 Hz
- 45 - Die Geräuschemessung bei der Window-Methode beinhaltet Geräuschanteile der eingekapselten Quellen, da diese nicht vollständig abgeschirmt werden können (z.B. Durchtritt der Halbachsen)
- Die Genauigkeit der Bestimmung der Geräuschbeiträge der einzelnen Geräuschquellen ist bei der Window-Methode stark von der Messgenauigkeit beeinflusst (z.B. Restgeräusch = 67 dB, Gemessener Beitrag = 68 dB $\pm$ 0,5 dB $\rightarrow$ Beitrag = 57,9 - 63,1 dB)
- 50 - Deutliche Zeit-/Kostenersparnis gegenüber Window-Methode. Gesamtdauer der beschriebenen Methode ca. zwei Tage (ein Tag Vorbereitung, ein Tag Messung)

Die Fig. 3 und 4 zeigen ein Anwendungsbeispiel der beschriebenen Messmethode, wobei das Schallniveau L in dBA über dem Messweg x aufgetragen ist. Fig. 3 zeigt das Schallniveau L in

der zweiten Getriebestufe, Fig. 4 zeigt das Schallniveau L in der dritten Getriebestufe. Die Kurve L_1 zeigt dabei jeweils das Messergebnis, die Kurve L_2 das mit dem beschriebenen Verfahren berechnete Ergebnis. Deutlich ist eine gute Korrelation festzustellen.

5

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Ermittlung und/oder Simulation des Vorbeifahrtsgeräusches und der Beiträge einzelner Geräuschquellen zum Vorbeifahrtsgeräusch bei einem mehrere Geräuschquellen (S_1 bis S_9) aufweisenden Kraftfahrzeug (1), *gekennzeichnet durch* folgende Schritte:
 - a) Bereitstellen zumindest eines fahrzeugfesten Nahfeldmikrofones (N_1 bis N_9) pro Geräuschquelle (S_1 bis S_9) und zumindest eines ortsfesten Vorbeifahrtsmikrofones (M_1 bis M_{12}) außerhalb des Fahrzeuges (1),
 - b) Bestimmung jeweils einer Transferfunktion (NTF_i) von jeder Vorbeifahrtsmikrofonposition (M_1 bis M_{12}) zu jedem Nahfeldmikrofon (N_1 bis N_9) als Verhältnisses des Schalldruckes (p_i) zur Schallleistung (P_i),
 - c) Messung des Schalldruckes (P_j) jeder einzelnen Geräuschquelle (S_1 bis S_9) im Nahfeld während eines Vollasthochlaufes,
 - d) Berechnung der Schallleistung (P_j) jeder einzelnen Geräuschquelle (S_1 bis S_9),
 - e) Berechnung des Anteiles jeder Geräuschquelle (S_1 bis S_9) am gesamten Vorbeifahrtsgeräusch des Fahrzeuges (1) und/oder Berechnung des gesamten Vorbeifahrtsgeräusches aus der Transferfunktion (NTF_i) und den Schallleistungen (P_j) jeder einzelnen Geräuschquelle (S_1 bis S_9) während des Vollasthochlaufes.
2. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass während der Nahfeldmessung des Schrittes c) die Fahrzeuggeschwindigkeit ermittelt wird und den Messergebnissen der Nahfeldmessung zugeordnet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass aus der Fahrzeuggeschwindigkeit die jeweilige Position des Fahrzeuges (1) relativ zu den Vorbeifahrtsmikrofonen (M_1 bis M_{12}) bestimmt wird und aus der Positionsbestimmung die jeweils nächsten Vorbeifahrtsmikrofone (M_1 bis M_{12}) samt den zugehörigen Transferfunktionen (NTF_i) für die Vorbeifahrtsgeräuschermittlung ausgewählt werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass während der Nahfeldmessung des Schrittes c) die Motordrehzahl gemessen und die Schalldrücke (p_j) der einzelnen Geräuschquellen (S_1 bis S_9) als Funktion der Motordrehzahl abgelegt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass aus Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder Motordrehzahl für jede Position des Fahrzeuges der Schalldruck ($p_{Quelle,pos}$) jeder einzelnen Geräuschquelle (S_1 bis S_9) ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass eine Auswahl von Geräuschquellen (S_1 bis S_9) vorgenommen wird und für diese Kombination von Geräuschquellen (S_1 bis S_9) das Vorbeifahrtsgeräusch simuliert wird.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

50

55

