



**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

Anmeldenummer: 88113362.3

Int. Cl.4: F01N 1/18 , F01N 1/16

Anmeldetag: 17.08.88

Priorität: 15.09.87 DE 3730890

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
22.03.89 Patentblatt 89/12

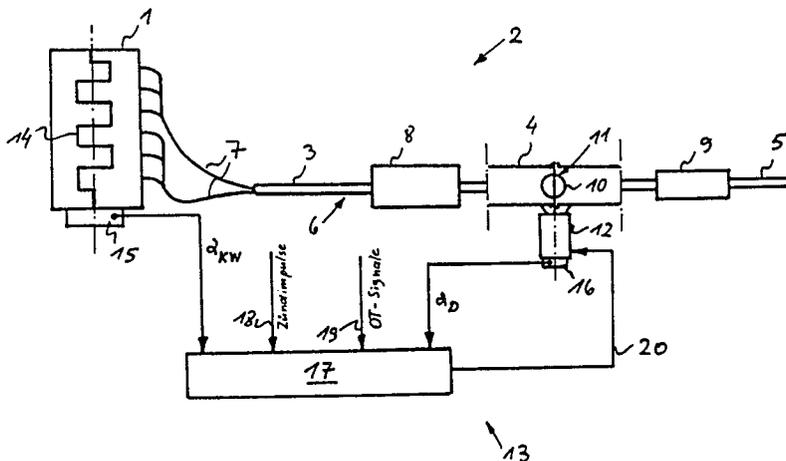
Benannte Vertragsstaaten:  
DE ES FR GB IT SE

Anmelder: **BAYERISCHE MOTOREN WERKE**  
**Aktiengesellschaft**  
Postfach 40 02 40 Petuelring 130 - AJ-30  
D-8000 München 40(DE)

Erfinder: **Freymann, Raymond, Dr.**  
**Bahnhofstrasse 27**  
**D-8057 Echling(DE)**  
Erfinder: **Keck, Albrecht**  
**Dachauer Strasse 23**  
**D-8042 Oberschleissheim(DE)**  
Erfinder: **Haas, Anton**  
**Hagener Leite 1**  
**D-8110 Murnau(DE)**

Arbeitsverfahren zur Schalldämpfung in gasführenden Anlagen mit dynamischen Druckschwankungen im Strömungsmedium, insbesondere in Abgasanlagen von Brennkraftmaschinen.

Bei einem Arbeitsverfahren zur Schalldämpfung in Abgasanlagen von Brennkraftmaschinen mit einer Drosselung der Abgasanlage in Abhängigkeit mindestens einer Betriebsgröße der Brennkraftmaschine wird vorgeschlagen, daß die Abgasanlage lediglich bei positiven Druckamplituden der dynamischen Abgasdruckschwankungen und synchron mit der Frequenz dieser Druckamplituden gedrosselt wird.



EP 0 307 639 A1

Fis. 1

## Arbeitsverfahren zur Schalldämpfung in gasführenden Anlagen mit dynamischen Druckschwankungen im Strömungsmedium, insbesondere in Abgasanlagen von Brennkraftmaschinen

Die Erfindung betrifft ein Arbeitsverfahren zur Schalldämpfung in gasführenden Anlagen gemäß der im Oberbegriff des Anspruches 1 beschriebenen Art.

Für Abgasanlagen von Brennkraftmaschinen, insbesondere in Kraftfahrzeugen, dienen zur Schalldämpfung Absorptionsdämpfer, Reflexionsdämpfer oder aus beiden kombinierte Einrichtungen. Es ist ferner bekannt, zur Schalldämpfung einen Strömungsquerschnitt bis auf einen vorbestimmten Restquerschnitt zu drosseln. So zeigt beispielsweise die US-A-3 181 648 einen Schalldämpfer mit zur Ebene eines Durchströmquerschnittes winkelig angestellter Drosselklappe. Derartige Schalldämpfer mit Drosselklappen mit im Betrieb unveränderlichen Winkellagen sind nur in einem relativ geringen Frequenzbereich wirksam.

Den Nachteil der im Betrieb unveränderlichen Winkellage vermeidet ein aus der US-A-2 492 784 für ein Kraftfahrzeug bekannter Schalldämpfer, der aus einem diffusorartigen Rohr mit einer etwa im größten Querschnitt schwenkbeweglich angeordneten Drosselklappe gebildet ist. Die Stärke der Schalldämpfung wird hierbei vom Fahrer des Kraftfahrzeuges durch willkürliche Änderungen der Winkellage der Drosselklappe bestimmt, wobei für die Änderung je nach den äußeren Umständen im wesentlichen entweder eine hohe Leistungsentfaltung der Maschine oder eine starke Schalldämpfung maßgebend sind. Eine wirksame Schalldämpfung bei geringem Leistungsverlust über einen relativ weiten Drehzahlbereich ist damit nicht erreichbar.

Aus der US-A-3 751 921 ist eine Zweitakt-Brennkraftmaschine mit einer Abgasanlage bekannt, in der eine drehbewegliche Drosselklappe angeordnet ist. Die Drosselklappe steht in Antriebsverbindung mit einem Stellantrieb einer Steuereinrichtung, wobei als Steuergröße über der Maschinendrehzahl der Vorverdichtungsdruck im Kurbelgehäuse der Zweitaktmaschine dient. Da der Druck im Kurbelgehäuse mit der Maschinendrehzahl steigt, gibt die Drosselklappe mit zunehmender Abgaspulsations-Frequenz den Strömungsquerschnitt immer mehr frei, bis sie schließlich parallel zur Strömung des Abgases gehalten wird. Nachteilig bei diesem Arbeitsverfahren ist, daß bei höheren Abgaspulsations-Frequenzen eine der Schalldämpfung dienende Drosselung nicht mehr gegeben ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Arbeitsverfahren zur Schalldämpfung in gasführenden Anlagen, insbesondere in Abgasanlagen von Brennkraftmaschinen, mittels Drosselung so zu ver-

bessern, daß über einen gewünscht breiten Frequenzbereich der dynamischen Druckschwankungen im Strömungsmedium bei dessen Austritt aus der Anlage in die freie Umgebung eine wirksame Schalldämpfung ohne wesentliche Erhöhung des Strömungswiderstandes erreicht ist.

Diese Aufgabe wird mit den kennzeichnenden Mitteln des Anspruches 1 gelöst. Kern der Erfindung ist es, den Strömungsquerschnitt einer gasführenden Anlage bei schallpegelbestimmenden Druckschwankungen entsprechend zeitlich zu ändern und damit die Schallanregung beim Austritt des Strömungsmediums aus der Anlage in die freie Umgebung zu reduzieren. Ein derartiges Arbeitsverfahren ist besonders wirksam in Abgasanlagen von Brennkraftmaschinen. In Verbindung mit dem Anspruch 2 ist dabei vorteilhaft, daß der Strömungsquerschnitt der Abgasanlage nur beim Auftreten positiver Druckamplituden reduziert bzw. gedrosselt wird, ansonsten jedoch der mit der Drosselung verbundene Strömungswiderstand reduziert wird. Die auf die Frequenz der positiven Amplitude abgestellte Drosselung mit lediglich zeitweise reduziertem Strömungsquerschnitt ergibt ferner eine wirksame Schalldämpfung in jedem Drehzahlbereich der Brennkraftmaschine über einen gewünscht breiten Frequenzbereich der Abgaspulsationen ohne wesentliche leistungsmindernde Rückwirkung auf die Maschine.

Weitere Vorteile bietet die Erfindung in Kombination mit einem stromauf der Drosselstelle in der Abgasanlage vorgesehenen Kammer, die beispielsweise durch einen herkömmlichen Absorptions- und/oder Reflexions-Dämpfer gegeben sein kann. Diese dient der Dämpfung von in/an der Drosselstelle reflektierten Druckwellen, deren evtl. leistungsmindernde Rückwirkung damit reduziert wird. In Verbindung mit einem herkömmlichen Schalldämpfer der o.g. Bauart bietet die Erfindung den wesentlichen Vorteil eines zusätzlichen Schalldämpfers. Dieser kann bei vorhandenen Abgasanlagen zur weiteren Absenkung des Auspuff-Geräuschpegels nachgerüstet werden. Der Schalldämpfer nach Anspruch 1 der Erfindung kann bei kombinierter Anordnung mit einer Kammer bzw. einem Schalldämpfer herkömmlicher Bauart durch geschickte Aufteilung der Dämpfungsanteile (tiefe und hohe Frequenzen) auf beide Dämpfersysteme dazu dienen, Bauvolumen und Bauaufwand der herkömmlichen Absorptions- und/oder Reflexions-Dämpfer wesentlich zu reduzieren. Dies wiederum ist vorteilhaft für die Gestaltung einer glatten Fahrzeugunterseite bei Personenkraftwagen sowie für einen geringen Aufwand an Wärmedämmeinrich-

tungen und Schalldamm-Material.

Die Erfindung wird vorzugsweise durch eine schwenkund/oder rotationsbeweglich angetriebene Drosselklappe verwirklicht, wobei ein elektrischer Motor (Schrittschaltmotor) den Stellantrieb in einer Regeleinrichtung bzw. in einem Regelkreis bildet. Kern der Regelphilosophie hierbei ist, die momentane Winkellage der Drosselklappe für von den Frequenzen der positiven Druckamplituden abhängig synchrone Zuordnungen über auf den OT eines Referenzzylinders der Brennkraftmaschine bezogene Winkellage der Kurbelwelle zu regeln. Aus gemessenen absoluten Winkellagen beider Einrichtungen können die relativen Winkellagen je nach Arbeitsverfahren der Brennkraftmaschine, deren Zylinderzahl und der Anzahl der bei einer Brennkraftmaschine vorhandenen Zylindergruppen zugeordneten Abgasanlagen entsprechend drehzahlabhängig geregelt werden. Auf die Regeleinrichtung bzw. den Regelkreis bezogen heißt das, daß die relativen Phasenlagen zwischen den zeitlich harmonischen Signalen der Kurbelwellendrehung und den Signalen zur Drosselklappenbetätigung in Abhängigkeit von der Motordrehzahl verändert werden, vorzugsweise über ein Kompensationsnetzwerk. Für eine weitere, lastabhängige Synchronisation der Schalldämpfer-Drosselklappe mit den Frequenzen der positiven Druckamplituden werden dem Kompensationsnetzwerk weitere Signale zugeführt, vorzugsweise Zündimpulssignale.

Bei der vorbeschriebenen Regelung wird davon ausgegangen, daß die Drosselklappe zur maximalen Schalldämpfung im wesentlichen bei Druckamplituden-Maximum den jeweiligen Strömungsquerschnitt der Abgasanlage am stärksten drosselt. Für eine Drosselklappe in einem Rohrabschnitt der Abgasanlage bedeutet dies eine zur Rohrachse und damit zur Strömungsrichtung des Abgases senkrechte Winkellage, wobei der zwischen Drosselklappe und Rohrwandung gewählte Ringspalt auf einen bestimmten, ggf. maximalen Abgas-Massendurchsatz ausgelegt ist. Für eine in Wechselwirkung der Drosselklappe mit einem herkömmlichen Schalldämpfer bekannter Bauart erreichte Schalldämpfung kann eine mehr oder weniger von der vorgenannten senkrechten Winkellage abweichende Position relativ zum Druckamplituden-Maximum günstig sein. Zur Erzielung einer derartigen momentanen Winkellage der Drosselklappe relativ zum Maximum der positiven Druckamplitude kann das Kompensationsnetzwerk mit einem gesonderten Kennfeld ausgerüstet sein, das als Eingangssignale Zündimpulse und/oder Drehzahlsignale in Verbindung mit Lastsignalen erhält.

Die Erfindung ist anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Brennkraftmaschine mit einer Abgasanlage für kombinierte Schalldämpfung durch einen herkömmlichen Dämpfer mit einer Drosselklappe,

Fig. 2 Stellungen der Drosselklappe bei zwei aufeinanderfolgenden Druckamplituden.

Eine lediglich schematisch dargestellte Sechszylinder-Brennkraftmaschine 1 umfaßt eine Abgasanlage 2 mit einer in Abschnitte 3, 4 und 5 unterteilten Sammelleitung 6, in die für Zylindergruppen vorgesehene Einzelleitungen 7 einmünden. Die Abschnitte 3 und 4 verbindet eine erste Kammer 8, die ein kombinierter Absorptions-/Reflexions-Dämpfer sein kann. Weiter können die Abschnitte 4 und 5 über eine zweite Kammer 9 miteinander in Verbindung stehen, in der ein Nachschalldämpfer oder Katalysator angeordnet sein kann.

Zwischen den Kammern 8 und 9 ist in dem Abschnitt 4 der Sammelleitung 6 eine drehwinkelbeweglich angeordnete Drosselklappe 10 vorgesehen. Die Drosselklappe 10 ist unter Belassung eines umfänglichen Ringspaltes 11 im Rohrabschnitt 4 angeordnet. Weiter ist für die Drosselklappe 10 ein elektrischer Motor (Schrittschaltmotor) 12 als Stellantrieb einer Regeleinrichtung 13 bzw. eines Regelkreises vorgesehen.

Die Regeleinrichtung 13 umfaßt einen ersten, mit der Kurbelwelle 14 der Brennkraftmaschine 1 verbundenen Drehwinkelgeber 15 und einen zweiten, mit dem Anker des Schrittmotors 12 verbundenen Drehwinkelgeber 16. Beide Drehwinkelgeber 15 und 16 geben ihre Signale  $\alpha_{KW}$  und  $\alpha_D$  an ein Kompensationsnetzwerk 17 der Regeleinrichtung 13. Das Kompensationsnetzwerk 17 weist weitere Eingänge 18 und 19 für Zündimpulse und die OT-Marke eines Referenzzylinders der Brennkraftmaschine 1 auf. Über einen Ausgang 20 gehen Stellsignale des Kompensationsnetzwerkes 17 an den Schrittmotor 12.

Der Motor 12 wird so geregelt, daß er die Drosselklappe 10 bei Ankunft einer positiven Druckamplitude einer Abgas-Druckwelle im wesentlichen größtmöglich drosselt, Position A in Fig. 2. Der durch den im freien Drosselquerschnitt des Ringspaltes 11 erzielte Strömungswiderstand bewirkte Druckverlust in der Abgas-Druckwelle ergibt ein entsprechendes Maß an Schalldämpfung.

Zur Erzielung eines geringen Leistungsverlustes der Brennkraftmaschine 1 wird der Motor 12 weiter so geregelt, daß die Drosselklappe 10 zwischen zwei aufeinanderfolgenden Druckamplituden-Maximalwerten den Strömungsquerschnitt des Rohrabschnittes 4 mehr oder weniger freigibt, Positionen B und C in Fig. 2. Damit wird die Abgasanlage 2 lediglich bei positiven Druckamplituden der dynamischen Abgasdruckschwankungen und synchron mit der Frequenz dieser Druckamplituden

gedrosselt.

Die Frequenz der Druckamplituden bzw. der Abgas-Druckschwankungen bzw. der Abgas-Pulsationen steht in einem festen Verhältnis mit der Frequenz der Drehzahl der Kurbelwelle 14 der Brennkraftmaschine 1. Bei einer Sechs-Zylinder-Vier-Takt-Brennkraftmaschine 1 beispielsweise erfolgen die Druckamplituden bzw. Abgas-Pulsationen nach der dritten Harmonischen der durch die Kurbelwellendrehzahl gegebenen Grundfrequenz. Diese Frequenzabhängigkeit dient in der Regelphilosophie der Regeleinrichtung 13 dazu, die momentane Winkellage der Drosselklappe 10 relativ zum Maximum einer Druckamplitude für eine entsprechende Schalldämpfung aus der auf den OT eines Referenzzylinders bezogenen Winkellage der Kurbelwelle 14 über das Kompensationsnetzwerk 17 zu bestimmten bzw. zu regeln. Für eine zusätzlich lastabhängige Regelung der Drosselklappe 10 dienen die dem Kompensationsnetzwerk 17 über den Eingang 18 zugeführten Zündimpulse. Damit kann die momentane Winkellage der Drosselklappe 10 relativ zum positiven Druckamplituden-Maximum zwischen den Positionen A und B gemäß Fig. 2 gewählt werden. Für diese betriebspunktabhängige Regelung kann in dem Kompensationsnetzwerk 17 ein gesondertes Kennfeld vorgesehen sein.

Diese drehzahl- und last- bzw. betriebspunktabhängige Regelung der Schalldämpfung mittels der Drosselklappe 10 kann ferner zur Abstimmung einer aus Drosselklappe 10 und einer stromauf angeordneten Kammer 8 gebildeten Schalldämpferanlage in der Weise dienen, daß die durch einen Absorptions- und/oder Reflexions-Dämpfer repräsentierte Kammer 8 in ihrem Bauvolumen und Bauaufwand reduziert ausgebildet werden kann.

Aus dem weiter oben angegebenen Zusammenhang der Frequenz der Druckamplituden mit der Frequenz der Drehzahl der Kurbelwelle 14 der Vier-Takt-Brennkraftmaschine 1 ergibt sich die erforderliche Drehzahl der rotierend angeordneten Drosselklappe 10 aus der halben Frequenz der entsprechend der Zylinderzahl je Kurbelwellenumdrehung anfallenden, dominanten Abgaspulsationen, wobei mit dem Wert der halben Frequenz das zweimalige Verschließen des Strömungsquerschnittes des Abschnittes 4 der Sammelleitung 6 bei einer Umdrehung der rotierenden Drosselklappe 10 berücksichtigt ist. Mit den aus dem festen Verhältnis der weiter oben genannten Frequenzen abgeleiteten Drehzahlen der Drosselklappe 10 kann ein relativ weiter Betriebsbereich der Brennkraftmaschine 1 abgedeckt werden. Zur Erzielung einer zusätzlichen Dämpfung in anderen Betriebsbereichen der Brennkraftmaschine 1 kann das Verhältnis der Drehzahl der Drosselklappe 10 zur halben Frequenz der mit den Auslaßstößen beim Öffnen der Auslaßventile identischen Abgaspulsationen varia-

bel gewählt werden.

Weiter kann das erfindungsgemäße Arbeitsverfahren der Schalldämpfung mittels einer frequenzabhängig schwing-und/oder rotationsbeweglich vom Motor 12 angetriebenen Drosselklappe 10 als Zusatzeinrichtung zur Dämpfung besonders für den Auspuff-Schallpegel kritischer Abgaspulsationen dienen.

Zur weiteren Reduzierung leistungsmindernder Rückwirkungen durch an der Drosselklappe 10 reflektierter Druckwellen bzw. Abgaspulsationen dient die stromauf angeordnete Kammer 8 zur Dämpfung der reflektierten Pulsationen.

Um eine hohe thermische Belastung des Motors 12 zu vermeiden, kann dieser die Drosselklappe 10 über eine (nicht gezeigte) biegsame Welle antreiben.

Das Kompensationsnetzwerk 17 schließlich kann für analoge oder digitale Signalverarbeitung ausgelegt sein, wobei bei letzterem das OT-Signal von einer der Brennkraftmaschine 1 zugeordneten Motronik zugeführt ist.

Schließlich kann bei einer Brennkraftmaschine mit verstellbarer Nockenwelle an dieser ein weiterer Drehwinkelgeber angeordnet sein.

#### Ansprüche

1. Arbeitsverfahren zur Schalldämpfung in gasführenden Anlagen mit dynamischen Druckschwankungen im Strömungsmedium, insbesondere in Abgasanlagen von Brennkraftmaschinen,  
- wobei die Anlage in Abhängigkeit mindestens einer Betriebsgröße der Strömungsquelle (Brennkraftmaschine) gedrosselt wird, dadurch gekennzeichnet,

- daß ein Strömungsquerschnitt der Anlage im wesentlichen zeitlich synchron mit der Frequenz einer schallpegelbestimmenden Druckschwankung (Druckamplitude) gedrosselt wird.

2. Arbeitsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungsquerschnitt der Anlage lediglich bei positiven Druckamplituden der dynamischen Druckschwankungen gedrosselt wird.

3. Arbeitsverfahren nach den Ansprüchen 1 und/oder 2, gekennzeichnet durch eine der Drosselstelle stromauf in der Anlage zugeordnete Kammer (Absorptions-und/oder Reflexions-Dämpfer, Katalysator).

4. Vorrichtung zur Durchführung des Arbeitsverfahrens in der Abgasanlage einer Brennkraftmaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 - 3,

- mit einer winkelbeweglichen Drosselklappe und einem betriebsgrößenabhängig beeinflussbaren Stellantrieb, dadurch gekennzeichnet,  
- daß die Drosselklappe (10) unter Belastung eines

umfänglichen Ringspaltes (11) drehwinkelbeweglich in einem Rohrabschnitt (4) der Abgasanlage (2) angeordnet ist, und

- daß ein elektrischer Schrittmotor (12) als Stellantrieb einer Regeleinrichtung (13) vorgesehen ist, 5
- die je einen dem Schrittmotor und dem Triebwerk (Kurbelwelle 14) der Brennkraftmaschine (1) zugeordneten Drehwinkelheber (15,16) umfaßt,
- die über Signalleitungen mit einem Kompensationsnetzwerk (17) der Regeleinrichtung in Verbindung stehen, und 10
- daß das Kompensationsnetzwerk ferner weitere Eingänge (18,19) für Steuersignale (OT-, Zündimpuls-Signale) aufweist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die schwing- und/oder rotationsbeweglich angetriebene Drosselklappe (10) in ihrer momentanen Winkellage relativ zum Maximum der positiven Druckamplitude einstellbar ist. 15

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Kompensationsnetzwerk (17) in Signalverbindung steht mit einem gesonderten Kennfeld zur Regelung der Drosselklappe (10) in ihrer momentanen Winkellage relativ zu einem Druckamplituden-Maximum. 20 25

7. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,

- daß die Drosselklappe in einer dem Strömungsquerschnitt mindestens entsprechenden Öffnung einer Blende angeordnet ist, und 30
- die Blende zwischen doppelkonischen Rohrabschnitten der Abgasanlage vorgesehen ist.

8. Arbeitsverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 - 3 zur Anwendung bei Brennkraftmaschinen mit einer Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 4 - 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Vier-Takt-Brennkraftmaschine die Drehzahl der Drosselklappe entsprechend der halben Frequenz der entsprechend der Zylinderzahl je Kurbelwellenumdrehung anstehenden, dominanten Abgaspulsationen gewählt wird. 35 40

9. Arbeitsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,

- daß die jeweilige Drehzahl der Drosselklappe in Abhängigkeit der halben Frequenz der dominanten Abgaspulsationen für einen bestimmten Drehzahl-/Last-Bereich gewählt wird, und 45
- daß in einem anderen Drehzahl-/Last-Bereich das Verhältnis der Drehzahl der Drosselklappe zur halben Frequenz der Abgaspulsationen variabel gewählt wird. 50

55

5

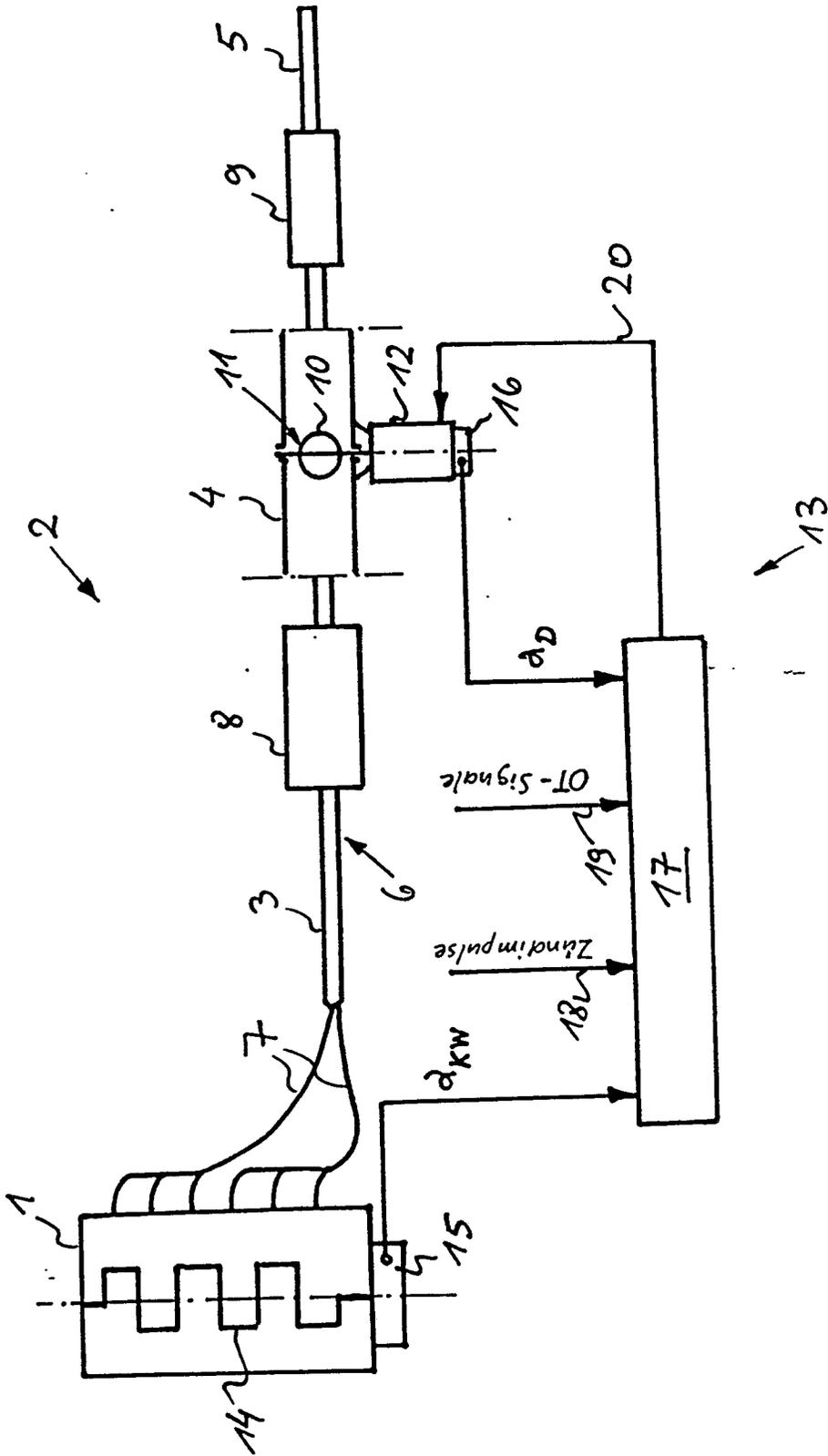
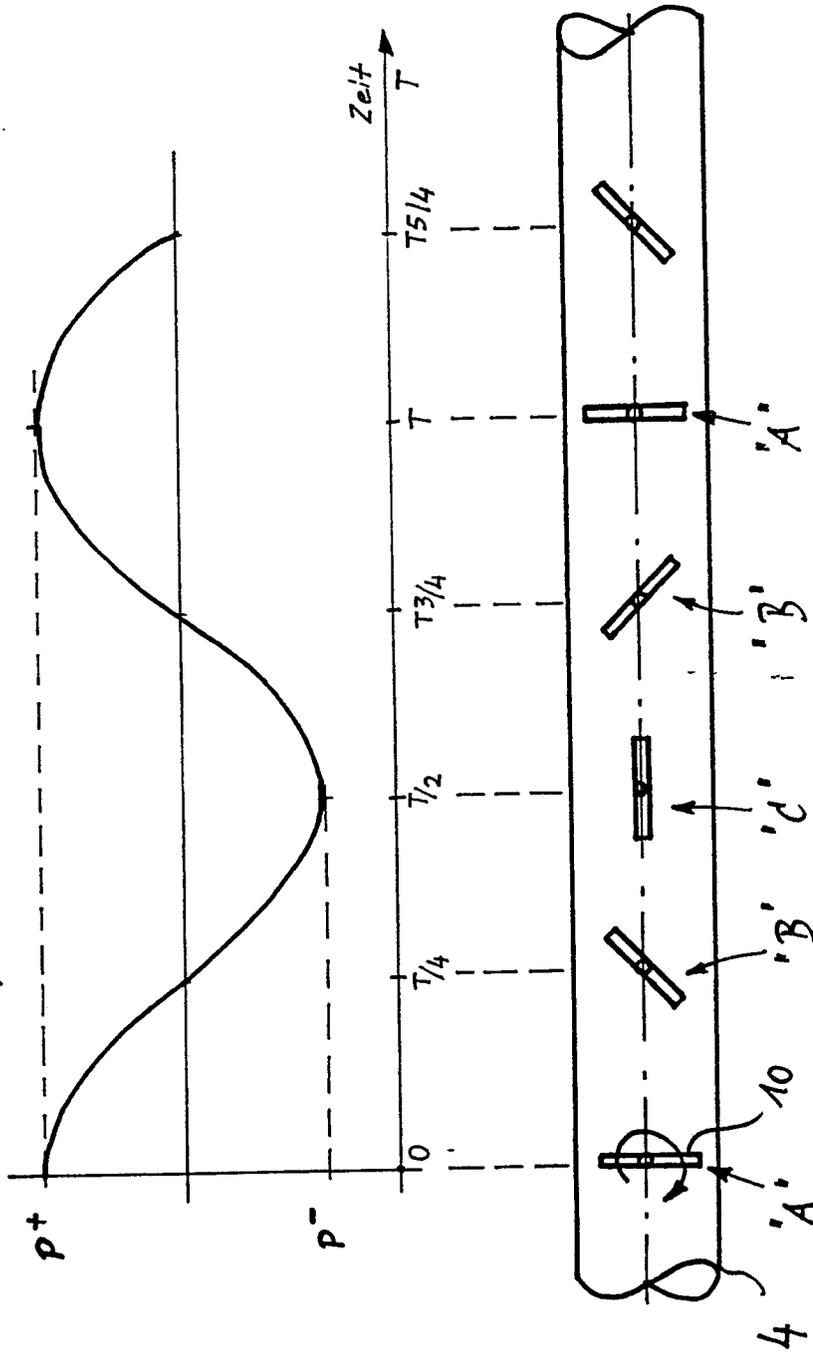


Fig. 1

Dynamischer Gasdruck im Auspuffrohr



Kloppenstellung zu verschiedenen  
Zeitpunkten

Fig. 2

POOR QUALITY



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
X	US-A-2 320 668 (SMITH) * Seite 1, Absatz 11 - Seite 2, Absatz 5; Figuren 1-3 * ---	1-3	F 01 N 1/18 F 01 N 1/16
X	FR-A- 360 413 (WEISS) * Seite 1, Zeile 23 - Seite 2, Zeile 26; Figuren 1-4 * -----	1-3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
			F 01 N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 08-12-1988	Prüfer HAKHVERDI M.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer andern Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			