

(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
23. Dezember 2009 (23.12.2009)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/153033 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

B64D 13/00 (2006.01) **G01L 19/00** (2006.01)
B64D 15/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/004368

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Juni 2009 (17.06.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2008 029 469.1 20. Juni 2008 (20.06.2008) DE
61/074,185 20. Juni 2008 (20.06.2008) US

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **AIRBUS OPERATIONS GMBH** [DE/DE];
Kreetslag 10, 21129 Hamburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KELNHOFER, Jür-
gen** [DE/DE]; Estebriüggerstrasse 33, 21635 Jork (DE).
KRAKOWSKI, Dariusz [DE/DE]; Im Obstgarten 31,
21614 Buxtehude (DE).

(74) Anwalt: **SCHICKER, Silvia**; Wuesthoff & Wuesthoff,
Schweigerstrasse 2, 81541 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

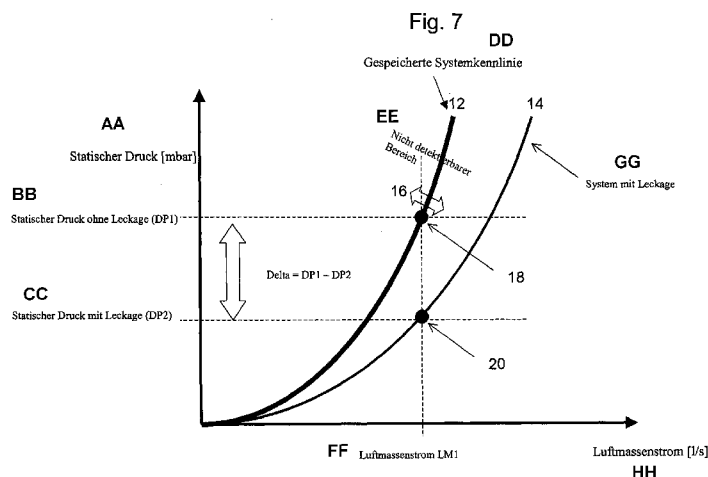
Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: AIRCRAFT CONDUIT MONITORING SYSTEM AND METHOD

(54) Bezeichnung: LUFTFAHRZEUGLEITUNGSÜBERWACHUNGSSYSTEM UND -VERFAHREN



AA... Static pressure [mbar]
BB... Static pressure without a leak (DP1)
CC... Static pressure with a leak (DP2)
DD... Stored characteristic curve of the system
EE... Undetectable range
FF... Air mass flow rate LM1
GG... System having a leak
HH... Air mass flow rate [l/s]

(57) Abstract: The invention relates to an aircraft conduit monitoring system comprising a conduit that conducts gas from a source to a point of application. A flow sensing device and a pressure sensing device are provided within the conduit. At least one desired value of a gas mass flow rate and at least one desired value of a pressure are sensed in a learning mode of operation. Said desired values are compared with sensed actual values in the normal mode of operation. A gas volume flow rate can also be sensed and processed instead of a gas mass flow rate.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem mit einer Leitung, die Gas von einer Quelle zu einem Einsatzort leitet. In der Leitung sind eine Durchflusserfassungseinrichtung und eine Druckerfassungseinrichtung vorgesehen. In einem Lernbetrieb werden zumindest ein Soll-Wert eines Gasmassenstroms und zumindest ein Soll-Wert eines Drucks erfasst. Diese Soll-Werte werden im Normalbetrieb mit erfassten Ist-Werten verglichen. Anstelle eines Gasmassenstroms kann auch ein Gasvolumenstrom erfasst und verarbeitet werden.



Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem und -verfahren

5 Die Erfindung betrifft ein Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem und -verfahren, insbesondere für ein Luftfahrzeugflügelenteisungssystem und eine Luftfahrzeugklimaanlage.

10 Flugzeuge weisen ein Enteisungssystem auf, das während des Fluges heiße Zapfluft von einem Triebwerk zu einem Flügel, insbesondere den Flügelvorderkanten, leitet. Dadurch wird während des Fluges der Flügel bei einer Temperatur gehalten, bei der sicherstellt ist, dass sich kein Eis am Flügel bildet. Wie allgemein bekannt ist, kann Eis an einem Flügel zu einem Absturz des Flugzeuges führen. Der Einsatz dieses Enteisungssystems ist insbesondere beim Sinkflug wichtig. Fliegt das Flugzeug in
15 großer Höhe, beispielsweise 10.000 Meter, weist die Luft relativ wenig Feuchtigkeit auf, jedoch ist sie sehr kalt. Dadurch wird auch der Flügel des Flugzeuges auf eine niedrige Temperatur abgekühlt. Während des Sinkfluges kann das Flugzeug in feuchtere Luftschichten eintreten. Da der Flügel des Luftfahrzeuges immer noch eine Temperatur deutlich unter 0°C aufweist, kann sich beim Sinkflug unterhalb einer
20 Höhe von etwa 7.300 Metern (etwa 22.000 Fuß) Eis am Flügel bilden, was zu einem Absturz führen kann. Wie eingangs erwähnt, hat die zu den Flügelvorderkanten geleitete heiße Luft die Aufgabe, den Flügel des Flugzeuges so zu erwärmen, dass auch während des Sinkfluges kein Eis am Flügel entstehen kann.

25 Eine undichte Heißluftleitung in einem Flügel kann dazu führen, dass der Flügel nicht vollständig enteist wird. Ferner tritt heiße Luft in das Flügelinnere ein, was Bauteile im Flügel beschädigen kann und die strukturelle Integrität des Flügels beeinträchtigen kann.

30 Heiße Luft mit einer Temperatur von etwa 200°C und höher kann die Festigkeit eines aus einem Metall hergestellten Flügels des Standes der Technik reduzieren. Es ist geplant, die Flügel zukünftiger Flugzeuggenerationen aus einem Verbundmaterial aufzubauen, um deren Gewicht zu reduzieren. Ein verwendetes Verbundmaterial ist glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK), dessen strukturelle Integrität bei bereits ca.
35 85°C abnimmt. Es muss folglich verhindert werden, dass Triebwerkszapfluft mit einer Temperatur von etwa 200°C in einen aus einem Verbundmaterial hergestellten Flügel eintritt. Bei einem aus einem Verbundmaterial hergestellten Flügel kann das Eintre-

ten heißer Luft in den Flügel stärkere Auswirkungen auf die strukturelle Integrität des Flügels nach sich ziehen.

Um sicherzustellen, dass die Flügel zuverlässig enteist werden, werden in der Leitung ein Drucksensor, der den statischen Druck in der Leitung erfasst, und ein Durchflusssensor vorgesehen, der den Luftvolumenstrom erfasst. Optional kann ein Temperatursensor vorgesehen sein, der die Temperatur der durch die Leitung strömenden Luft erfasst. Sind die Temperatur und der Luftvolumenstrom bekannt, kann daraus der Luftmassenstrom bestimmt werden.

Die Figur 1 zeigt eine erste Kennlinie 101 des Luftmassenstroms über den statischen Druck in der Leitung, falls keine Leckage vorliegt. Die Kennlinie 102 zeigt den statischen Druck über den Luftmassenstrom, falls eine Leckage vorhanden ist. Durch die Leckage ergibt sich eine neue Charakteristik von Luftmassenstrom zu statischem Druck. Es kann sich ein geringerer statischer Druck bei gleichbleibendem Luftmassenstrom oder ein höherer Luftmassenstrom bei gleichbleibendem statischem Druck einstellen. Es ist jedoch auch möglich, dass sich beide Größen ändern. Es kann der Luftvolumenstrom gemessen werden und mit Hilfe der Lufttemperatur der Luftmassenstrom berechnet werden.

Die Kennlinie zwischen Luftmassenstrom und statischem Druck unterliegt Schwankungen aufgrund von Exemplarstreuungen des Leitungssystems in der Höhe von etwa $\pm 5\%$ und mehr. Beispielsweise können Montagetoleranzen bei Biegungen und Abzweigungen die Kennlinie von Luftmassenstrom und statischem Druck beeinflussen. Falls keine Toleranz zugrundegelegt wird, hat das System die in Figur 2 gezeigte Kennlinie 103. Falls der maximale Fehler in eine erste Richtung zugrundegelegt wird, hat das System die Kennlinie 104 und falls der maximale Fehler in eine zweite, entgegengesetzte Richtung zugrundegelegt wird, hat das System die Kennlinie 105. Bewegt sich ein Punkt oder eine Kennlinie innerhalb des durch die Kennlinien 104 und 105 beschränkten Bereichs, kann eine Leckage nicht erkannt werden.

Figur 3 zeigt die Kennlinie 103, bei der keine Toleranz zugrundegelegt wird. Die Kennlinie 104 zeigt den Fall, bei dem eine maximale Toleranz in eine erste Richtung zugrundegelegt wird, und die Kennlinie 105 zeigt den Fall, bei dem eine maximale Toleranz in eine zweite, entgegengesetzte Richtung zugrundegelegt wird. Bewegt sich ein Punkt von der Kennlinie 103 zwischen dem von den Kennlinien 104 und 105 beschränkten Bereich, so ist eine Leckage nicht detektierbar. Im Beispiel der Figur 3

zeigt die Kennlinie 102 eine Leitung mit einer Leckage. Da sich die Kennlinie 102 außerhalb des von den Kennlinien 104 und 105 begrenzten Bereichs befindet, kann diese Leckage detektiert werden. Die Leckage muss also ein relativ großes Ausmaß aufweisen, damit sie detektiert werden kann. In dem in der Figur 3 gezeigten Beispiel befindet sich der Arbeitspunkt 106 des Systems auf der Kennlinie 104, da alle Bauteile des Systems die maximale Toleranz in die erste Richtung aufweisen. Im Falle einer Leckage verschiebt sich das Verhältnis von Luftmassenstrom zu statischem Druck zum Punkt 107. Man erkennt, dass sich der statische Druck um einen hohen Wert ändern muss, damit die Leckage erkannt werden kann. Dies führt unter Umständen dazu, dass eine kleine Leckage nicht erkannt werden kann, die aber trotzdem zu den eingangs erwähnten Strukturproblemen bei Flügeln aus einem Verbundmaterial aber auch bei einem Flügel des Standes der Technik aus Metall führen kann.

In Figur 4 ist der Fall dargestellt, bei dem alle Bauteile des Systems eine maximale Toleranz in die zweite, entgegengesetzte Richtung aufweisen. Somit befindet sich der Arbeitspunkt 108 des Systems im Normalbetrieb auf der Kennlinie 105. Im Fall einer Leckage befindet sich der Arbeitspunkt 107 auf der Kennlinie 102. Schon bei einer geringen Änderung des statischen Drucks vom Wert DP1 zum Wert DP2 detektiert das System eine Leckage. Somit ist es möglich, dass eine geringe Druckänderung als Leckage interpretiert wird.

In Figur 5 zeigt die Kennlinie 103 das Verhältnis von Luftmassenstrom zu statischem Druck, falls keine Toleranzen zugrundegelegt werden. Die Kennlinie 104 stellt den Fall dar, bei dem alle Bauteile des Systems eine Toleranz in der ersten Richtung aufweisen, und die Kennlinie 105 stellt den Fall dar, bei dem alle Bauteile des Systems eine Toleranz in die zweite, entgegengesetzte Richtung aufweisen. Bei dem in Figur 5 dargestellten Fall liegt der Arbeitspunkt 109 des Systems auf der Kennlinie 104. Alle Bauteile des Systems weisen also eine Toleranz in die erste Richtung auf. Im Fall einer Leckage ergibt sich bei dem in Figur 5 dargestellten Fall der Arbeitspunkt 107 auf der Kennlinie 102. Dieser liegt innerhalb des nicht detektierbaren Bereichs zwischen den Kennlinien 104 und 105, wie zuvor beschrieben wurde. Somit kann das System des Standes der Technik eine relativ große Änderung des statischen Drucks nicht erkennen. Daher können sich Probleme mit der strukturellen Integrität des Flügels ergeben, da heiße Luft in den Flügel eintreten kann, ohne dass dies von einem System des Standes der Technik erkannt werden kann.

Die zuvor geschilderten Probleme können umgangen werden, indem mehr Sensoren eingebaut werden. Dies führt jedoch zu einer unerwünschten Gewichtszunahme, einer erhöhten Komplexität, einem erhöhten Wartungsaufwand und somit zu zusätzlichen Kosten.

5

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem bereitzustellen, das auch bei relativ großen Leitungsbauteiltoleranzen Leckagen oder andere Störungen erkennen kann.

10 Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem mit einer in einem Luftfahrzeug einbaubaren Leitung gelöst, die Gas von einer Quelle zu einem Einsatzort leitet. In der Leitung ist eine Durchflusserfassungseinrichtung angeordnet, die einen Gasmassenstrom in der Leitung erfasst. Eine Druckerfassungseinrichtung erfasst einen statischen Druck in der Leitung. Eine Steuerungseinrichtung ist dazu ausgebildet, in einem Lernbetrieb zumindest einen Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstrom zu erfassen und den Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstrom als Soll-Gasmassenstrom für einen Normalbetrieb abzuspeichern. Die Steuerungseinrichtung ist ferner dazu ausgebildet, einen Lernbetrieb-Ist-Druck zu erfassen und als Soll-Druck für den Normalbetrieb zu speichern. Im Lernbetrieb des erfindungsgemäßen
15 Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem ist ein Leck in der zu überwachenden Leitung ausgeschlossen, so dass die im Lernbetrieb erfassten Werte des Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstroms und des Lernbetrieb-Ist-Drucks Gasmassenstrom- und Druckwerten in einer Leitung ohne Leck entsprechen. Im Normalbetrieb, das heißt, einem Betriebszustand, in dem anders als im Lernbetrieb, Leckagen in der zu überwachen-
20 den Leitung nicht mehr ausgeschlossen sind, vergleicht die Steuerungseinrichtung einen Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom mit dem Soll-Gasmassenstrom und/oder einen Normalbetrieb-Ist-Druck mit dem Soll-Druck. Falls der Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom um mehr als einen Schwellenwert vom Soll-Gasmassenstrom abweicht und/oder falls der Normalbetrieb-Ist-Druck um mehr als einen Schwellenwert vom Soll-Druck abweicht, wird ein Signal ausgegeben, das eine Abweichung anzeigt. Der Ausdruck Gas umfasst auch ein Gasgemisch, beispielsweise Luft, und jedes gasförmige Fluid.

5 Der Einsatzort kann ein Luftaustritt an einer Tragfläche oder eine Düse in einer Passagierkabine sein. Wie eingangs erwähnt, beeinträchtigen beispielsweise Bögen in der Leitung, Abzweigungen und sonstige Montagetoleranzen die Charakteristik zwischen Luftmassenstrom und statischem Druck. Die Empfindlichkeit des Luftfahrzeug-

5 leitungsbberwachungssystem wird durch diese Toleranzen nicht beeinträchtigt, da der Einfluss dieser Toleranzen im Lernbetrieb der Steuerungseinrichtung berücksichtigt wird. Das Luftfahrzeugleitungsbberwachungssystem hat auch den Vorteil, dass statische Toleranzen der Durchflusserfassungseinrichtung, der Druckerfassungseinrichtung und des Temperatursensors nicht die Empfindlichkeit des Systems einschränken. Das zuvor beschriebene Luftfahrzeugleitungsbberwachungssystem eignet sich insbesondere für Anwendungsfälle, bei denen lediglich ein Arbeitspunkt aus Luftmassenstrom und statischem Druck im Normalbetrieb verwendet wird.

10 Das Luftfahrzeugleitungsbberwachungssystem kann im Lernbetrieb eine Mehrzahl von Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstromwerten bei jeweils unterschiedlichen Lernbetrieb-Ist-Drücken erfassen. Die Steuerungseinrichtung ordnet jeden Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstrom einem Lernbetrieb-Ist-Druck zu. Jeder Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstrom wird als Soll-Gasmassenstrom und jeder Lernbetrieb-Ist-Druck wird
15 als Soll-Druck für einen Normalbetrieb abgespeichert. Die Steuerungseinrichtung speichert auch eine Zuordnung zwischen dem jeweiligen Soll-Druck und dem jeweiligen Soll-Volumenstrom ab. Im Normalbetrieb erhält die Steuerungseinrichtung einen Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstromwert von der Durchflusserfassungseinrichtung und einen Normalbetrieb-Ist-Druckwert von der Druckerfassungseinrichtung. Es wird
20 der dem Normalbetrieb-Ist-Druck zugeordnete Soll-Gasmassenstrom mit dem Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom verglichen. Falls der Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom um mehr als einen Schwellenwert vom Soll-Gasmassenstrom abweicht, gibt die Steuerungseinrichtung ein Signal aus, das eine Abweichung anzeigt. Die Steuerungseinrichtung kann alternativ oder zusätzlich im Normalbetrieb einen
25 Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom von der Durchflusserfassungseinrichtung erhalten und einen Normalbetrieb-Ist-Druck von der Druckerfassungseinrichtung erhalten. Der dem Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom zugeordnete Soll-Druck wird mit dem Normalbetrieb-Ist-Druck verglichen. Falls der Normalbetrieb-Ist-Druck um mehr als einen Schwellenwert vom Soll-Druck abweicht, gibt die Steuerungseinrichtung ein
30 Signal aus, das eine Abweichung anzeigt. Es versteht sich, dass die Steuerungseinrichtung ein Signal ausgeben kann, das eine Abweichung anzeigt und/oder ein Signal oder einen Wert ausgeben kann, der die Größe der Abweichung anzeigt.

35 Bei diesem Luftfahrzeugleitungsbberwachungssystem wird eine Mehrzahl von Punkten auf der Kennlinie von Gasmassenstrom zu statischem Druck in der Leitung aufgenommen. Dieses System ist für einen Anwendungsfall geeignet, bei dem im Betrieb die Werte des Gasmassenstroms und/oder des statischen Drucks je nach

Betriebsart variiert werden. Es können beliebig viele Punkte auf der Kennlinie aufgenommen werden. Ferner kann die Steuerungseinrichtung zwischen den aufgenommenen Punkten interpolieren. Diese Interpolation kann während des Lernbetriebes oder während des Normalbetriebes erfolgen. Durch die Interpolation bleibt, abgesehen von numerischen Ungenauigkeiten, je nach verwendetem Interpolationsverfahren die Zuordnung zwischen Soll-Druck und Soll-Volumenstrom erhalten.

Die Durchflusserfassungseinrichtung kann eine Venturidüse umfassen und eine Differenz zwischen einem stromaufwärts der Venturidüse vorherrschenden Druck und einem stromabwärts der Venturidüse vorherrschenden Druck als ein Maß des Gasvolumenstroms bereitstellen.

Die Durchflusserfassungseinrichtung kann auch ein sogenanntes Hitzdrahtaneomometer sein. Ein Hitzdrahtaneomometer weist einen temperaturabhängigen elektrischen Widerstand auf, der elektrisch beheizt wird. Der elektrische Leiter wird in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit gekühlt. Die Temperatur des elektrischen Widerstandes kann mittels einer Widerstandsmessung bestimmt werden, wodurch auf die Strömungsgeschwindigkeit geschlossen werden kann.

Falls die Durchflusserfassungseinrichtung lediglich einen Gasvolumenstrom erfassen kann, kann ein Temperatursensor in der Leitung oder in der Durchflusserfassungseinrichtung vorgesehen sein. Der Gasvolumenstrom entspricht dem Quotient aus dem Gasmassenstrom und der Dichte des Gases oder Gasgemisches. Die Dichte des Gases oder Gasgemisches hängt von der Temperatur ab.

Aufgrund des zuvor beschriebenen physikalischen Zusammenhangs zwischen dem Gasmassenstrom und dem Gasvolumenstrom kann ein Gasmassenstromwert durch einen Gasvolumenstromwert ausgetauscht werden. Die Durchflusserfassungseinrichtung kann einen Gasvolumenstrom erfassen und die Steuerungseinrichtung kann statt eines Gasmassenstromwerts einen Gasvolumenstromwert verarbeiten. Es ist auch denkbar, dass die Durchflusserfassungseinrichtung einen Gasvolumenstrom erfasst und die Steuerungseinrichtung mittels eines Temperaturwerts einen Gasmassenstromwert berechnet. Die Durchflusserfassungseinrichtung kann den Gasvolumenstrom erfassen und mittels einer erfassten Temperatur den Gasmassenstrom bestimmen und ausgeben.

Ein erfindungsgemäßes Luftfahrzeugflügelenteisungssystem umfasst das zuvor beschriebene Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem. Der Einsatzort, an den die Leitung des Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystems das die Leitung durchströmende Gas leitet, umfasst zumindest einen Gasaustritt in einem Luftfahrzeugflügel.
5 Der Luftfahrzeugflügel kann eine Tragfläche eines herkömmlichen Flugzeuges oder ein sich gegenüber dem Luftfahrzeug bewogender Flügel in Form eines Rotorflügels eines Helikopters sein.

10 Eine erfindungsgemäße Luftfahrzeugklimaanlage umfasst das zuvor beschriebene Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem. Der Einsatzort, an den die Leitung des Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystems das die Leitung durchströmende Gas leitet, ist beispielsweise zumindest eine Düse, die der Kabine Luft zuführt.

15 Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Überwachen eines Gasmassenstroms in einer in einem Luftfahrzeug eingebauten Leitung von einer Gasquelle zu einem Einsatzort mit einem Lernbetrieb und einem Normalbetrieb. Im Lernbetrieb wird ein Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstrom bestimmt, ein Lernbetrieb-Ist-Druck bestimmt und der Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstrom als Soll-Gasmassenstrom und der Lernbetrieb-Ist-Druck als Soll-Druck abgespeichert. Im Normalbetrieb wird ein Normalbetrieb-Ist-
20 Gasmassenstrom bestimmt, ein Normalbetrieb-Ist-Druck bestimmt, der Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom mit dem Soll-Massenstrom und/oder der Normalbetrieb-Ist-Druck mit dem Soll-Druck verglichen und ein Warnsignal ausgegeben, falls der Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom vom Soll-Gasmassenstrom um mehr als einen Schwellenwert abweicht und/oder der Normalbetrieb-Ist-Druck vom Soll-Druck um
25 mehr als einen Schwellenwert abweicht.

Das Verfahren kann im Lernbetrieb eine Mehrzahl von Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstromwerten bei jeweils unterschiedlichen Lernbetrieb-Ist-Drücken erfassen. Jeder Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstrom wird dem jeweiligen Lernbetrieb-Ist-Druck zugeordnet.
30 Jeder Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstrom wird als Soll-Gasmassenstrom abgespeichert, jeder Lernbetrieb-Ist-Druck wird als Soll-Druck abgespeichert und ferner wird eine Zuordnung zwischen dem jeweiligen Soll-Druck und dem jeweiligen Soll-Gasmassenstrom abgespeichert.

35 Im Normalbetrieb führt das Verfahren das Erfassen des Normalbetrieb-Gasmassenstroms und das Erfassen des Normalbetrieb-Ist-Drucks aus. Anschließend wird der dem Normalbetrieb-Ist-Druck zugeordnete Soll-Gasmassenstrom mit dem Normalbe-

trieb-Ist-Gasmassenstrom verglichen und/oder der dem Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom zugeordnete Soll-Druck mit dem Normalbetrieb-Ist-Druck verglichen. Es wird ein Warnsignal ausgegeben, falls der Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom vom jeweiligen Soll-Gasmassenstrom oder der Normalbetrieb-Ist-Druck vom jeweiligen Soll-Druck um mehr als einen Schwellenwert abweicht. Das Verfahren kann zwischen
5 zumindest zwei Soll-Druckwerten und/oder zumindest zwei Soll-Gasmassenstromwerten interpolieren.

Das Verfahren kann zumindest teilweise durch die zuvor beschriebene Steuerungseinrichtung gesteuert werden. Die Steuerungseinrichtung kann durch einen Computer mit einem Speicher implementiert werden. Es versteht sich, dass die
10 Steuerungseinrichtung auch durch eine Mehrzahl separater Einrichtungen ausgebildet werden kann, die einen oder mehrere Schritte des zuvor beschriebenen Verfahrens implementieren. Beispielsweise kann die Steuerungseinrichtung eine Speichereinrichtung, eine Vergleichseinrichtung, eine Ausgabereinrichtung, eine Interpolationseinrichtung und dergleichen umfassen.
15

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann statt eines Gasmassenstromwerts ein Gasvolumenstromwert erfasst und verarbeitet werden. Dabei können die zuvor beschriebenen physikalischen Zusammenhänge verwendet werden.
20

Das Verfahren kann zum Detektieren einer Störung der Luftzufuhr beim Enteisen eines Luftfahrzeugflügels verwendet werden. Der Einsatzort, an den die Leitung des Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystems das die Leitung durchströmende Gas
25 leitet, umfasst dann zumindest einen Gasaustritt im Luftfahrzeugflügel. Das Verfahren kann zum Überwachen der Luftzufuhr beim Klimatisieren der Luftfahrzeugkabine verwendet werden. Bei diesem Verfahren bildet beispielsweise zumindest eine Luftaustrittsdüse in der Kabine den Einsatzort, an den die Leitung des Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystems das die Leitung durchströmende Gas leitet.
30

Die Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die nachfolgenden Figuren detaillierter beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine Kennlinie des statischen Drucks über den Luftmassenstrom, falls eine Leitung keine Leckage aufweist, und eine weitere Kennlinie des statischen Drucks über den Luftmassenstrom, falls die
35

Leitung eine Leckage aufweist, bei einem System des Standes der Technik,

Figur 2 einen Bereich, in dem bei einem System des Standes der Technik aufgrund von Toleranzen keine Leckage erkannt werden kann,

Figuren 3, 4 und 5 verschiedene Probleme, die beim Erkennen von Leckagen auftreten können,

Figur 6 ein Luftleitungssystem mit dem erfindungsgemäßen Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem und

Figur 7 eine Kennlinie des statischen Drucks über den Luftmassenstrom und einen Bereich, in dem keine Leckagedetektion möglich ist, bei einem erfindungsgemäßen Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem.

Figur 6 zeigt ein Luftleitungssystem, das eine erste Leitung 2, eine zweite Leitung 3 und eine dritte Leitung umfasst, die hintereinander angeordnet sind. In die erste Leitung 2 wird ein Luftstrom 1 eingespeist. Der Luftstrom 1 kann heiße Triebwerkszapfluft sein. Die dritte Leitung 4 weist Öffnungen 5 auf, durch die die Luft aus der Leitung austritt. Die Öffnungen 5 können sich quer zur Richtung des Luftstroms und/oder in der gleichen Richtung wie der Luftstrom befinden. Es kann auch nur eine Öffnung vorgesehen sein. Die Öffnungen 5 können sich beispielsweise in einem Flügel eines Luftfahrzeuges befinden, um den Flügel zu enteisen.

Es ist auch möglich, dass der Luftstrom 1 von einer Klimaanlage zugeführt wird und sich die Öffnungen 5 in einer Kabine eines Luftfahrzeuges befinden.

In der ersten Leitung 2 befindet sich eine Durchflusserfassungseinrichtung 7, ein optionaler Temperatursensor 8 und eine Druckerfassungseinrichtung 9. Der optionale Temperatursensor 8 ist mit der Durchflusserfassungseinrichtung 7 gekoppelt. Die Durchflusserfassungseinrichtung 7 und die Druckerfassungseinrichtung 9 sind mit einer Steuerungseinrichtung 10 gekoppelt. Es ist auch möglich, dass der optionale Temperatursensor 8 nicht mit der Durchflusserfassungseinrichtung 7, sondern mit der Steuerungseinrichtung 10 gekoppelt ist.

Die Durchflusserfassungseinrichtung 7 kann eine Venturidüse umfassen und eine Druckdifferenz stromaufwärts und stromabwärts der Venturidüse als ein Maß des Gasvolumenstroms bereitstellen.

5 Die Durchflusserfassungseinrichtung 7 kann auch ein sogenanntes Hitzdrahtaneomometer sein. Ein Hitzdrahtaneomometer weist einen temperaturabhängigen elektrischen Widerstand auf, der elektrisch beheizt wird. Der elektrische Leiter wird in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit gekühlt. Die Temperatur des elektrischen Widerstandes kann mittels einer Widerstandsmessung bestimmt werden,
10 wodurch auf die Strömungsgeschwindigkeit geschlossen werden kann.

Der Luftvolumenstrom ist der Quotient aus dem Luftmassenstrom und der Dichte von Luft. Die Dichte von Luft hängt von der Temperatur ab. Somit kann aus einem erfassten Luftvolumenstrom und einer Temperatur der Luftmassenstrom berechnet
15 werden.

Die Durchflusserfassungseinrichtung 7 und der Temperatursensor 8 stellen einen Ist-Wert des Luftmassenstroms bereit. Die Druckerfassungseinrichtung 9 stellt einen Ist-Wert des statischen Drucks in der ersten Leitung bereit.
20

In einem Lernbetrieb werden ein Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstrom und ein Lernbetrieb-Ist-Druck erfasst. Im Lernbetrieb ist sichergestellt, dass in der Leitung 2, 3, 4 keine Leckage vorhanden ist. Die Steuerungseinrichtung 10 speichert den Lernbetrieb-Ist-Luftmassenstrom als Soll-Luftmassenstrom und den Lernbetrieb-Ist-Druck als Soll-Druck.
25

Im Normalbetrieb wird der Normalbetrieb-Ist-Luftmassenstrom und der Normalbetrieb-Ist-Druck bestimmt. Der Normalbetrieb-Ist-Luftmassenstrom wird mit dem Soll-Luftmassenstrom und/oder der Normalbetrieb-Ist-Druck wird mit dem Soll-Druck
30 durch die Steuerungseinrichtung verglichen. Es wird ein Warnsignal ausgegeben, falls der Normalbetrieb-Ist-Luftmassenstrom vom Soll-Luftmassenstrom um mehr als einen Schwellenwert abweicht oder der Normalbetrieb-Ist-Druck vom Soll-Druck um mehr als einen Schwellenwert abweicht.

35 Diese Vorgehensweise ist geeignet, falls das Luftleitungssystem nur bei einem Soll-Druck oder Soll-Luftmassenstrom betrieben wird. Dies kann bei einem Enteisungssystem für einen Flügel eines Luftfahrzeuges der Fall sein.

Im Lernbetrieb kann auch eine Mehrzahl von Lernbetrieb-Ist-Luftmassenstromwerten bei jeweils unterschiedlichen Lernbetrieb-Ist-Drücken bestimmt werden. Jeder Lernbetrieb-Ist-Luftmassenstrom wird dem jeweiligen Lernbetrieb-Ist-Druck zugeordnet.
5 Die Steuerungseinrichtung 10 speichert jeden Lernbetrieb-Ist-Luftmassenstromwert als Soll-Luftmassenstromwert, jeden Lernbetrieb-Ist-Druckwert als Soll-Druckwert und eine Zuordnung zwischen dem jeweiligen Soll-Druck oder dem jeweiligen Soll-Luftmassenstrom ab. Die Zuordnung kann durch paarweises Abspeichern, durch Abspeichern in einer Tabelle, durch Zeiger und dergleichen erreicht werden.

10 Dabei wird die in Figur 7 mit dem Bezugszeichen 12 bezeichnete Systemkennlinie des statischen Drucks in Abhängigkeit des Luftmassenstroms erzeugt. Die Systemkennlinie 12 berücksichtigt Einflüsse von Leitungsbiegungen, Leitungsverzweigungen, eines Leitungsdurchmessers sowie deren Streuung. Diese Kennlinie erfasst auch die statischen Messfehler der Messwerte aufnehmenden und verarbeitenden Bauteile im
15 Luftleitungssystem. Ein Bereich 16, in dem eine Leckage nicht erkannt werden kann, umfasst lediglich die dynamischen Toleranzen der Messwerte aufnehmenden und verarbeitenden Bauteile, beispielsweise deren Alterung und deren Temperaturstreuung. Er kann je nach Auslegung auch die Alterung und Temperaturstreuung der
20 Leitungsbauteile umfassen. Somit ist der Bereich 16, in dem eine Leckage nicht erkannt werden kann, wesentlich kleiner als bei einem System des Standes der Technik.

Es versteht sich, dass zwischen den Soll-Luftmassenstromwerten und/oder Soll-
25 Druckwerten interpoliert werden kann. Das Interpolieren kann während des Lernbetriebes oder des Normalbetriebes durchgeführt werden. Hierzu sind verschiedene Techniken bekannt, beispielsweise eine Polynominterpolation oder eine Spline-Interpolation und dergleichen, so dass diese Interpolationsverfahren keiner weiteren Erläuterung bedürfen.

30 Typischerweise ist der Lernbetrieb lediglich einmal nach der Montage des Luftfahrzeuges oder nach einem Austausch von Leitungsbauteilen des Luftleitungssystems, der Durchflusserfassungseinrichtung, des Temperatursensors oder der Druckerfassungseinrichtung erforderlich. Der Lernbetrieb kann auch bei einer Wartung wiederholt werden, um Alterungserscheinungen der Messwerte aufnehmenden und
35 verarbeitenden Bauteile zu berücksichtigen und um den Bereich 16, in dem eine Leckage nicht erkannt werden kann, möglichst klein zu halten.

Während des Normalbetriebs, d.h. während des Fluges, werden der Normalbetrieb-Ist-Luftmassenstrom und der Normalbetrieb-Ist-Druck erfasst. Der dem Normalbetrieb-Ist-Druck zugeordnete Soll-Luftmassenstrom wird mit dem Normalbetrieb-Ist-Luftmassenstrom verglichen. Zusätzlich oder alternativ kann der dem Normalbetrieb-Ist-Luftmassenstrom zugeordnete Soll-Druck mit dem Normalbetrieb-Ist-Druck verglichen werden. Es wird ein Warnsignal ausgegeben, falls der Normalbetrieb-Ist-Luftmassenstrom vom jeweiligen Soll-Luftmassenstrom oder der Normalbetrieb-Ist-Druck vom jeweiligen Soll-Druck um mehr als einen Schwellenwert abweicht.

Während des Lernbetriebes weist die Steuerungseinrichtung dem Luftmassenstrom LM1 den statischen Druck DP1 zu. Der Luftmassenstrom LM1 wird als Soll-Luftmassenstrom und der statische Druck DP1 wird als Soll-Druck abgespeichert. Dieser Punkt der Kennlinie ist mit dem Bezugszeichen 18 gekennzeichnet. Während des Normalbetriebes werden der Luftmassenstrom LM1 und der statische Druck DP2 erfasst. Dieser Punkt ist mit dem Bezugszeichen 20 gekennzeichnet.

Dem Luftmassenstrom LM1 ist der Soll-Druck DP1 zugeordnet. Der Normalbetrieb-Ist-Druck beträgt jedoch DP2. Die Differenz aus DP1 und DP2 ist größer als ein vorbestimmter Schwellenwert. Somit zeigt die Steuerungseinrichtung 10 an, dass eine Leckage vorliegt.

Die vorliegende Erfindung hat den Vorteil, dass neben einer Leckage auch eine teilweise oder vollständige Verstopfung einer Leitung und/oder Düse oder eine Veränderung der Luftquelle erkannt werden können, da dies die Kennlinie des statischen Drucks über den Luftmassenstrom verändert. Ferner kann die vorliegende Erfindung statische Messfehler der verwendeten Messaufnehmer berücksichtigen. Die vorliegende Erfindung kann auch Einflüsse durch Biegungen in den Leitungen, Leitungsverzweigungen und dergleichen berücksichtigen. Der Bereich 16, in dem eine Störung im Luftleitungssystem nicht erkannt werden kann, ist beim erfindungsgemäßen Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem wesentlich kleiner als beim Stand der Technik. Die vorliegende Erfindung schafft ein sichereres Luftfahrzeug, da die Enteisung des Flügels besser überwacht werden kann. Ferner kann das Eintreten von Heißluft in den Flügel und die damit einhergehende Gefahr von strukturellen Instabilitäten insbesondere bei der Verwendung von Verbundmaterialien im Flügel zuverlässiger als beim Stand der Technik erfasst werden. Ferner wird ein komfortableres

Luftfahrzeug geschaffen, da die Funktion der Klimaanlage besser überwacht werden kann.

8527

Patentansprüche

5 1. Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem, mit

- einer Leitung (2, 3, 4), die Gas von einer Quelle (1) zu einem Einsatzort (5) leitet,
- einer Durchflusserfassungseinrichtung (7) zum Erfassen eines Gasmassenstroms in der Leitung (2),
- einer Druckerfassungseinrichtung (9) zum Erfassen eines statischen Drucks in der
- 10 Leitung (2) und
- einer Steuerungseinrichtung (10), die dazu ausgebildet ist,

- in einem Lernbetrieb zumindest einen Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstromwert zu erfassen und den Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstromwert als Soll-Gasmassenstrom für einen Normalbe-
- 15 trieb abzuspeichern und einen Lernbetrieb-Ist-Druckwert zu erfassen und den Lernbetrieb-Ist-Druckwert als Soll-Druck für den Normalbe-
- trieb abzuspeichern und
- im Normalbetrieb einen Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom mit dem Soll-Gasmassenstrom zu vergleichen und/oder einen Normalbetrieb-
- 20 Ist-Druck mit dem Soll-Druck zu vergleichen und, falls der Normalbe-
- trieb-Ist-Gasmassenstrom um mehr als einen Schwellenwert vom Soll-Gasmassenstrom abweicht und/oder falls der Normalbetrieb-Ist-Druck um mehr als einen Schwellenwert vom Soll-Druck abweicht, ein Signal auszugeben, das eine Abweichung anzeigt.

25 2. Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (10) ferner dazu ausgebil-

- im Lernbetrieb eine Mehrzahl von Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstromwerten bei je-
- 30 weils unterschiedlichen Lernbetrieb-Ist-Drücken zu erfassen, jeden Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstromwert einem korrespondierenden Lernbetrieb-Ist-Druckwert zuzuord-
- nen und jeden Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstromwert als Soll-Gasmassenstrom, jeden Lernbetrieb-Ist-Druckwert als Soll-Druck für einen Normalbetrieb und eine Zuordnung zwischen dem jeweiligen Soll-Druck und dem jeweiligen Soll-Gasmassenstrom abzu-
- 35 speichern und
- im Normalbetrieb einen Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom von der Durchflusser-
- fassungseinrichtung (7) zu erhalten und einen Normalbetrieb-Ist-Druck von der Dru-

ckerfassungseinrichtung (9) zu erhalten, den dem Normalbetrieb-Ist-Druck zugeordneten Soll-Gasmassenstrom mit dem Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom zu vergleichen und, falls der Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom um mehr als einen Schwellenwert vom Soll-Gasmassenstrom abweicht, das Signal auszugeben, das eine Abweichung anzeigt, und/oder

- im Normalbetrieb einen Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom von der Durchflusserfassungseinrichtung (7) zu erhalten und einen Normalbetrieb-Ist-Druck von der Druckerfassungseinrichtung (9) zu erhalten, den dem Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom zugeordneten Soll-Druck mit dem Normalbetrieb-Ist-Druck zu vergleichen und, falls der Normalbetrieb-Ist-Druck um mehr als einen Schwellenwert vom Soll-Druck abweicht, das Signal auszugeben, das eine Abweichung anzeigt.

3. Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (10) dazu ausgebildet ist, zwischen zumindest zwei Soll-Druckwerten und/oder zumindest zwei Soll-Gasmassenstromwerten zu interpolieren.

4. Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchflusserfassungseinrichtung (7) eine Venturidüse umfasst und eine Differenz zwischen einem stromaufwärts der Venturidüse vorherrschenden Druck und einem stromabwärts der Venturidüse vorherrschenden Druck und die Temperatur des Gases ein Maß des Gasmassenstroms bereitstellt.

5. Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchflusserfassungseinrichtung (7) einen Gasvolumenstrom erfasst und die Steuerungseinrichtung (10) dazu eingerichtet ist, statt eines Gasmassenstromwerts einen Gasvolumenstromwert zu verarbeiten.

6. Luftfahrzeugflügelenteisungssystem mit einem Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Einsatzort, an den die Leitung (2, 3, 4) des Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystems, das die Leitung (2, 3, 4) durchströmende Gas leitet, zumindest einen Gasaustritt (5) in einem Luftfahrzeugflügel umfasst.

7. Luftfahrzeugklimaanlage mit einem Luftfahrzeugleitungsüberwachungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5.

8. Verfahren zum Überwachen eines Gasmassenstroms in einer in einem Luftfahrzeug einbaubaren Leitung (2, 3, 4), die Gas von einer Quelle (1) zu einem Einsatzort (5) leitet, bei dem in einem Lernbetrieb folgende Schritte ausgeführt werden:

- Bestimmen eines Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstromwerts des in der Leitung (2, 3, 4) strömenden Gases,

- Bestimmen eines Lernbetrieb-Ist-Druckwerts eines statischen Drucks in der Leitung (2, 3, 4) und

- Abspeichern des Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstromwerts als Soll-Gasmassenstrom und des Lernbetrieb-Ist-Druckwerts als Soll-Druck und

bei dem im Normalbetrieb folgende Schritte ausgeführt werden:

- Bestimmen eines Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstroms in der Leitung (2, 3, 4),

- Bestimmen eines Normalbetrieb-Ist-Druckwerts des statischen Drucks in der Leitung (2, 3, 4),

- Vergleichen des Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstroms mit dem Soll-Gasmassenstrom und/oder Vergleichen des Normalbetrieb-Ist-Druckwerts mit dem Soll-Druck und

- Ausgeben eines Warnsignals, falls der Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom vom Soll-Gasmassenstrom um mehr als einen Schwellenwert abweicht und/oder der Normalbetrieb-Ist-Druck vom Soll-Druck um mehr als einen Schwellenwert abweicht.

9. Verfahren nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet, dass im Lernbetrieb folgende Schritte ausgeführt werden:

- Bestimmen einer Mehrzahl von Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstromwerten bei jeweils unterschiedlichen Lernbetrieb-Ist-Drücken,

- Zuordnen jedes Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstromwerts zu dem jeweiligen Lernbetrieb-Ist-Druckwert und

- Abspeichern jedes Lernbetrieb-Ist-Gasmassenstromwerts als Soll-Gasmassenstrom, jedes Lernbetrieb-Ist-Druckwerts als Soll-Druck und einer Zuordnung zwischen dem jeweiligen Soll-Druck und dem jeweiligen Soll-Gasmassenstrom und

dass im Normalbetrieb folgende Schritte ausgeführt werden:

- Erfassen des Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstroms,

- Erfassen des Normalbetrieb-Ist-Drucks,

- Vergleichen des dem Normalbetrieb-Ist-Druck zugeordneten Soll-Gasmassenstroms mit dem Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom und/oder Vergleichen des dem Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom zugeordneten Soll-Drucks mit dem Normalbetrieb-Ist-Druck und

- Ausgeben eines Warnsignals, falls der Normalbetrieb-Ist-Gasmassenstrom vom jeweiligen Soll-Gasmassenstrom und/oder der Normalbetrieb-Ist-Druck vom jeweili-

gen Soll-Wert um mehr als einen Schwellenwert abweicht.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,
gekennzeichnet durch den Schritt des Interpolierens zwischen zumindest zwei Soll-
5 Druckwerten und/oder zumindest zwei Soll-Gasmassenstromwerten.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass das statt eines Gasmassenstromwerts ein Gasvolu-
menstromwert erfasst und verarbeitet wird.

12. Verfahren zur Überwachung des Enteisens eines Luftfahrzeugflügels mit den
Schritten des Verfahrens nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei der Einsatzort,
an den die Leitung (2, 3, 4) das die Leitung (2, 3, 4) durchströmende Gas leitet,
zumindest eine Gasaustrittsdüse im Luftfahrzeugflügel umfasst.

13. Verfahren zum Überwachen der Klimatisierung einer Luftfahrzeugkabine mit
den Schritten des Verfahrens nach einem der Ansprüche 8 bis 11.

Fig.1

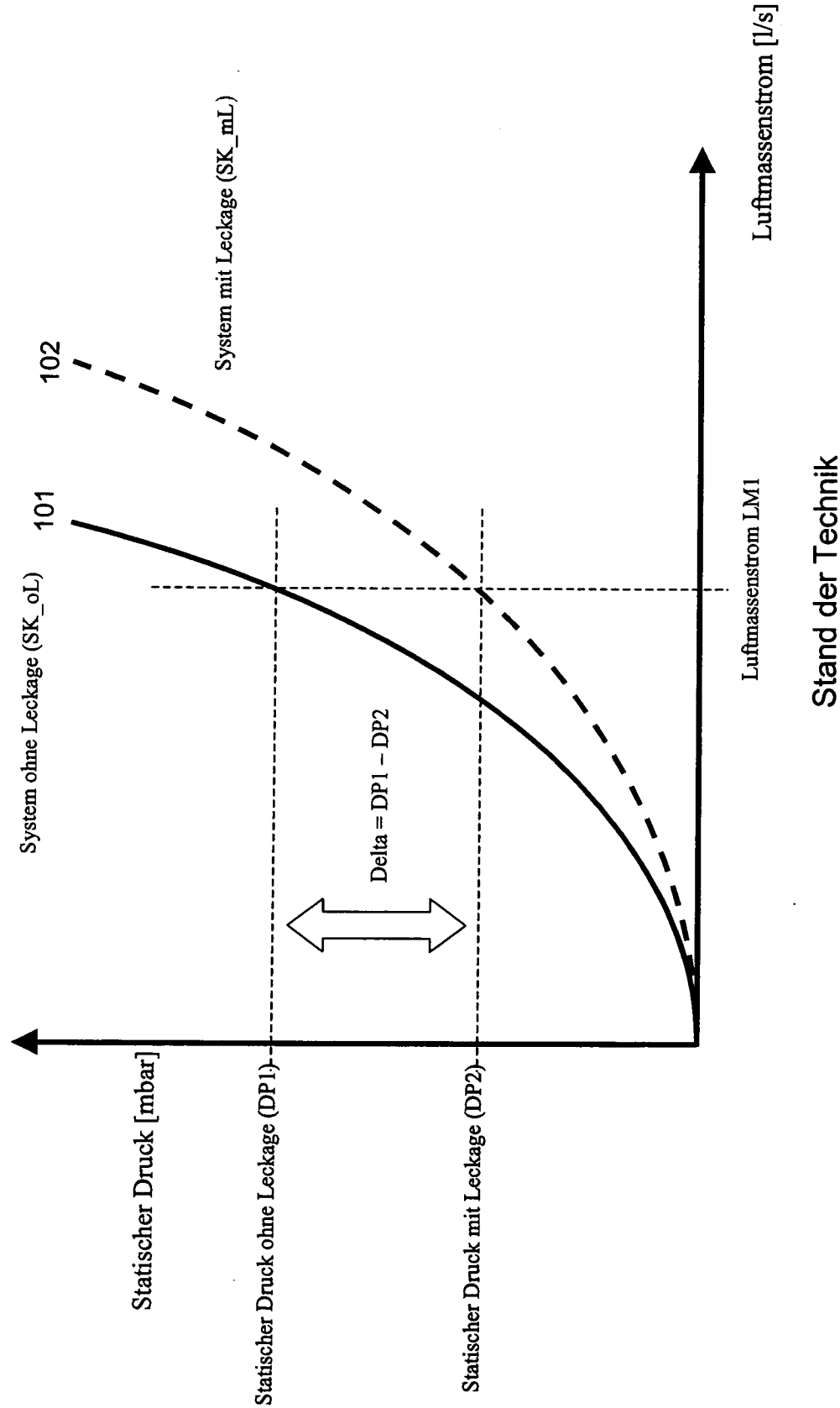


Fig. 2

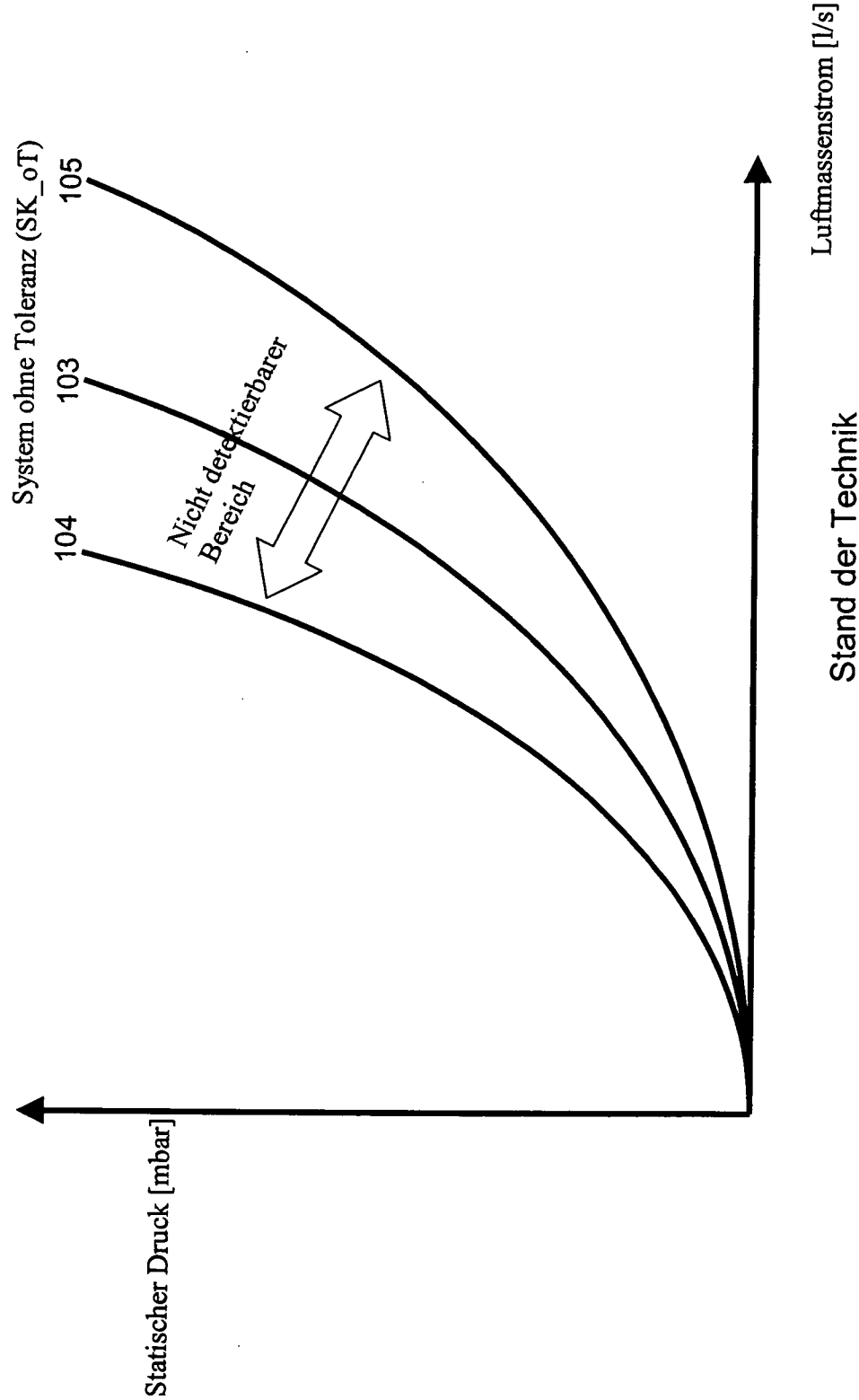


Fig. 3

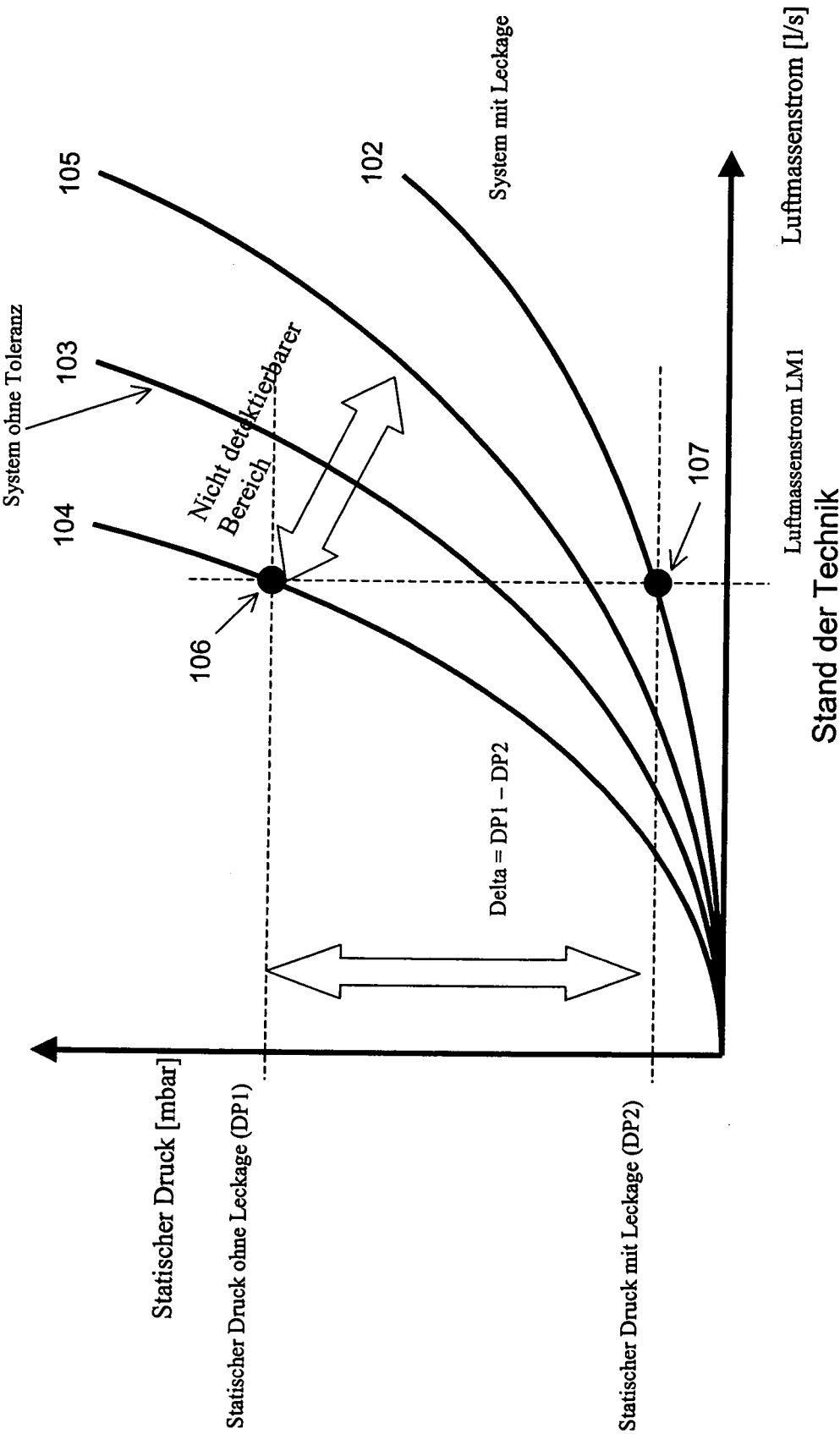


Fig. 4

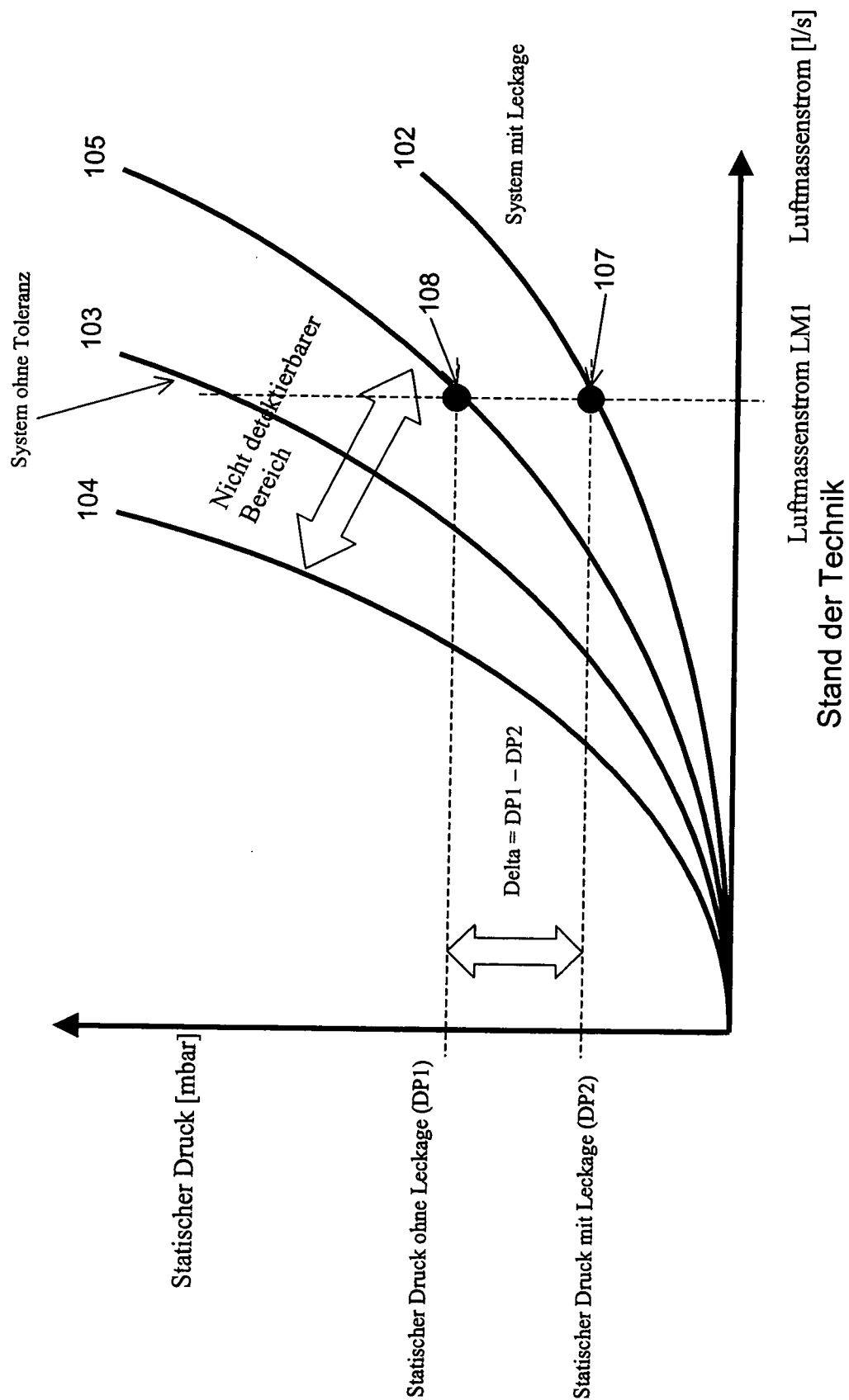


Fig. 5

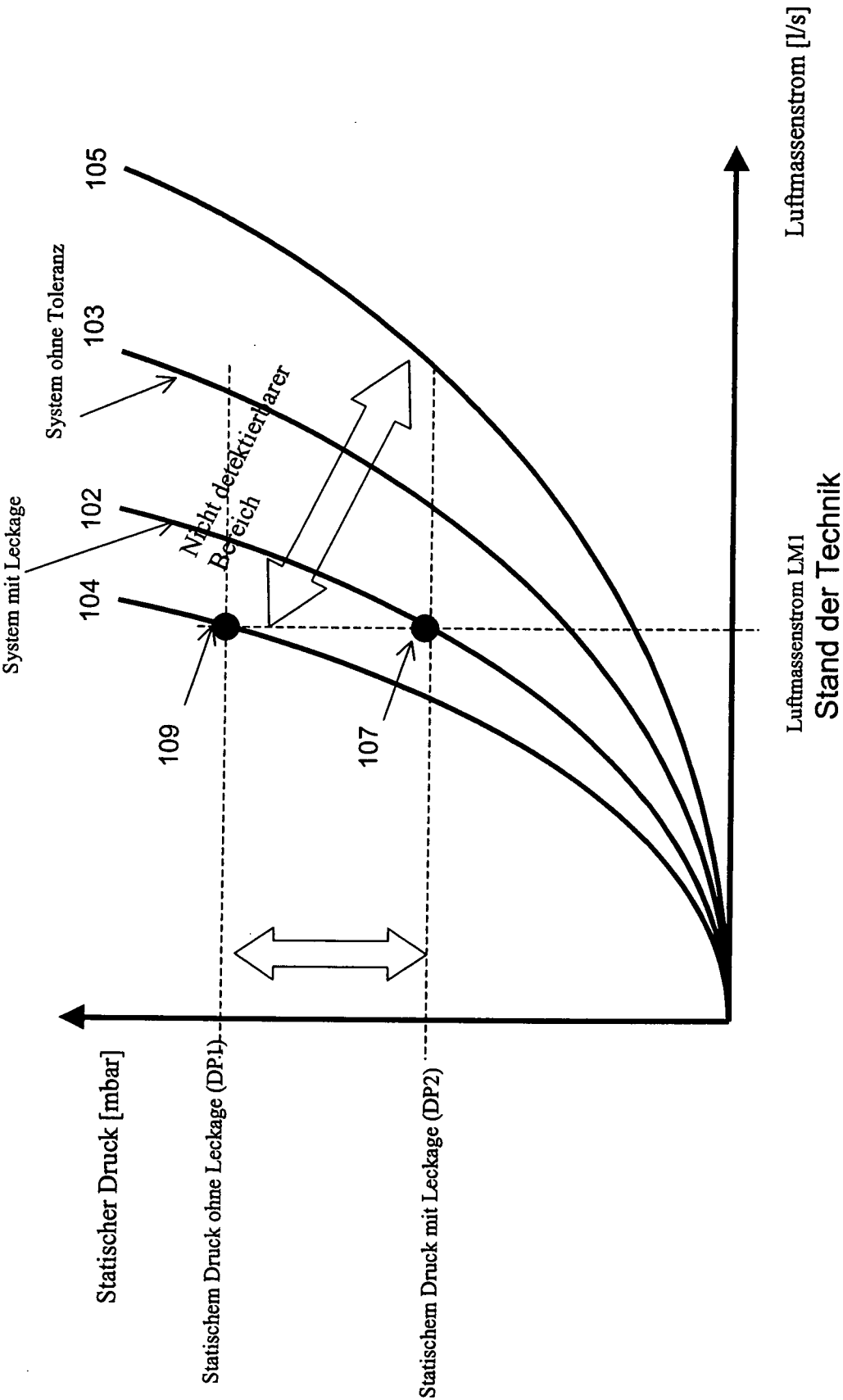


Fig. 6

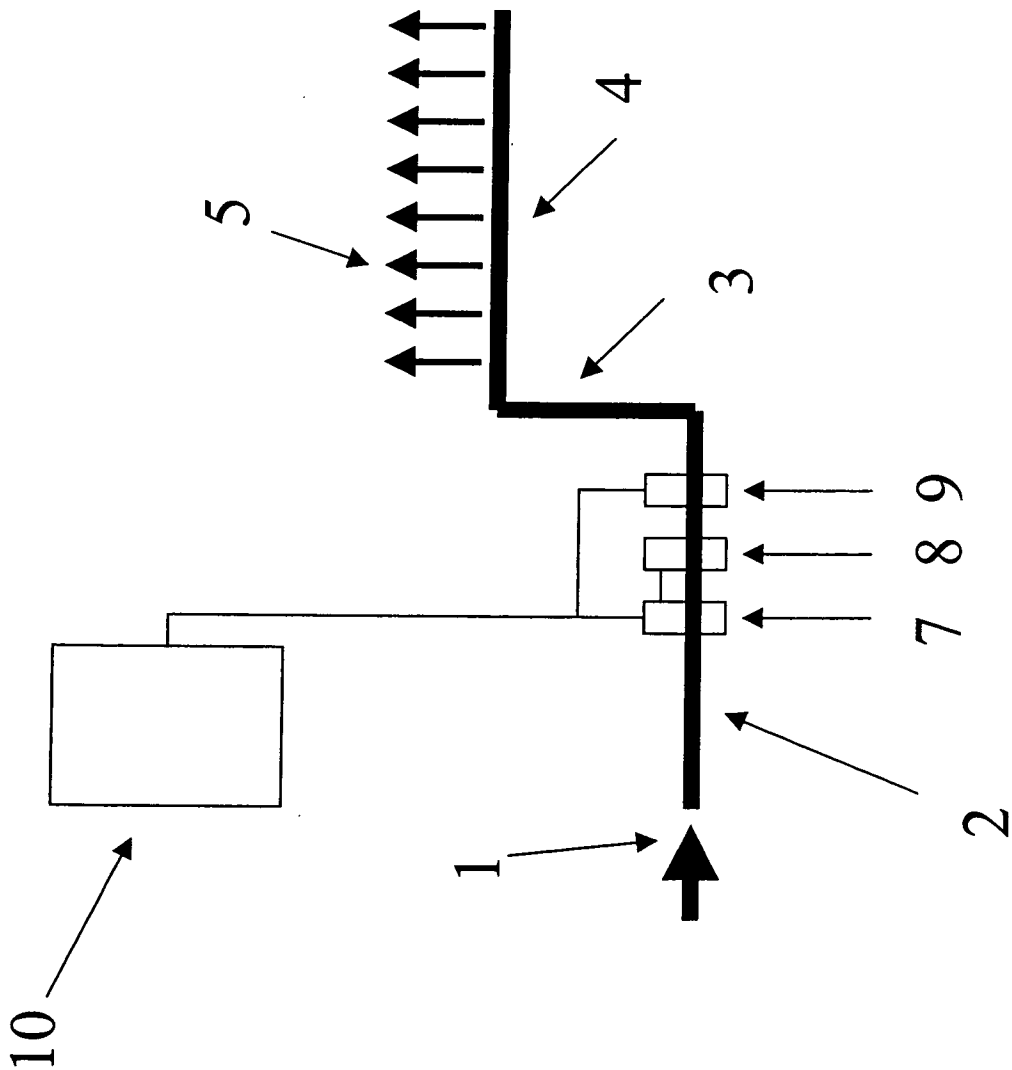


Fig. 7

