

(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
9. Juli 2009 (09.07.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/083558 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B64D 13/00 (2006.01) *G08B 19/02* (2006.01)
F16L 55/00 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/068251
- (22) Internationales Anmeldedatum:
23. Dezember 2008 (23.12.2008)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
61/009,520 28. Dezember 2007 (28.12.2007) US
10 2008 005 700.2 23. Januar 2008 (23.01.2008) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): AIRBUS DEUTSCHLAND GMBH [DE/DE]; Kreetstag 10, 21129 Hamburg (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GLEINE, Wolfgang [DE/DE]; Rademacher Kamp 1, 21255 Kakenstorf (DE).
- (74) Anwalt: MAIWALD PATENTANWALTS GMBH; Korbinian Kopf, Elisenstr. 3, Elisenhof, 80335 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, CN, CO, CR, CU, CZ, 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, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR THE MEASUREMENT AND PREVENTION OF ICING IN A CONDUIT

(54) Bezeichnung: SYSTEM UND VERFAHREN ZUM MESSEN UND VERHINDERN VON VEREISUNGEN IN EINER ROHRLEITUNG

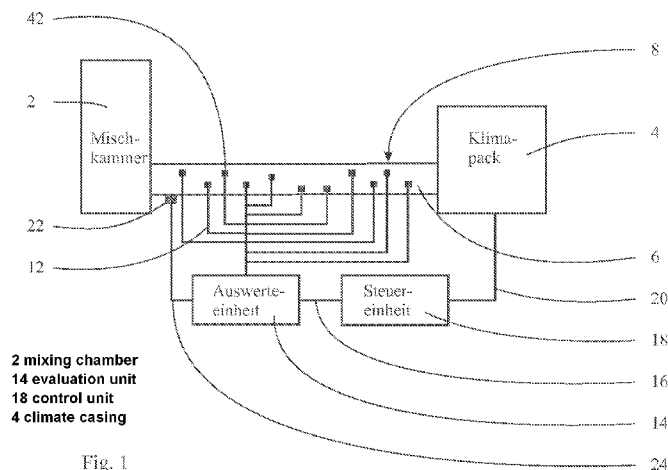


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a system for the prevention of icing in a conduit, as can occur in, for example, a conduit of an aircraft air conditioner. The system according to the invention has at least one sensor for detecting mechanical conduit vibrations, an electronic evaluation unit, and an electronic control unit, wherein the at least one sensor is connected to the electronic evaluation unit, the evaluation unit has characteristic data of the vibratory behavior of the conduit and is set up to compare the measured conduit vibrations with the characteristic data and to make an interpretation as conduit icing by correlation, and to send out a signal to the control unit in the case of conduit icing. If the vibration of the conduit being monitored, caused by operation, is not sufficient, vibration can be stimulated or amplified by one or multiple actuators. With the system according to the invention, an icing condition inside the conduit can be detected without a sensor located inside the internal cross-section of the same, wherein the conduit itself serves as the sensitive element.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/083558 A2



MC, 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).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein System zum Verhindern von Vereisungen in einer Rohrleitung, wie sie beispielsweise in einer Rohrleitung einer Flugzeugklimaanlage auftreten kann. Das erfindungsgemäße System umfasst mindestens einen Sensor zum Erfassen mechanischer Rohrschwingungen, eine elektronische Auswerteeinheit und eine elektronische Steuereinheit, wobei der mindestens eine Sensor mit der elektronischen Auswerteeinheit verbunden ist, die Auswerteeinheit Kenndaten zu dem Schwingungsverhalten der Rohrleitung aufweist und dazu eingerichtet ist, die gemessenen Rohrschwingungen mit den Kenndaten zu vergleichen und durch Korrelation als Rohrleitungsvereisung zu interpretieren und bei Rohrleitungsvereisung ein Signal an die Steuereinheit auszugeben. Reichen die betriebsbedingten Schwingungen der zu überwachenden Rohrleitung nicht aus, können durch einen oder mehrere Aktuatoren Schwingungen angeregt oder verstärkt werden. Durch das erfindungsgemäße System kann ein Vereisungszustand innerhalb der Rohrleitung ohne in dessen inneren Querschnitt befindliche Sensoren festgestellt werden, die Rohrleitung selbst dient als sensitives Element.

SYSTEM UND VERFAHREN ZUM MESSEN UND VERHINDERN VON VEREISUNGEN IN EINER ROHRLEITUNG

5

BEZUG AUF ZUGEHÖRIGE ANMELDUNGEN

Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der US Patentanmeldung Nr.
10 61/009 520, eingereicht am 28. Dezember 2007 und der deutschen Patentanmeldung
10 2008 005 700.2, eingereicht am 23. Januar 2008, deren Inhalte hierin durch Bezug
inkorporiert werden.

TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG

15

Die Erfindung betrifft ein System zum Verhindern von Vereisungen in einer
Rohrleitung.

20 HINTERGRUND DER ERFINDUNG

In luftführenden Rohrleitungen von Flugzeugklimaanlagen, insbesondere im Bereich
eines Ablaufkanals („Discharge Duct“) zwischen Klimapack und Mischkammer, tritt
unter bestimmten Betriebsbedingungen an den Rohrrinnenwänden Eiswachstum
25 unterschiedlicher Formen auf. Dies kann ohne Gegenmaßnahmen in kurzer Zeit zu
einem völligen Zuwachsen des Rohrquerschnitts führen, woraus unerwünschte
Leistungseigenschaften der Klimaanlage resultieren. Besonders treten die kritischen
Betriebsbedingungen während des Bodenbetriebs bei feuchtwarmer Außenluft auf,
wenn die Klimaanlage eine erwärmte Flugzeugkabine von einer hohen auf eine
30 niedrige Temperatur herunterkühlen muss.

Unerwünschtes Eiswachstum in Lüftungsrohren wird heutzutage üblicherweise durch
periodisch vorgegebene Einspeisung heißer Triebwerkszapfluff („Bleed Air“)

- 2 -

verhindert. Da Ungewissheit bezüglich der Eisbildung besteht, ergeben sich auch unnötige Aufheizungen der Ablaufkanäle, die damit den Wirkungsgrad der Klimaanlage deutlich herabsetzen und unnötige Energieverluste bewirken.

- 5 Zur Lösung dieses Problems wurden bisher schon mehrere Konzepte zur Erkennung von Eiswachstum innerhalb von Rohrleitungen versuchsweise eingesetzt, allerdings ohne einen Erfolg hinsichtlich einer zuverlässigen Früherkennung bzw. präzisen Eisdickenmessung zu erzielen. Diese Konzepte umfassen insbesondere auf
10 Ultraschallsensorik basierende Systeme, bei denen sich jedoch durch die empfangenen Signalechos nicht eindeutig die vorliegenden Eisschichten bestimmen lassen. Eine Unterscheidung zwischen dichtem Eis, lockerem Eisschnee und Reflektionen von der gegenüberliegenden Wandung der Rohrleitung gelingt nicht. Innerhalb des Rohrquerschnitts eingesetzte Temperaturfühler sind ebenfalls keine optimale Lösung, da die Temperaturfühler selbst vereisen oder durch Auftreffen von
15 schnell fliegenden Eispartikeln beschädigt werden können. Zusätzlich wird die Strömung innerhalb des Rohrquerschnitts durch die darin angeordneten Temperaturfühler gestört, so dass der von der strömenden Luft zu überwindende Strömungswiderstand steigt. Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung der Eisschichtdicke in Rohrleitungen stellt die Differenzdruckmessung dar, bei der sich
20 jedoch nach außen durch die Rohrwand durchgeführte Druckmessbohrungen durch Eisbildung verschließen bzw. innerhalb des Rohres eingebaute Drucksensoren vereisen. Demzufolge weisen im Prinzip alle Messtechniken, die auf Messung von Parametern innerhalb des Rohrquerschnitts basieren, die Nachteile einer möglichen Zerstörung der eingesetzten Sensoren oder deren Behinderung durch Vereisung oder
25 Eisteilchenbeschuss auf.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Die Aufgabe der Erfindung ist demnach das Verringern oder Eliminieren der
5 vorangehend genannten Nachteile. Insbesondere ist Aufgabe der Erfindung, ein
System vorzuschlagen, mit dem eine präzise zuverlässige Überwachung von
Rohrleitungsquerschnitten hinsichtlich Vereisung möglich ist, bzw. ein effizientes
System zum Verhindern von Vereisungen in einer Rohrleitung, bei der eine
gleichzeitige zuverlässige Überwachung des Rohrleitungsquerschnitts auf Eisbildung
10 erfolgt.

Die Aufgabe wird gemäß Anspruch 1 durch ein System zum Messen und Verhindern
von Vereisungen in einer Rohrleitung gelöst, das mindestens einen Sensor zum
Erfassen von mechanischen Schwingungen der Rohrleitung, eine elektronische
15 Auswerteeinheit und eine elektronische Steuereinheit umfasst, wobei der mindestens
eine Sensor mit der elektronischen Auswerteeinheit verbunden ist und die
Auswerteeinheit Kenndaten zu dem Schwingungsverhalten der Rohrleitung aufweist
und dazu eingerichtet ist, die gemessenen Rohrschwingungen mit den Kenndaten zu
vergleichen sowie durch Korrelation als Rohrleitungsvereisung zu interpretieren und
20 bei Rohrleitungsvereisung ein Signal an die Steuereinheit auszugeben.

Besonders vorteilhaft bei dieser Lösung ist, dass keine Sensoren innerhalb der
Rohrleitung integriert werden müssen, sondern lediglich die globalen und lokalen
Schwingungen der Rohrleitung ermittelt werden. Voraussetzung für die Verwendung
25 dieses Verfahrens ist, dass die Rohrleitung beim Betrieb der Klimaanlage schwingt.
Damit wird das zu überwachende Rohr der Klimaanlage selbst als sensitives Element
genutzt. Beispielsweise können von außen an die Rohrleitung geeignete Sensoren
angeordnet werden, um Beschleunigungen und/oder lokale Dehnungen der
Rohrleitung messen zu können. Als geeignete Sensoren kommen neben vielen
30 anderen exemplarisch elektrodynamische Beschleunigungssensoren, piezoresistive

Dehnungsmessstreifen und piezoelektrische Elemente in Betracht. Abhängig von der Masseverteilung der Rohrleitung ändert sich dessen lokales Schwingungsverhalten, so dass durch Vergleich mit zu der Rohrleitung gehörigen Kenndaten eine etwaige lokale Massenzunahme in der Rohrleitung ermittelt werden kann, die auf eine

5 Vereisung innerhalb des Rohrquerschnitts an der überwachten Stelle hindeuten würde. Die ermittelten Schwingungen der Rohrleitung werden in einer zentralen Datenauswerteeinheit insbesondere durch ein Modalanalyse-Verfahren ausgewertet und mit vorher ermittelten Kenndaten der Rohrleitung verglichen. Falls die Rohrleitung nicht schon selbst durch den Betrieb der Klimaanlage zum Schwingen

10 angeregt wird oder falls die auftretenden Schwingungen für eine präzise Messung der Vereisung nicht ausreichen, können Schwingungen durch einen oder mehrere geeignete elektrodynamische, piezoelektrische oder andere externe Schwingungserreger bewirkt oder verstärkt werden. Besonders vorteilhaft ist, auf dem piezoelektrischen Effekt basierende Sensoren zum Ermitteln der

15 Rohrschwingungen zu verwenden, die alternierend durch Anlegen einer Wechselspannung auch zum Auslösen von Schwingungen verwendet werden können. Der oder die Aktuatoren sind an dafür geeigneten und vorher zu berechnenden, simulierenden oder auszumessenden Stellen der Rohrleitung anzubringen, an denen eine besonders gute Schwingungserregung erfolgen kann.

20 Beim Einsetzen von Eiswachstum an einer beliebigen Stelle in der Rohrleitung ändert sich in charakteristischer Weise das lokale und das globale Schwingungsverhalten der Rohrleitung, das durch die von außen aufgebrachten Sensoren erfasst wird. Die erfassten Schwingungen werden durch die zentrale

25 Datenauswerteeinheit analysiert, wobei das Analysieren den Vergleich mit Daten einer eisfreien Rohrleitung und/oder mit experimentell ermittelten Kennfällen spezifischer Vereisung umfasst. Aus einer Korrelation der Kenndaten mit den ermittelten Schwingungsformen lässt sich der Vereisungszustand bestimmen und bei Bedarf – etwa beim Überschreiten einer bestimmten Eisschichtdicke – Steuergrößen

30 für Enteisungsmaßnahmen extrahieren, so dass Enteisungsmaßnahmen ausgelöst

- 5 -

werden können, die so lange wirken sollten, bis sich das eisfreie Schwingungsverhalten wieder einstellt.

Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich durch die Unteransprüche. Ferner wird
5 die Aufgabe durch ein Verfahren zum Verhindern von Vereisungen in einer Rohrleitung gelöst.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

10

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert. In den Figuren werden gleiche Objekte durch gleiche Bezugszeichen gekennzeichnet. Es zeigen:

15

Fig. 1: Schematische Übersicht eines erfindungsgemäßen Systems mit autonomer

Steuerung der Enteisungsmaßnahme;

Fig. 2: Schematische Ansicht des erfindungsgemäßen Systems mit in das System

integrierter Steuerung der Enteisungsmaßnahme;

20

Fig. 3: Ablaufschema des erfindungsgemäßen Verfahrens und

Fig. 4a-4d: Dreidimensionale Darstellung des zu überwachenden Rohrs am Beispiel einer Klimaanlage eines Großraumflugzeugs.

25 DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

Fig. 1 zeigt einen Teil einer Flugzeugklimaanlage mit einer Mischkammer 2, einem Klimaaggregat 4 (im folgenden auch „Klimapack“ genannt) und einer dazwischen liegenden Rohrleitung 6, etwa in Form eines Ablaufkanals. In der Mischkammer 2
30 wird aus der Kabine des Flugzeugs austretende Luft mit aus dem Klimapack 4

- 6 -

austretender und aufbereiteter Frischluft gemischt und anschließend mittels eines Rohrleitungssystems zur Kabine geleitet. Besonders dann, wenn eine hohe Kühlleistung zum Kühlen der Kabine angefordert wird, ist die in der Rohrleitung 6 transportierte Luft relativ kalt, wodurch es innerhalb der Rohrleitung 6 aufgrund von
5 auskondensiertem und gefrorenem Wasserdampf zu Vereisungseffekten kommen kann. Dabei sammelt sich Eis in einer Schicht an der Innenwandung der Rohrleitung 6 und führt zu einer Verringerung des Rohrquerschnitts. Durch den erhöhten Strömungswiderstand aufgrund des geringeren Querschnitts kann im schlimmsten Fall kaum noch Luft durch die Rohrleitung 6 transportiert werden, so dass die
10 Effizienz der Klimaanlage sinkt.

An der Außenseite 8 der Rohrleitung 6 sind eine Vielzahl von Sensoren 10 voneinander beabstandet und im Wesentlichen über die gesamte Länge der Rohrleitung 6 angeordnet, die zum Erfassen des Schwingungsverhalten der
15 Rohrleitung 6 dienen. Die Sensoren 10 können dabei exemplarisch als Beschleunigungsaufnehmer, Dehnungsmessstreifen oder Piezoelemente realisiert werden. Jedwede Art von Sensoren 10, die mittels eines beliebigen Wirkprinzips lokale Schwingungen erfassen können, sind für das erfindungsgemäße System geeignet. Als besonders vorteilhafte Sensoren seien an dieser Stelle piezoresistive
20 Dehnungsmessstreifen, piezoelektrische Dehnungssensoren und piezoelektrische Elemente genannt. Die Anordnung der Sensoren ist nicht auf die dargestellte Anordnung in den Figuren beschränkt. So könnten mehr oder weniger Sensoren 10 an eine Rohrleitung 6 angebracht werden, bevorzugt werden jedoch insbesondere solche Bereiche ausgewählt, an denen eine besonders hohe Schwingungsamplitude
25 zu erwarten ist. Die Sensoren 10 sind über Leitungen 12 mit der Auswerteeinheit 14 verbunden, die dazu befähigt ist, die Daten der Sensoren 10 zu analysieren und mit den Kenndaten eines vereisungsfreien und/oder eines vereisten Rohrs mit definierter Schichtdicke zu vergleichen. Die von den Sensoren 10 stammenden Messsignale werden beispielsweise durch eine Modalanalyse einer Berechnung zugänglich
30 gemacht. Wird in der Auswerteeinheit 14 durch die Korrelation der auftretenden

- Schwingungen mit den Kenndaten festgestellt, dass ein Vereisungszustand vorliegt, wird bevorzugt ein entsprechendes Signal ausgegeben. Die Auswerteeinheit 14 kann beispielsweise über eine Verbindung 16 mit einer Steuereinheit 18 verbunden sein und ein Signal übermitteln, das zu einem Enteisen durch eine entsprechende
- 5 Temperaturerhöhung der durch das Klimapack 4 abgegebenen Luft führt. Demzufolge ist in der vorgeschlagenen ersten Ausführungsform die Steuereinheit 18 über eine Verbindung 20 mit dem Klimapack 4 verbunden und kann auf den Kälteprozess entsprechend Einfluss nehmen.
- 10 Wird im Laufe der Enteisierung durch Messung des Vereisungszustands der Rohrleitung 6 festgestellt, dass die überwachte Rohrleitung 6 eisfrei ist, kann das durch die Steuereinheit 18 abgegebene Signal aufgehoben werden, so dass das Klimapack 4 wieder die vorherige Lufttemperatur annimmt.
- 15 Die Erfassung des lokalen und globalen Schwingungsverhaltens der Rohrleitung 6 kann nur beim Schwingen der Rohrleitung 6 erfolgen. Liegt aufgrund der Durchströmungen der Rohrleitung 6 von Luft keine Schwingung vor, kann diese durch einen Aktuator 22 ausgelöst werden. Der Aktuator 22 kann jede beliebige Bauweise aufweisen, die zum Auslösen einer Schwingung befähigt ist.
- 20 Vorteilhafterweise werden die Sensoren 10 als piezoelektrische Sensoren ausgeführt, die beim Vorgang des Messens beispielsweise eine der lokalen Schwingungsfrequenz entsprechende Wechselspannung liefern. Gleichermaßen kann durch Anlegen einer dafür geeigneten Wechselspannung an die piezoelektrischen Sensoren 10 eine Schwingung ausgelöst werden. Vorteilhafterweise ist der Aktuator
- 25 22 mit der Auswerteeinheit 14 über eine Verbindung 24 verbunden, die zum Auslösen der Schwingungen dient und etwa eine Wechselspannung liefert.

In Fig. 2 wird eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems vorgeschlagen. Sie unterscheidet sich von dem in Fig. 1 dargestellten System

dadurch, dass die Steuereinheit 18 mit einer Packregeleinheit 26 über eine Verbindung 28 verbunden ist.

Zum Gewinnen der Kenndaten der Rohrleitungen 6 beider Ausführungsformen wird
5 exemplarisch ein ortsauflösendes Thermographieverfahren vorgeschlagen. Hierbei
kann mit kurzzeitigen hochenergetischen Lichtpulsen der zu untersuchenden
Rohrleitung 6 von außen gleichmäßig Energie zugeführt werden, die an der äußeren
Rohroberfläche 8 absorbiert wird. Je nach lokaler Wärmekapazität, so etwa zum
Einen die Rohrwandung ohne Eis im Vergleich zur Rohrwandung mit Eis, werden
10 unterschiedliche Temperaturerhöhungen entlang der Rohroberfläche 8 erreicht,
wodurch einsetzendes Eiswachstum mit Hilfe einer entsprechend empfindlichen
Thermographiekamera lokal sichtbar gemacht werden kann. Die Rohrleitung 6 wird
bei bekannter Vereisungssituation sodann unter Schwingung versetzt, welche durch
die Sensoren 10 erfasst wird. Die so erhaltenen Schwingungsparameter können je
15 nach festgestelltem Vereisungszustand entsprechend aufbereitet und in der
Auswerteeinheit 14 gespeichert werden, um später mit im Betrieb ermittelten
Schwingungsdaten korreliert werden zu können.

In Fig. 3 werden schließlich die essentiellen Schritte des erfindungsgemäßen
20 Verfahrens zum Verhindern von Vereisungen in einer Rohrleitung dargestellt. Mit
Beginn der Inbetriebnahme der Flugzeugklimaanlage 30 beginnt die
Schwingungsmessung 32. Die Schwingungsmessung 32 kann dabei kontinuierlich
oder in vorbestimmten Zeitabständen durchgeführt werden. Falls die zu
überwachende Rohrleitung 6 keine ausreichenden Schwingungen vollführt, kann
25 optional eine Schwingungserregung 34 in Betrieb genommen werden. Diese
Schwingungserregung 34 kann ebenfalls entweder kontinuierlich oder in
vorbestimmten Zeitabständen durchgeführt werden, je nachdem, wann die
Schwingungsmessung 32 durchgeführt wird. Kontinuierlich oder einmalig beim
Messvorgang erfolgt eine Auswertung 36 der Sensordaten innerhalb der
30 Auswerteeinheit 14. Die Auswerteeinheit 14 vergleicht beim Auswertungsvorgang

die gemessenen Schwingungsparameter, das heißt zumindest Amplitude und Frequenz, und vergleicht sie mit zu der Rohrleitung 6 gehörigen Kenndaten. Ergibt dieser Vergleich eine Abweichung von den Schwingungsdaten eines vereisungsfreien Rohrs kann etwa über einen Schwellwertalgorithmus bei

5 Überschreiten einer zulässigen Vereisungssituation ein Vereisungssignal 38 aus der Rechereinheit 14 abgegeben werden. Dieses Vereisungssignal kann in eine Steuereinheit 18 geführt werden, die weitere Maßnahmen zum Lösen der Vereisung ausführt. Diese Steuereinheit 18 könnte in einem weiteren Schritt einer Packregereinheit 26 mitteilen 40, dass eine vereiste Rohrleitung 6 vorliegt bzw. eine

10 Temperaturerhöhung anfordern.

Schließlich wird in den Figuren 4a-4d die zu überwachende Rohrleitung 6 mittels vier dreidimensionaler Ansichten, die in Form von Ausschnitten des Einbauraums einer Klimaanlage eines Großraumflugzeugs gewählt sind, beispielhaft dargestellt.

15 Deutlich sichtbar ist in den Figuren 4a und 4b die Mischkammer der Klimaanlage, die unter anderem mittels der zu überwachenden Rohrleitung 6 mit einem Klimaanlageaggregat verbunden ist.

Die Ausführung des erfindungsgemäßen Systems ist nicht auf die Verwendung in

20 Flugzeugen für Rohrleitungen der Klimaanlage beschränkt. Vielmehr kann das erfindungsgemäße System für alle Arten von luftführenden Rohrleitungen verwendet werden, die insbesondere in allen Arten von Fahrzeugen und Gebäuden integriert sind.

25 Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass „umfassend“ keine anderen Elemente oder Schritte ausschließt und „eine“ oder „ein“ keine Vielzahl ausschließt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele

verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. System zum Messen und Verhindern von Vereisungen in einer Rohrleitung
5 (6), umfassend mindestens einen Sensor (10) zum Erfassen von mechanischen
Schwingungen der Rohrleitungen, eine elektronische Auswerteeinheit (14) und eine
elektronische Steuereinheit (18),
wobei der mindestens eine Sensor (10) mit der elektronischen
Auswerteeinheit (14) verbunden ist, die Auswerteeinheit (14) Kenndaten zu dem
10 Schwingungsverhalten der Rohrleitung (6) aufweist und dazu eingerichtet ist, die
gemessenen Rohrschwingungen mit den Kenndaten zu vergleichen und durch
Korrelation als Rohrleitungsvereisung zu interpretieren und bei
Rohrleitungsvereisung ein Signal an die Steuereinheit (18) auszugeben,
wobei die Auswerteeinheit (14) dazu eingerichtet ist, aus Sensordaten und
15 Korrelation mit vorbekannten und zu der Rohrleitung (6) gehörigen Kenndaten
lokale und globale Massenzunahmen der Rohrleitung (6) und damit der Eisschicht zu
bestimmen und
wobei bei Überschreiten einer vorbestimmten lokalen oder globalen
Eisschichtdicke ein Signal an die Steuereinheit (18) zum Auslösen einer Enteisung
20 abzugeben.
2. System nach Anspruch 1, bei dem die Sensoren (10) als
Beschleunigungssensoren ausgeführt sind.
- 25 3. System nach Anspruch 1, bei dem die Sensoren (10) als piezoresistive
Dehnungsmessstreifen ausgeführt sind.
4. System nach Anspruch 1, bei dem die Sensoren (10) als piezoelektrische
Elemente ausgeführt sind.

- 12 -

5. System nach Anspruch 1, umfassend mindestens einen an der Rohrleitung (6) angeordneten Aktuator (22) zur Schwingungserregung.
6. System nach Anspruch 5, bei dem der Aktuator (22) als piezoelektrisches Element ausgeführt ist und dazu ausgebildet ist, gleichzeitig als Sensor (10) verwendet zu werden.
7. System nach Anspruch 1, bei dem der Aktuator (22) als elektrodynamischer Aktuator ausgeführt ist.
- 10 8. System nach Anspruch 1, bei dem die Sensoren (10) an der äußeren Rohroberfläche (8) angeordnet sind.
9. System nach Anspruch 1, bei dem zum Enteisen die Temperatur der durch die 15 Rohrleitung (6) strömenden Luft erhöht wird.
10. Verfahren zum Messen und Verhindern von Vereisungen in einer Rohrleitung (6), umfassend die Schritte:
- Schwingungsmessung (32) mittels der Sensoren (10),
 - 20 - Optional Schwingungserregung (34),
 - Auswertung der Sensordaten (36) und bei Überschreiten einer vorbestimmten Eisschichtdicke
 - Abgeben eines Signals (38) zum Auslösen einer Enteisung.
- 25 11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem zum Enteisen die Temperatur der durch die Rohrleitung (6) strömenden Luft erhöht wird.
12. Verwendung eines Systems nach einem der Ansprüche 1-9 für eine Klimaanlage in einem Flugzeug.

13. Flugzeug mit einer Klimaanlage, umfassend ein System nach einem der Ansprüche 1-9.

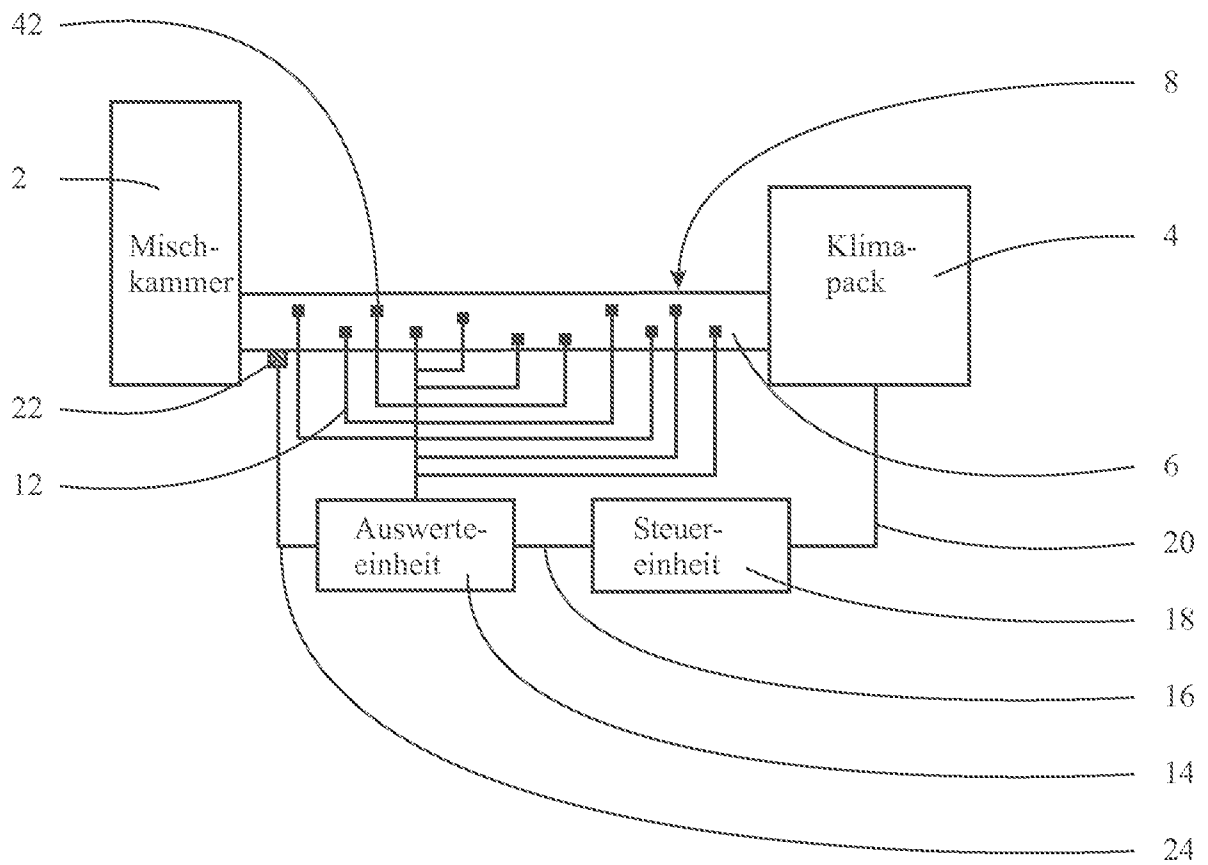


Fig. 1

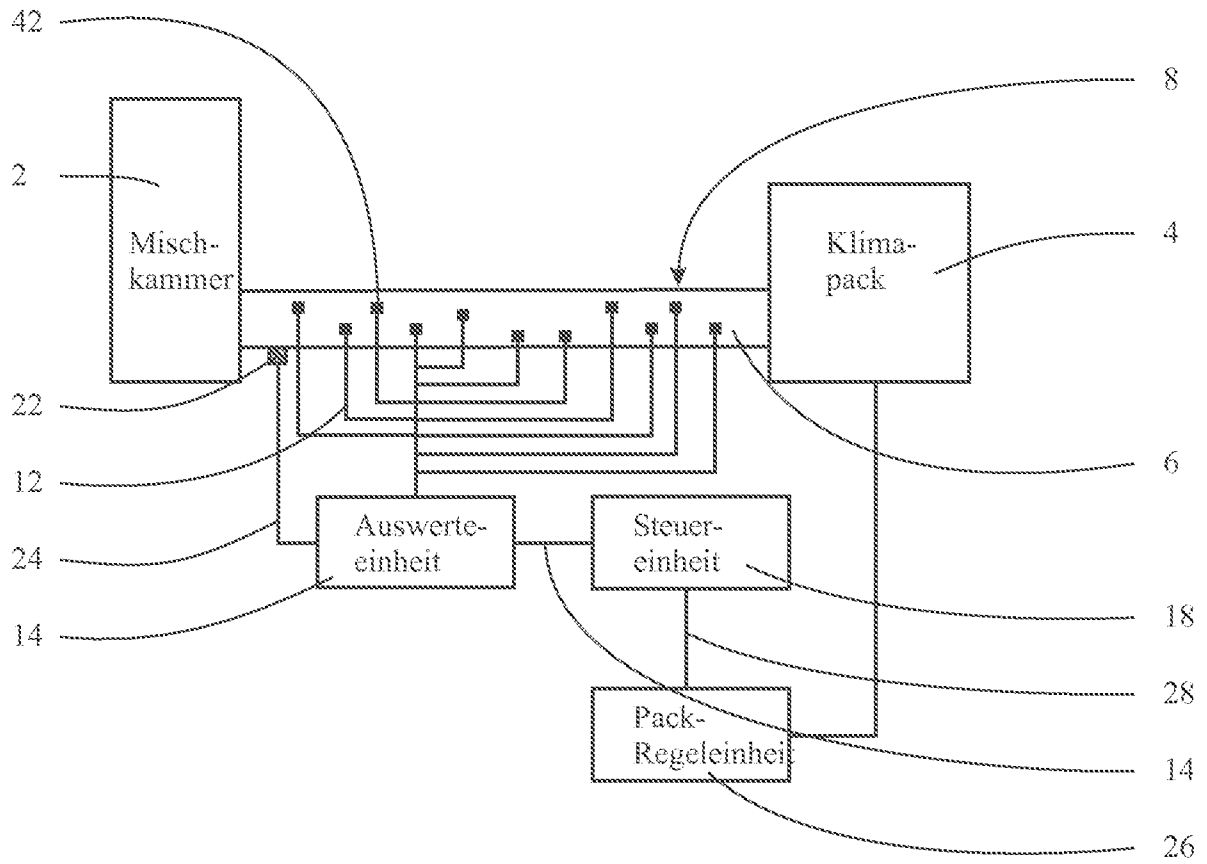


Fig. 2

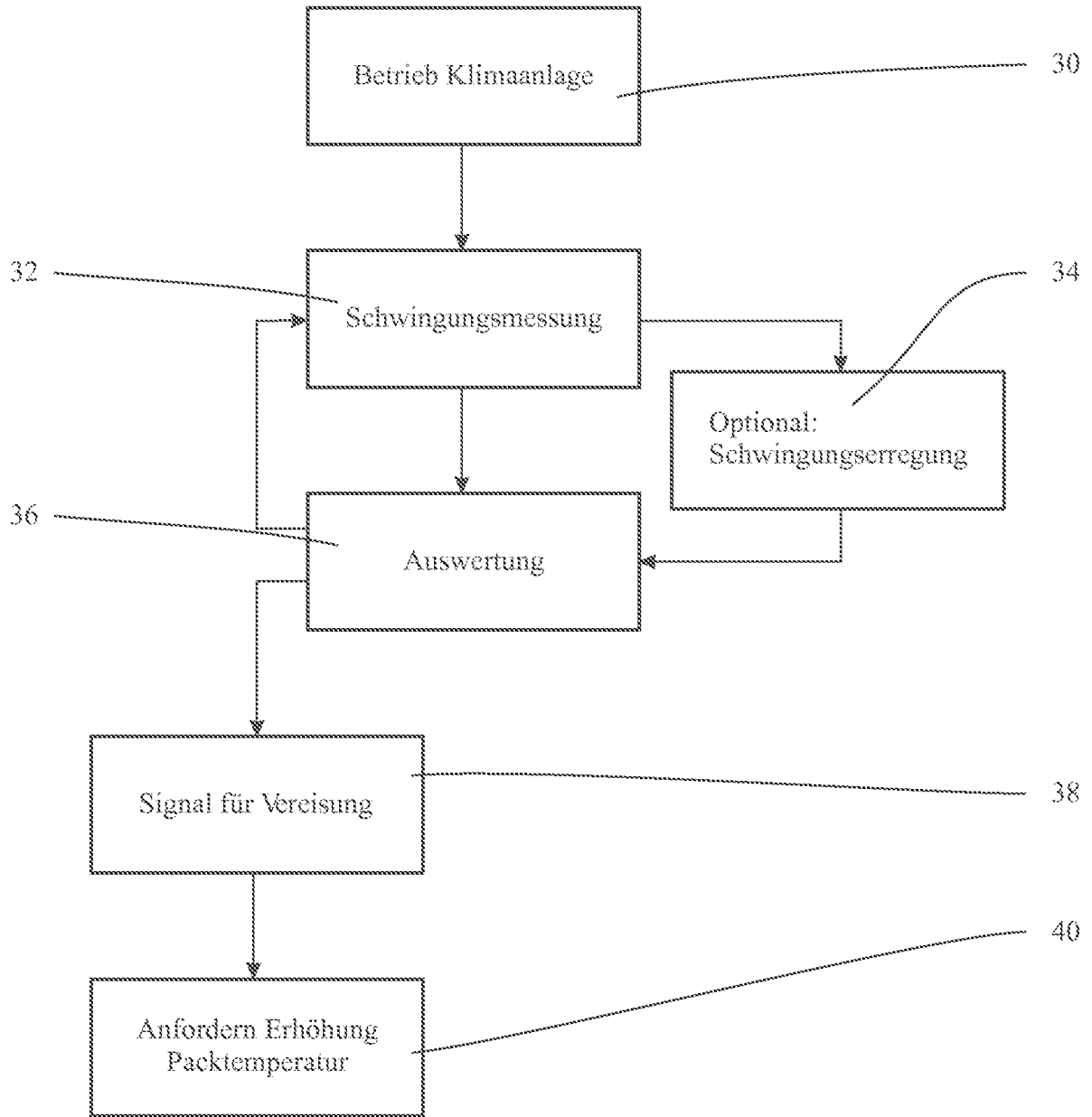


Fig. 3

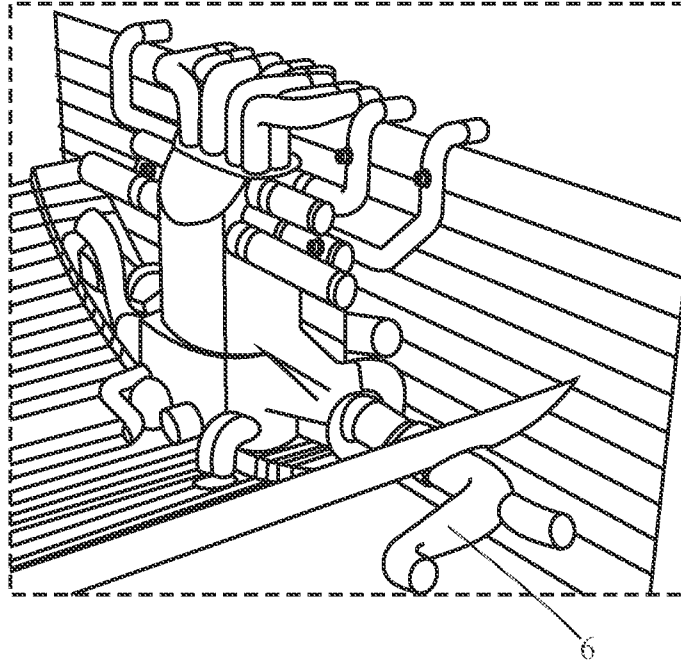


Fig. 4a

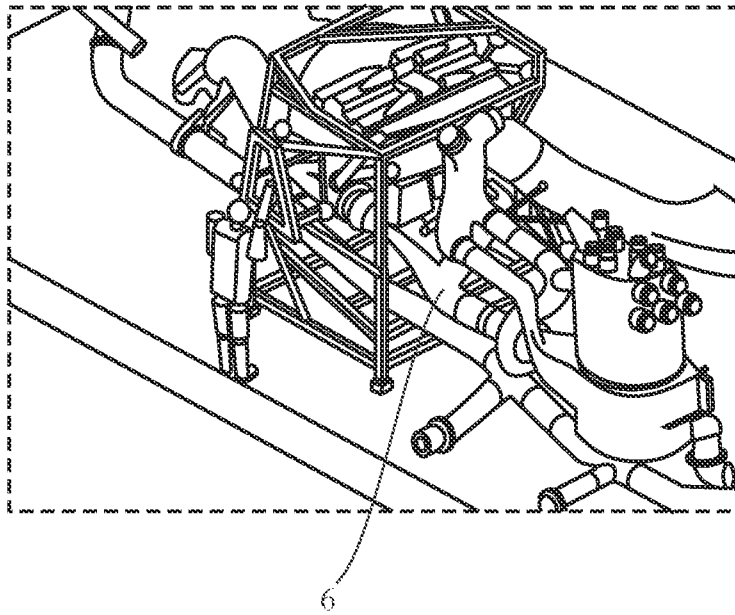


Fig. 4b

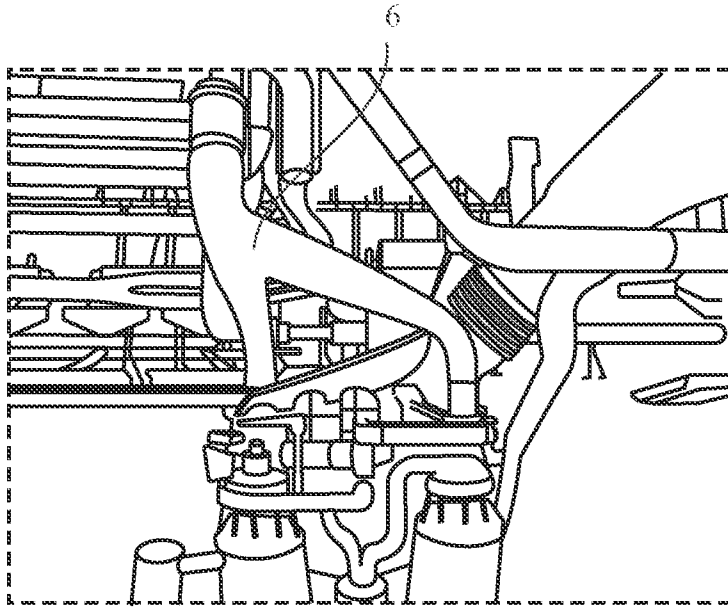


Fig. 4c

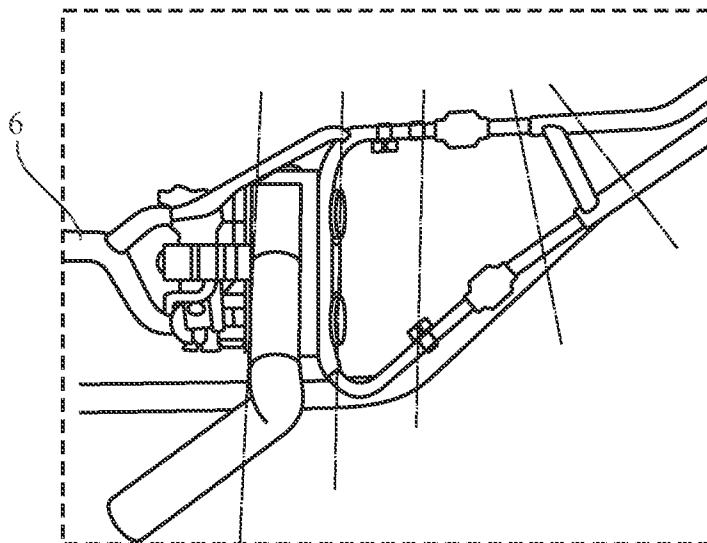


Fig. 4d