



(10) **DE 10 2016 005 572 B4** 2024.10.10

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 005 572.3**
(22) Anmeldetag: **04.05.2016**
(43) Offenlegungstag: **09.11.2017**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.10.2024**

(51) Int Cl.: **B64C 25/00** (2006.01)
G01L 1/12 (2006.01)
G01L 5/20 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH, 88161
Lindenberg, DE**

(74) Vertreter:
**Lorenz Seidler Gossel Rechtsanwälte
Patentanwälte Partnerschaft mbB, 80538
München, DE**

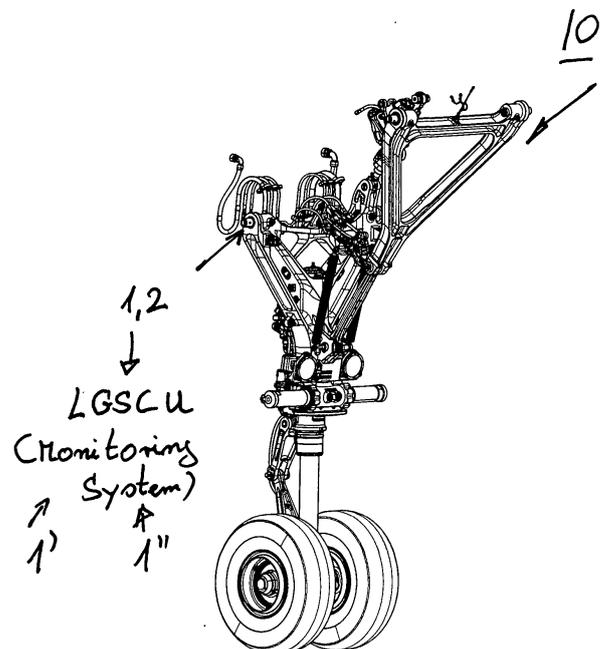
(72) Erfinder:
**Meyer, Jörg, 88255 Baienfurt, DE; Schiavelbusch,
Bernd, 88161 Lindenberg, DE; Trenkle, Christian,
88171 Weiler-Simmerberg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2008 / 0 011 091	A1
US	3 625 053	A
US	3 975 685	A
US	5 456 119	A
EP	2 441 671	A2

(54) Bezeichnung: **Torque Sensor V**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Lasterfassung an wenigstens einem Fahrwerksbein (10) eines Flugzeugfahrwerks, wobei an wenigstens einem Lagerbolzen (2) und/oder an wenigstens einer Radachse (3) des Fahrwerksbeins (10) wenigstens ein mit einem Rechner gekoppelter Lastsensor (1) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Lastsensor (1) in dem Lagerbolzen (2) integriert ist, wobei der Rechner aus Messwerten des wenigstens einen Lastsensors (1) das Vorliegen einer Belastung des Fahrwerksbeins (10) und/oder das Auftreten einer Überschreitung eines Grenzwerts der Belastung des Fahrwerksbeins (10) ermittelt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Lasterfassung an wenigstens einem Fahrwerksbein eines Flugzeugfahrwerks, wobei an wenigstens einem Lagerbolzen und/oder an wenigstens einer Radachse des Fahrwerksbeins wenigstens ein mit einem Rechner gekoppelter Lastsensor vorgesehen ist.

[0002] Beispiele gattungsgemäßer Ausführungen sind aus der US 3 625 053 A, der US 3 975 685 A, der US 2008 / 0 011 091 A1, der US 5 456 119 A sowie der EP 2 441 671 A2 bekannt.

[0003] Für den sicheren Betrieb von Fluggeräten ist es notwendig das Gewicht und/oder die Gewichtsverteilung des Fluggeräts zu kennen. Zur Gewichtsmessung von Flugzeugen ist es beispielsweise bekannt, von einer entsprechenden Bedienperson wie dem Load Control Agent ein sogenanntes Load Sheet erstellen zu lassen, aus dem sich das Gewicht und/oder die Gewichtsverteilung des Flugzeugs ergeben.

[0004] Die Berechnungsmethoden für dieses Load Sheet sind z.B. in der Vorschrift FAA-H-8083-1A „Aircraft Weight and Balance Handbook“ festgelegt. Der Load Agent verwendet für seine Berechnungen u. a. Daten für das Leergewicht des Flugzeugs sowie die getankte Kraftstoffmengen, die Füllstände der verschiedenen Kraftstofftanks und die Einzelmassen und Positionen der Fracht und der Passagiere, wobei die Massewerte bzw. Messwerte in Pfund oder Kilogramm angegeben sein können. Alle diese Daten sind mit Schätzfehlern behaftet, weshalb die Sicherheitszuschläge für die Berechnung des Massenschwerpunktes groß sein müssen.

[0005] Im Rahmen der Muster- und Typzulassung, erfolgt die Bestimmung von Gewicht und Schwerpunkt bzw. „Weight and Balance“ des Flugzeuges. Danach wird das Flugzeug nur noch in bestimmten Intervallen gewogen. Für die Ermittlung des „Zero Fuel Gewichts“ vor jedem Abflug wird vom Load Control Agent eine Gewichts- sowie eine Schwerpunktsberechnung d.h. eine Berechnung von „Weight and Balance“ des Flugzeugs und ein Beladungsplan erstellt. Das tatsächliche Flugzeuggewicht wird also nicht gewogen.

[0006] Zur Bestimmung von Weight on Wheel werden bei großen Flugzeugen in der Regel Näherungssensoren am Fahrwerk bzw. an beiden Hauptfahrwerken und am Bugfahrwerk integriert. Damit kann dann z.B. über eine entsprechende Anzeige „Target Near“ oder „Target Far“ angezeigt werden, womit die Zustände beschrieben werden, dass das Flugzeug in der Luft oder am Boden ist.

[0007] Bei kleineren Flugzeugen werden in der Regel Micro Switches an den Fahrwerken verwendet, wobei ein gedrückter Switch bedeuten kann, dass das Flugzeug in der Luft ist und ein nicht gedrückter Switch, dass das Flugzeug am Boden ist.

[0008] Die Schaltpunkte für die Näherungssensoren und Micro Switches sind abhängig vom jeweiligen Stoßdämpferhub und haben eine gewisse Streubreite bedingt durch die Ölmenge im Fahrwerksstoßdämpfer und evtl. Leckage, die Vorspannung des Fahrwerks, die Reibung im Fahrwerks-Stoßdämpfer und die Temperatur.

[0009] Die Weight-on-Wheel-Bestimmung nach dem Stand der Technik kann ebenfalls durch die Integration von Drucksensoren im Fahrwerk erreicht werden. Hierzu wird über den Drucksensor der Druck im Stoßdämpfer gemessen und indirekt die Last auf jedem Fahrwerksbein bestimmt.

[0010] Die Weight-on-Wheel-Bestimmung kann auch über die Durchbiegung der Fahrwerksradachsen erfolgen. Hierzu werden mehrere LVDT Sensoren in den Radachsen integriert und die Durchbiegung der Radachse ermittelt. Aus der Durchbiegung wird die Last auf der Radachse bestimmt.

[0011] Bekannt ist auch die Verwendung eines am Main Landing Gear Beam angebrachten Sensor, der dort über die Durchbiegung dieses Beams feststellt, ob das Fahrwerk belastet ist oder nicht.

[0012] Nachteilig an der aus dem Stand der Technik bekannten Vorgehensweise bzw. den entsprechenden Vorrichtungen ist, dass keine tatsächliche Messung des Flugzeuggewichts vor dem Flug möglich ist. Ferner sind die bekannten Verfahren bzw. Vorrichtungen nicht dazu geeignet, harte Landestöße festzustellen sowie deren Anzahl zu ermitteln. Somit ist nach dem Stand der Technik kein effektives Health Monitoring möglich. Bei einer aus dem Stand der Technik bekannten Feststellung des Weight on Wheel ist diese nur als Statuszustand des jeweiligen Rades bekannt, jedoch ist daraus keine direkte Gewichtsermittlung des Flugzeugs möglich. Es werden nämlich zur Ermittlung des tatsächlichen Flugzeugleergewichts Check-Intervalle benötigt, welche mit erhöhtem Zeitaufwand und höheren Kosten verbunden sind. Ferner kann gemäß dem Stand der Technik die Schwerpunktsermittlung des Flugzeuges nachteiligerweise lediglich rechnerisch durch den Load Control Agent erfolgen.

[0013] Aufgabe der Erfindung ist es daher die absolute Belastung wenigstens eines Fahrwerksbeins zu messen, wobei ausgehend von der gemessenen Belastung das Flugzeuggewicht und/oder weitere Parameter bestimmt werden können.

[0014] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zur Lasterfassung an wenigstens einem Fahrwerksbein eines Flugzeugfahrwerks gelöst, wobei an wenigstens einem Lagerbolzen und/oder an wenigstens einer Radachse des Fahrwerksbeins wenigstens ein mit einem Rechner gekoppelter Lastsensor vorgesehen ist und der wenigstens eine Lastsensor erfindungsgemäß in dem Lagerbolzen integriert ist, wobei der Rechner aus Messwerten des wenigstens einen Lastsensors das Vorliegen einer Belastung des Fahrwerksbeins und/oder das Auftreten einer Überschreitung eines Grenzwerts der Belastung des Fahrwerksbeins ermittelt.

[0015] Ist die Vorrichtung an allen Fahrwerksbeinen eines Flugzeugs vorgesehen, so kann damit bzw. mittels des entsprechenden Rechners eine direkte Gewichtsbestimmung des Flugzeugs durchgeführt werden. Hierbei können die entsprechenden Lastsensoren beispielsweise als Scherkraftsensoren im Bug- und Hauptfahrwerk integriert sein. Die Sensoren können dabei an oder im Fahrwerkslager oder an oder in der Radachse vorgesehen sein, wobei die Sensoren so angeordnet sind, dass die von ihnen erfassten Messwerte proportional zur von den Fahrwerksbeinen übertragenen Kraft sind. Aus den in den Fahrwerksbeinen ermittelten Scherkräften kann dann mittels beispielsweise eines im Rechner implementierten Monitoring-Systems die Gewichtskraft, welche auf die Fahrwerksbeine wirkt und somit das Flugzeuggewicht bestimmt werden. Die Gewichtsbestimmung kann dabei zu jedem Zeitpunkt bestimmt werden in dem das Flugzeug über seine Fahrwerksbeine auf dem Boden abgestellt ist und beispielsweise vor, nach und/oder während der Beladung des Flugzeugs erfolgen.

[0016] Weiterhin ermöglicht die Vorrichtung mit mehreren Fahrwerksbeinen eine direkte Schwerpunktsermittlung des Flugzeugs. Über die beispielhaft genannten drei gemessenen Gewichtskräfte, welche über drei Fahrwerksbeine in den Boden eingeleitet werden, kann durch das Monitoring-System der aktuelle Schwerpunkt des Flugzeuges am Boden bestimmt werden. Dies kann auch während der Beladung des Flugzeugs erfolgen, um so die Beladung des Flugzeugs zu optimieren.

[0017] Ferner erlaubt die Vorrichtung eine Reduzierung der Betankungssicherheitsmargen, indem die Betankung eines Flugzeugs aufgrund von relativ ungenauen Abschätzungen beispielsweise von dessen Gewicht erfolgt, sodass hier entsprechend hohe Sicherheitsmargen bei der Treibstoffmenge berücksichtigt werden müssen. Durch die direkte Messung des Flugzeuggewichts, können Kerosinreserven reduziert werden, wodurch das Flugzeuggesamtgewicht und damit sein Verbrauch reduziert werden kann.

[0018] Ferner ist es möglich eine Weight-On-Wheel-Bestimmung durchzuführen, wobei durch die Sensoren bzw. Scherkraftsensoren an den Fahrwerksbeinen und der damit durchgeführten Ermittlung der Gewichtskraft die Feststellung erfolgt, ob sich das Flugzeug am Boden oder in der Luft befindet. Diese Information kann von dem Rechner oder weiteren Flugzeugrechnern beispielsweise für andere Vorgänge oder Verfahren genutzt werden.

[0019] Weiterhin erlaubt die Vorrichtung nach Anspruch 1 ein Health Monitoring hinsichtlich von Hard Landings umzusetzen. Im Monitoring-System, welches beispielsweise in dem Rechner implementiert sein kann, werden Grenzwerte für harte Landungen festgelegt. Wird durch den Lastsensor eine Überschreitung dieses Grenzwerts festgestellt, so erfolgt eine Anzeige bzw. Abspeicherung dieser Information. Auch die Anzahl an harten Landungen kann gespeichert werden, womit die Lebensdauer des Fahrwerks berechnet bzw. besser berechnet werden kann. Somit können auch Lastspektren über die gesamte Lebensdauer des Bauteils aufgezeichnet werden. Damit sind auch Standzeitverlängerungen bezüglich des Bauteils grundsätzlich möglich.

[0020] Dementsprechend ist gemäß der erfindungsgemäßen Ausführung vorgesehen, dass der wenigstens eine Lastsensor in dem Lagerbolzen und/oder in der Radachse integriert ist. Durch die Integration des Lastsensors in dem Lagerbolzen und/oder in der Radachse des Fahrwerks werden Ungenauigkeiten eliminiert, die durch die Leckagen bzw. Ölmengen im Fahrwerkstoßdämpfer, durch Vorspannungen des Fahrwerks, Reibungen im Stoßdämpfer oder temperaturbedingt auftreten können.

[0021] Weiterhin ist gemäß der erfindungsgemäßen Ausführung vorgesehen, dass der Rechner aus Messwerten des wenigstens einen Lastsensors das Vorliegen einer Belastung des Fahrwerksbeins und/oder das Auftreten einer Überschreitung eines Grenzwerts der Belastung des Fahrwerksbeins ermittelt.

[0022] Vorteilhafterweise kann so die Erfassung von Grenzwertüberschreitungen automatisiert werden, so dass der Pilot nicht mehr manuell derartige Grenzwertüberschreitungen aufzeichnen muss. Auch wird die Erfassung von Grenzwertüberschreitungen vorteilhafterweise homogenisiert, da nunmehr konkrete Messwerte zu den jeweiligen Grenzwertüberschreitungen aufgenommen werden und die Überschreitungen damit besser quantifizierbar und unabhängig von subjektiven Bewertungen des Piloten sind.

[0023] In einer bevorzugten Ausführung kann entsprechend vorgesehen sein, dass die Vorrichtung zur Lasterfassung an wenigstens drei Fahrwerksbei-

nen ausgebildet ist, wobei jedes Fahrwerksbein wenigstens einen Lastsensor umfasst. Umfasst das jeweilige Fluggerät dabei keine weiteren Fahrwerksbeine, so entspricht die über die Fahrwerksbeine insgesamt in die Auflagefläche des Fluggeräts eingeleitete Kraft der Gewichtskraft des Fluggeräts. Umfasst das Fluggerät mehr als drei Fahrwerksbeine, so können auch diese mit entsprechenden Lastsensoren versehen ausgebildet sein.

[0024] Ferner kann in einer weiteren Ausführung vorgesehen sein, dass der Rechner aus den Messwerten der Lastsensoren das Flugzeuggewicht und/oder den Flugzeugschwerpunkt ermittelt. Das ermittelte Flugzeuggewicht und/oder der Schwerpunkt können dem Piloten beispielsweise über eine entsprechende Anzeige mitgeteilt werden, so dass der Pilot die automatisch gemessenen und im Vergleich zum Stand der Technik genaueren Werte einsehen und überprüfen kann, ob entsprechende Grenzwerte eingehalten sind und ein sicherer Flugbetrieb nicht gefährdet ist.

[0025] In einer weiteren bevorzugten Ausführung ist denkbar, dass der wenigstens eine Lastsensor ein Scherkraftsensor, insbesondere ein magnetostriktiver Scherkraftsensor ist. Der Scherkraftsensor kann dabei besser innerhalb der Struktur des Fahrwerksbeins bzw. innerhalb von Lagerbolzen und/oder Radachse integriert sein, wodurch er zuverlässiger arbeiten kann als ein ebenfalls denkbarer Dehnmessstreifen.

[0026] In einer weiteren bevorzugten Ausführung ist denkbar, dass ein Monitoring-System vorgesehen ist, das die Messwerte speichert. Das Monitoring-System kann dabei die von den Sensoren erfassten Messwerte über auch längere Zeit speichern, wodurch eine einfachere Erfassung der Langzeitbelastung der Fahrwerksbeine durchgeführt werden kann. Damit können gegebenenfalls rechtzeitig Warnung an den Piloten oder an Wartungspersonal ausgegeben werden, wenn unzulässige Belastungen oder unzulässige Häufungen von Belastungen der Fahrwerksbeine vom Monitoring-System erfasst worden sind.

[0027] Die Erfindung ist auch auf ein Fahrwerksbein mit wenigstens einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5 sowie auf ein Flugzeug mit wenigstens einem Fahrwerksbein nach Anspruch 6 gerichtet.

[0028] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Beladung eines Flugzeugs, wobei eine Vorrichtung zur Lasterfassung nach einem der Ansprüche der 4 bis 6 genutzt wird, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

Ermittlung des Flugzeuggewichts und/oder des Flugzeugschwerpunkts eines Flugzeugs mittels

einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5; und

Beladen des Flugzeugs in Abhängigkeit von dem ermittelten Flugzeuggewicht und/oder Flugzeugschwerpunkt

[0029] Vorteilhafterweise kann beim Beladen des Flugzeuges der aktuell ermittelte Schwerpunkt berücksichtigt werden und das Beladen so durchgeführt werden, dass der Schwerpunkt des voll beladenen Flugzeugs in einem gewünschten Bereich liegt. Ähnlich kann das aktuell ermittelte Gewicht des Flugzeugs dazu genutzt werden, eine Überladung des Flugzeugs zu erkennen bzw. zu vermeiden.

[0030] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung sind anhand der in den Figuren beispielhaft angegebenen Ausführungen aufgezeigt. Dabei zeigen:

Fig. 1: ein Fahrwerksbein mit erfindungsgemäßer Vorrichtung;

Fig. 2: eine Schnittansicht eines Lastsensors; und

Fig. 3: eine schematische Ansicht der Anordnung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in unterschiedlichen Fahrwerksbeinen.

[0031] Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung zur Lasterfassung, welche an einem Fahrwerksbein 10 eines Fluggeräts vorgesehen ist. Bei dem Fahrwerksbein 10 kann es sich um das Bein eines Flugzeugfahrwerks handeln. In der in Fig. 1 gezeigten Ausführung ist dabei ein Lastsensor 1 in einem Lagerbolzen 2 des Fahrwerksbeins 10 vorgesehen bzw. integriert. Im linken Bereich der Figur ist schematisch dargestellt, dass weitere Lastsensoren 1' und 1'' von weiteren nicht gezeigten Fahrwerksbeinen 10 des Fluggeräts über ein Monitoring-System LGSCU bzw. einen Rechner, auf dem das Monitoring-System implementiert ist, zur Auswertung der von den Sensoren 1, 1', 1'' gesammelten Daten miteinander gekoppelt sind.

[0032] Fig. 2 zeigt eine Ausführung des Lastsensors 1, bei der ein Scherkraftsensor innerhalb der Struktur des Lagerbolzens 2 integriert ist.

[0033] Fig. 3 zeigt die schematische Anordnung der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit drei Fahrwerksbeinen 10, 10', 10'', die dem Bugrad 10 und den Heckrädern 10', 10'' zugeordnet sein können. Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 3 sind an den Radachsen 3 entsprechende Lastsensoren 1, 1', 1'' vorgesehen. Die Lastsensoren 1, 1', 1'' sind wie in Fig. 1 gezeigt mit dem Monitoring-System zur Auswertung der von den Lastsensoren 1, 1', 1'' gesammelten Daten gekoppelt. Durch die in Fig. 2 gezeigte Integration der Lastsensoren 1, 1', 1'' können diese besser vor äußeren Einflüssen, wie beispielsweise Reibung

oder Vereisung, geschützt sein und als berührungslose Sensoren eine besonders robuste Sensortechnologie darstellen.

[0034] Wie der **Fig. 3** zu entnehmen ist kann die erfindungsgemäße Vorrichtung in Verbindung mit unterschiedlichen Fahrwerksbeinausführungen realisiert werden. Dabei können Fahrwerksbeine mit einem und/oder mit mehreren Rädern sowie mit einer und/oder mit mehreren Achsen verwendet werden.

[0035] Erfindungsgemäß kann durch die Lastsensoren bzw. Scherkraftsensoren das aktuelle Flugzeuggewicht direkt ermittelt werden. Die Schwerpunktsermittlung des Flugzeugs kann direkt durchgeführt werden. Hierdurch kann unter anderem der Flugzeugbeladevorgang vereinfacht werden, da jeweils das aktuelle Gewicht und der aktuelle Schwerpunkt des Flugzeugs bekannt sind. Daraufhin kann die Beladung entsprechend der tatsächlichen Verhältnisse am Flugzeug geleitet bzw. gesteuert werden. Erfindungsgemäß ist es somit auch möglich das Load Sheet des Flugzeugs direkt nach der Beladung automatisch mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu validieren.

[0036] Ferner ist eine direkte Prüfung möglich, bei der festgestellt wird, ob das zulässige Hilfsgewicht überschritten worden ist. In einer Ausführung der Vorrichtung mit Scherkraftsensoren kann die Vorrichtung ferner ohne die Verwendung von unzuverlässigeren Dehnmessstreifen ausgeführt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Lasterfassung an wenigstens einem Fahrwerksbein (10) eines Flugzeugfahrwerks, wobei an wenigstens einem Lagerbolzen (2) und/oder an wenigstens einer Radachse (3) des Fahrwerksbeins (10) wenigstens ein mit einem Rechner gekoppelter Lastsensor (1) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Lastsensor (1) in dem Lagerbolzen (2) integriert ist, wobei der Rechner aus Messwerten des wenigstens einen Lastsensors (1) das Vorliegen einer Belastung des Fahrwerksbeins (10) und/oder das Auftreten einer Überschreitung eines Grenzwerts der Belastung des Fahrwerksbeins (10) ermittelt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung zur Lasterfassung an wenigstens drei Fahrwerksbeinen (10) ausgebildet ist, wobei jedes Fahrwerksbein (10) wenigstens einen Lastsensor (1) umfasst.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rechner aus den Messwerten der Lastsensoren (1) das Flugzeuggewicht und/oder den Flugzeugschwerpunkt ermittelt.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Lastsensor (1) ein Scherkraftsensor, insbesondere ein magnetostriktiver Scherkraftsensor, ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Monitoring-System vorgesehen ist, dass die Messwerte speichert.

6. Fahrwerksbein (10) mit wenigstens einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5.

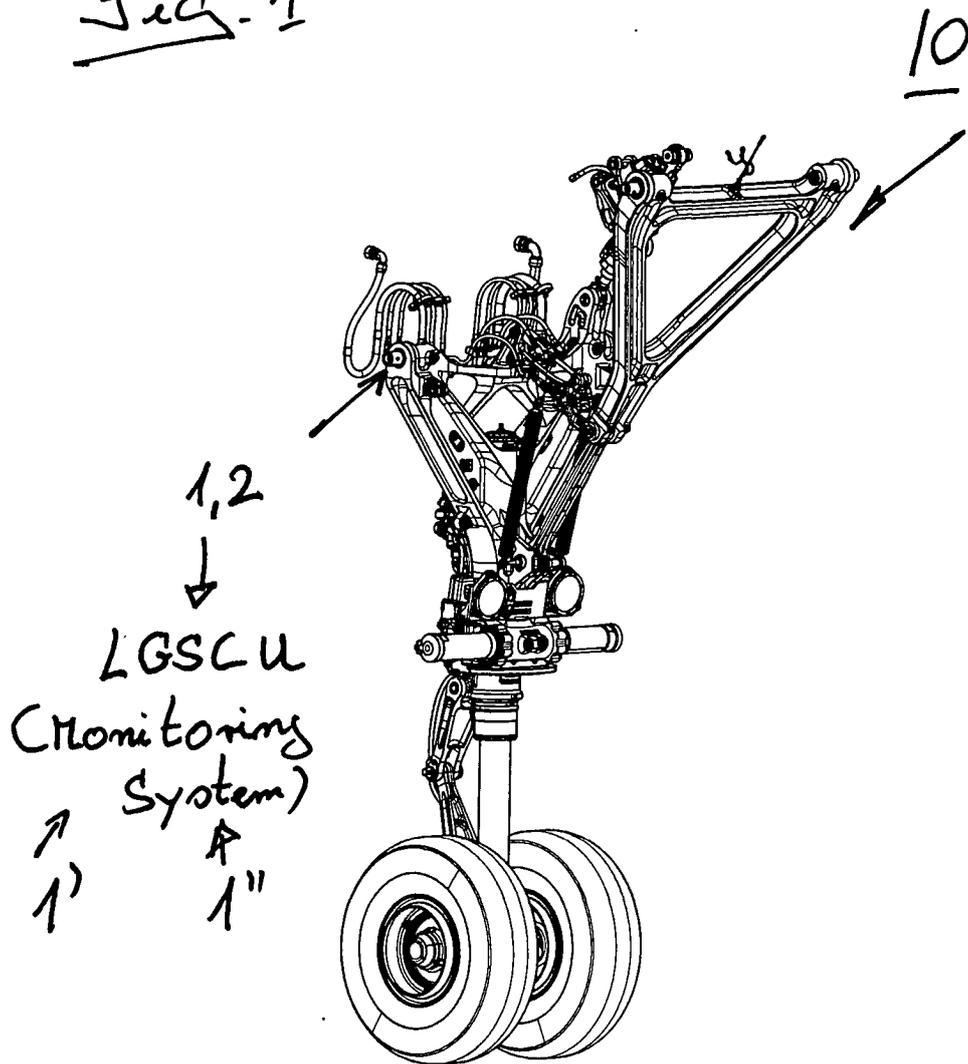
7. Flugzeug mit wenigstens einem Fahrwerksbein (10) nach Anspruch 6.

8. Verfahren zur Beladung eines Flugzeugs wobei eine Vorrichtung zur Lasterfassung an nach einem der Ansprüche 3 bis 5 genutzt wird, wobei das Verfahren die Schritte umfasst: Ermittlung des Flugzeuggewichts und/oder des Flugzeugschwerpunkts eines Flugzeugs mittels einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5; und Beladen des Flugzeugs in Abhängigkeit von dem ermittelten Flugzeuggewicht und/oder Flugzeugschwerpunkt.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1



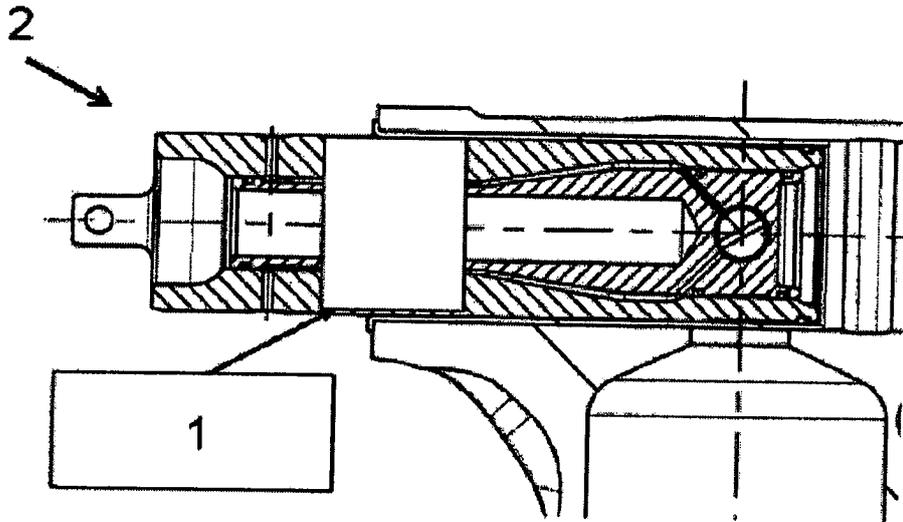


Fig. 2

Fig. 3

