



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 656 714 A5

⑤① Int. Cl.4: G 01 L 1/06

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

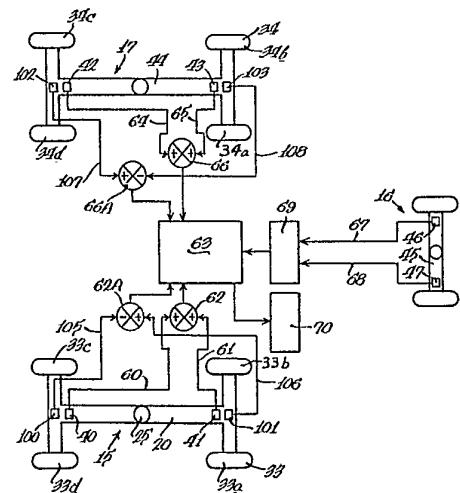
⑫ PATENTCHRIFT A5

<p>⑳ Gesuchsnummer: 8951/80</p> <p>㉒ Anmeldungsdatum: 03.12.1980</p> <p>③① Priorität(en): 12.12.1979 US 102776</p> <p>㉔ Patent erteilt: 15.07.1986</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.07.1986</p>	<p>⑦③ Inhaber: Sundstrand Data Control, Inc., Redmond/WA (US)</p> <p>⑦② Erfinder: Bateman, Charles Donald, Bellevue/WA (US)</p> <p>⑦④ Vertreter: E. Blum & Co., Zürich</p>
---	--

⑤④ Gewichtsmess- und Ausgleichsvorrichtung.

⑤⑦ Die Gewichtsmess- und Ausgleichsvorrichtung, welche die Durchbiegung eines Bauteiles (15, 16, 17) des Flugzeuges, z.B. des Fahrwerkes oder der Tragfläche oder des Rumpfes misst, enthält Neigungsmesser (40 - 43, 46, 47), die ein Ausgangssignal abgeben. Das Ausgangssignal stellt den Winkel des Bauteiles (15, 16, 17) bezüglich einer Bezugsebene dar. Die summierten Ausgangssignale aus den Neigungsmessern stellen den Winkel der Durchbiegung und die Gewichtsangabe dar.

Als Neigungsmesser werden servogesteuerte Beschleunigungsmeter angewendet, die an den Enden des Bauteiles (15, 16, 17) befestigt sind, so dass die Ausgangsspannung den Winkel des Bauteiles bezüglich der Bezugsebene darstellt. Ferner ist eine Einrichtung (62, 66, 69) zum Summieren der Ausgangssignale vorhanden, um das Gewicht zu bestimmen. Zur Reifenabtastung sind eine Mehrzahl von Neigungsmesser (100, 101; 102, 103) einem Radträger zugeordnet, um festzustellen, an welchem Reifen Unterdruck herrscht.



PATENTANSPRÜCHE

1. Gewichtsmess- und Ausgleichsvorrichtung für ein Flugzeug, das einen Bauteil aufweist, der sich in Abhängigkeit des aufgebracht Gewichtes durchbiegt, gekennzeichnet durch ein Paar von Geräten, die jeweils an den Enden des Bauteiles befestigt sind und Mittel zum Messen des Durchbiegungswinkels des Bauteiles aufweisen, und durch eine Einrichtung zur Bestimmung des Gewichtes anhand des am Bauteil gemessenen Durchbiegungswinkels.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1 für ein Flugzeug mit einem Fahrwerk, das den sich in Abhängigkeit des Flugzeuggewichtes durchbiegenden Bauteil enthält, dadurch gekennzeichnet, dass die Geräte ein Paar von Neigungsmessern, die an den Enden des Bauteiles befestigt sind und ein Ausgangssignal abgeben, das den Winkel des Bauteiles bezüglich einer Bezugsebene darstellt, und eine zweite Einrichtung zum Zusammenfassen der Ausgangssignale aufweisen, um ein Signal zu erzeugen, das das auf dem Bauteil lastende Flugzeuggewicht darstellt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Neigungsmesser ein servogesteuerter Beschleunigungsmeter ist, dessen Ausgangssignal den Winkel des Bauteiles bezüglich der Richtung der Schwerkraft darstellt, und dass die zweite Einrichtung dazu bestimmt ist, ein Signal abzugeben, das den durch das aufliegende Gewicht verursachten Durchbiegungswinkel des Bauteiles unabhängig von dem sich aus der Neigung des Flugplatzes oder der Piste ergebenden Winkel des Fahrwerkes darstellt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Geräte Neigungsmesser sind, die ein Ausgangssignal abgeben, und dass die Einrichtung eine Summiereinrichtung ist, an der zwei Signale angelegt sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Neigungsmesser ein servogesteuerter Beschleunigungsmeter ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Summiereinrichtung dazu bestimmt ist, ein Ausgangssignal abzugeben, das die Biegung des Trägers unabhängig von der Neigung des Trägers bezüglich einer Horizontalen Ebene darstellt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Bauteil ein Bugfahrwerk mit einer Achse und mindestens einem Hauptfahrwerk mit einem Radträger umfasst und wobei die Achse und der Radträger durch das Flugzeuggewicht durchgebogen werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Geräte ein Paar von Neigungsmessern sind, die jeweils an den Enden der Achse und des Radträgers befestigt sind und ein den Winkel des entsprechenden Organs bezüglich der Horizontalen darstellendes Signal abgeben.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Neigungsmesser ein servogesteuerter Beschleunigungsmeter ist, dessen Ausgangsspannung den Winkel des Organs bezüglich der Schwerkraft darstellt, und dass eine Summiereinrichtung vorgesehen ist, die ein Ausgangssignal gibt, das den durch das aufliegende Gewicht verursachte Durchbiegungswinkel des Organs unabhängig von dem sich aus der Neigung des Flugplatzes oder der Piste ergebenden Winkel des Fahrwerkes darstellt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1 für ein Flugzeug mit einem Rumpf und einer von diesem abstehenden Tragfläche, die einen Treibstofftank aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Geräte Neigungsmesser sind, die an jeder Seite des Treibstofftanks montiert sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1 für ein Flugzeug mit einem Flugzeugrumpf, wobei der Bauteil zwei von diesem abstehende Trägerflächen mit jeweils einem Fahrwerk und mit Treibstofftanks aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die die Geräte bildenden Neigungsmesser servogesteuerte Beschleunigungsmeter

ter sind, die relativ zum Flugzeugrumpf und den Tragflächen so montiert sind, dass ein Paar von Neigungsmessern an den gegenüberliegenden Seiten jedes Treibstofftanks und jedes Fahrgestells und am Rumpf montiert sind und dass die Einrichtung ausgebildet ist, die Ausgangssignale der paarweise zugeordneten Beschleunigungsmeter zu vergleichen, um die durch das getragene Gewicht verursachte Durchbiegung dieses Teils des Flugzeuges zu bestimmen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das servogesteuerte Beschleunigungsmeter eine Probe-masse aufweist, die pendelnd abgehängt ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Neigungsmesser servogesteuerte Beschleunigungsmeter mit jeweils einer hochempfindlichen Achse sind, wobei die Beschleunigungsmeter mit ihrer hochempfindlichen Achse parallel zur Achse des zugeordneten Bauteiles ausgerichtet sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei der Radträger ein Vorder- und Hinterrad aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass eine Subtrahiereinrichtung zum Subtrahieren der Ausgangssignale aus jedem Paar von Neigungsmessern vorgesehen ist, um ein Signal zu erzeugen, das die Neigung des Radträgers darstellt, wenn der Reifendruck eines Rades nicht stimmt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Neigungsmesser servogesteuerte Beschleunigungsmeter sind, die jeweils ein den Winkel des Radträgers bezogen auf die Schwerkraft, darstellendes elektrisches Ausgangssignal abgeben.

15. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Bauteil mindestens ein Hauptfahrwerk mit einem Radträger und vorderen und hinteren Zwillingsreifen aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Geräte Neigungsmesser sind, wobei ein erstes Paar von Neigungsmessern mit ihren hochempfindlichen Achsen parallel an den Enden des Radträgers befestigt sind und ein den Winkel des Radträgers bezogen auf die Horizontale darstellendes Ausgangssignal abgeben, und ein zweites Paar von Neigungsmessern neben dem ersten Paar mit ihren hochempfindlichen Achsen senkrecht zu den hochempfindlichen Achsen des ersten Paares angeordnet sind, um die Torsionsbeanspruchung des Radträgers zu ermitteln und dass eine Subtrahiereinrichtung zum Subtrahieren der Ausgangssignale des Paares von Neigungsmessern vorgesehen ist.

Die Erfindung betrifft eine Gewichtsmess- und Ausgleichsvorrichtung für ein Flugzeug, das einen Bauteil aufweist, der sich in Abhängigkeit des aufgebracht Gewichtes durchbiegt.

Ein Flugzeugkapitän muss vor jedem Flug feststellen, ob das Flugzeuggewicht und -ausgleich innerhalb der Sicherheitsgrenzen liegen. Dies wird für gewöhnlich durch Berechnung des Flugzeuggesamtgewichtes und der Gewichtsverteilung bestimmt, um den Ausgleich oder den Schwerpunkt zu bestimmen. Die Feststellung des Gewichtes und Ausgleichs erfolgt für gewöhnlich durch Prüfen der Frachtliste, des Treibstoffes, der Passagiere, des Öls und der Crewmitglieder, wobei die Passagiere und Crewmitglieder gelegentlich geschätzt werden. Die Fracht kann gewogen oder geschätzt werden. Das Treibstoffgewicht ergibt sich aus der getankten Menge und seiner geschätzten Temperatur. Dies alles wird zum Leergewicht addiert.

Selbstverständlich treten bei solchen Schätzungen und Berechnungen Fehler auf, bei den meisten Flügen aber reichen die eingebauten Sicherheitsfaktoren, grössere Pistenlänge und bessere als minimale Flugzeugbestimmungen aus, um diese Fehler auszugleichen. Bei einigen Unfällen wurde später festgestellt, dass grosse Abweichungen im Gewicht und Ausgleich durch die Piloten nicht festgestellt worden sind. Bei Frachtflügen treten grosses Unterschiede beim Gewicht, der Frachtart, des Treibstoffes und des Flugplatzzustandes auf, wodurch eine viel

grössere Wahrscheinlichkeit für einen grösseren Fehler gegeben ist.

Um die Flugsicherheit weiter zu verbessern, ermöglicht es eine bordseitige Gewichtsmess- und Ausgleichvorrichtung dem Piloten, die für gewöhnlich von anderen Personen erstellten Angaben über Last und Treibstoff zu kontrollieren. Bei ausreichender Genauigkeit und Zuverlässigkeit kann die bordseitige Gewichtsmess- und Ausgleichvorrichtung das Hauptinstrument zur Ermittlung des Gewichts und Ausgleiches sein. Die Vorrichtung kann angewendet werden, um die Fracht bezüglich dem Gleichgewichtspunkt besser zu verteilen. Dadurch kann der Luftwiderstand verringert werden, so dass weniger Treibstoff verbraucht wird.

In den letzten Jahren wurden mehrere bordseitige Gewichtsmess- und Ausgleichsvorrichtungen für Flugzeuge entwickelt, bei denen Dehnungsmessstreifen und durch Druck oder magnetisch veränderliche Fühler angewendet werden. Diese haben jedoch die Erwartungen nicht erfüllt, weil Probleme mit der Stabilität, Genauigkeit und Zuverlässigkeit bei rauen Bedingungen auftraten. Aus diesem Grunde wurden die meisten Vorrichtungen entweder abgeschaltet oder ausgebaut.

Ein zusätzlicher Sicherheitsfaktor bei Flugzeugen bildet der exakte Reifendruck. Dieser wurde bisher visuell kontrolliert und kann insbesondere bei extremem Winterwetter sehr schwer durchgeführt werden.

Ziel der Erfindung ist es, eine Gewichtsmess- und Ausgleichsvorrichtung zu schaffen, bei der der Durchbiegungswinkel eines Bauteils als direkte Gewicht- oder Ladungsangabe verwendet wird.

Dieses Ziel wird erfindungsgemäss mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 1 erreicht.

Bei einem Ausführungsbeispiel für ein Flugzeug, bei dem das Fahrwerk den sich in Abhängigkeit vom Flugzeuggewicht durchbiegenden Bauteil enthält, ist es von Vorteil, wenn die Geräte ein Paar von Neigungsmessern, die an den Enden des Bauteiles befestigt sind und ein Ausgangssignal abgeben, das den Winkel des Bauteiles bezüglich einer Bezugsebene darstellt, und eine zweite Einrichtung zum Zusammenfassen der Ausgangssignale aufweisen, um ein Signal zu erzeugen, das das auf dem Bauteil lastende Flugzeuggewicht darstellt.

Es ist ferner vorteilhaft, wenn die Geräte Neigungsmesser sind, die ein Ausgangssignal abgeben, und dass die Einrichtung eine Summiereinrichtung ist, an der zwei Signale angelegt sind, und wenn der Neigungsmesser ein servogesteuerter Beschleunigungsmeter ist.

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel, bei dem der Bauteil ein Bugfahrwerk mit einer Achse und mindestens einem Hauptfahrwerk mit einem Radträger umfasst und die Achse und der Radträger durch das Flugzeuggewicht durchgebogen werden, ist es von Vorteil, wenn die Geräte ein Paar von Neigungsmessern sind, die jeweils an den Enden der Achse und des Radträgers befestigt sind und ein den Winkel des entsprechenden Organs bezüglich der Horizontalen darstellendes Signal abgeben.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel für ein Flugzeug mit einem Rumpf und einer von diesem abstehenden Tragfläche, die einen Treibstofftank aufweist, ist es vorteilhaft, wenn die Geräte Neigungsmesser sind, die an jeder Seite des Treibstofftanks montiert sind.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel, bei dem der Bauteil mindestens ein Hauptfahrwerk mit einem Radträger und vorderen und hinteren Zwillingreifen aufweist, ist es von Vorteil, wenn die Geräte Neigungsmesser sind, wobei ein erstes Paar von Neigungsmessern mit ihren hochempfindlichen Achsen parallel an den Enden des Radträgers befestigt sind und ein den Winkel des Radträgers bezogen auf die Horizontale darstellendes Ausgangssignal abgeben, und ein zweites Paar von Neigungsmessern neben dem ersten Paar mit ihren hochempfindlichen Achsen senkrecht zu den hochempfindlichen Achsen des ersten Paares

angeordnet sind, um die Torsionsbeanspruchung des Radträgers zu ermitteln, und dass eine Subtrahiereinrichtung zum Subtrahieren der Ausgangssignale des Paares von Neigungsmessern vorgesehen ist.

Im folgenden ist ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines gewöhnlichen Flugzeuges, bei dem der Erfindungsgegenstand angewendet wird;

Fig. 2 eine schematische Draufsicht auf das Flugzeugfahrwerk mit einem Blockschema, welches die Steuerung mit Fühler und Rechnerinterface zeigt;

Fig. 3 einen Schnitt entlang der Linie 3-3 in Fig. 4;

Fig. 4 eine Vorderansicht auf ein Hauptfahrwerk,

Fig. 5 eine schematische Darstellung des in Fig. 3 dargestellten Hauptfahrwerke;

Fig. 6 eine Vorderansicht des in Fig. 1 dargestellten Flugzeuges;

Fig. 7 ein Blockschema des Teils der Gewichtsmess- und Ausgleichsvorrichtung, bei der die Neigungsmesser den Tragflächen und dem Flugzeugrumpf zugeordnet sind, und

Fig. 8 ein Schema eines servogesteuerten Beschleunigungsmeters, der als Neigungsmesser verwendet wird.

Die Fig. 1-5 zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel, bei dem die Gewichtsmess- und Ausgleichsvorrichtung das Flugzeuggewicht und den Schwerpunkt durch Messung des Gewichtes an jedem Hauptfahrwerk und am Bugfahrwerk bestimmt.

Das allgemein mit A bezeichnete Flugzeug ist nur zur Illustration in einer bestimmten Ausführung dargestellt. Die hier offenbarten Vorrichtungen können bei allen zurzeit im Verkehr befindlichen Flugzeugtypen sowie bei vielen, die in der Zukunft in Verkehr gebracht werden, angewendet werden. Das Flugzeug hat einen Rumpf 10 mit einem Paar von Tragflächen 11, an dem ein Düsentriebwerk 12 befestigt ist. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel hat das Flugzeug ein Hauptfahrwerk 15, das einziehbar an der Tragfläche angeordnet ist, und ein Bugfahrwerk 16, das einziehbar am Rumpf angeordnet ist.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, hat das Flugzeug ein weiteres Hauptfahrwerk 17.

Das Flugzeuggewicht wird durch Messung des Gewichtes an jedem Hauptfahrwerk und am Bugfahrwerk bestimmt. Diese Messung wird durch Abtasten des Wertes der Durchbiegung oder Krümmung an dem Radträger des Hauptfahrwerkes und durch dem Bugfahrwerk zugeordnete geeignete Mittel durchgeführt. Diese Mittel können durch Abtasten den Wert der Durchbiegung oder Krümmung der Achse des Bugfahrwerkes feststellen.

Der Durchbiegungswinkel des Bauteiles, etwa des Radträgers, ist proportional zum Gewicht oder zur Kraft, die auf das Bauteil einwirken. Es wird auf das in Fig. 5 schematisch dargestellte Hauptfahrwerk Bezug genommen, in der ein Radträger 20 mit einer übertriebenen Durchbiegung gezeigt ist, um das Prinzip der Erfindung darzustellen. Eine Trägheitsbezugsebene ist durch eine horizontale, gestrichelte Linie 21 dargestellt. Der Durchbiegungswinkel des Trägers ist durch Bezugswinkel Θ_1 und Θ_2 dargestellt. Der Winkel Θ bei einem gleichförmigen Träger ist eine Funktion der Verformung, die von dem aufgebrachtene Gewicht oder Kraft und der Länge des Trägers abhängt. Der Durchbiegungswinkel bei einem Träger mit gleichbleibender Krümmung ist das vierfache der Trägerverformung, geteilt durch die Länge des Trägers, während der Winkel bei einem Träger mit gleichförmigem Querschnitt das dreifache der Verformung, geteilt durch die Länge des Trägers ist. Ist die Länge des Trägers bekannt, dann ergibt die Messung des Durchbiegungswinkels

Aufschluss über die Formung. Wird der Durchbiegungswinkel durch eine Abtasteinrichtung, die ein den Winkel darstellendes Ausgangssignal abgibt, genau gemessen, ist es möglich, diesen Winkel zusammen mit

einer Konstanten, die das Verhältnis der Last oder des Gewichtes zur Durchbiegungskonstante am Träger ist, anzuwenden. Dies hängt vom Trägermaterial, seiner Länge zum Querschnitt, seinem E-Modul sowie von anderen Faktoren ab. Die Konstante bleibt innerhalb eines festen Wertes so lange, wie die Trägerlast innerhalb der linearen Tragfähigkeit des Trägers liegt und der Träger durch andere Faktoren verformt wird.

Die Messung des Durchbiegungswinkels ist in den Fig. 2 bis 5 ausführlich dargestellt, wobei das Hauptfahrwerk 15 und 17 jeweils ein Paar von Neigungsmessern aufweist. Wie die Fig. 3 und 4 zeigen, hat ein bekanntes Hauptfahrwerk 15 eine einziehbare Stossstrebe 25, die ein Paar Streben 26 und 27 hat. Die Streben 26 und 27 sind schwenkbar an einem Halteteil 28 angeordnet. Eine Federbeinschere 29 hat verschwenkbar untereinander verbundene Teile. Am unteren Ende der Stossstrebe ist ein Radträger 20 befestigt, an dessen Enden querliegende Achsen 31 und 32 befestigt sind. Auf den Achsen sind Räder 33 und 34 mit unter Druck stehenden Reifen 33a-d und 34a-d montiert. Das Gewicht des durch das Hauptfahrwerk 15 getragenen Flugzeugs wirkt nach unten in der Mitte auf den Radträger 20 ein und verursacht eine Durchbiegung in der in Fig. 5 dargestellten Form. Dieser Durchbiegungswinkel wird durch ein Paar von Neigungsmessern 40 und 41 gemessen, deren Gehäuse an den Enden des Radträgers befestigt sind.

Jeder Neigungsmesser 40 und 41 gibt ein Ausgangssignal ab, das den Winkel des Radträgers bezüglich einer horizontalen Bezugsebene, die rechtwinklig zur Schwerkraft liegt, darstellt. Aus nachfolgend erläuterten Gründen führt die Anwendung der paarweise zugeordneten Neigungsmesser dazu, dass das summierte Ausgangssignal der zwei Neigungsmesser eine Durchbiegungswinkelangabe des Radträgers ergibt und zwar unabhängig vom Winkel des Flugzeuges, der sich aus anderen Faktoren, z. B. der Neigung des Flugplatzes oder der Piste ergibt. Das Hauptfahrwerk 17 hat ein Paar von Neigungsmessern 42 und 43, die an den Enden eines Radträgers 44 befestigt sind. Wie gezeigt, hat das Bugfahrwerk eine Achse 45, der ein Paar beabstandete Neigungsmesser 46 und 47 zugeordnet sind. Die dem Haupt- und Bugfahrwerk zugeordneten Neigungsmesser tasten den Winkel des Radträgers oder der Achse bezüglich einer Trägheitsbezugs-ebene ab.

Als Neigungsmesser werden servogesteuerte Beschleunigungsmeter angewendet, um die Winkelmessungen durchzuführen. Die Beschleunigungsmeter sind bekannte Geräte, z. B. ein «Q-Flex»-Beschleunigungsmeter, das ein seismisches Element und elektronische Hilfsmittel enthält. Der Grundaufbau ist im US-Patent Nr. 3 702 073 beschrieben, auf deren Inhalt Bezug genommen wird. Das seismische Element ist elektronisch in der Mittelstellung gehalten, um eine hohe Ausgangsspannung oder einen hohen Ausgangsstrom zu erzeugen. Dies ergibt eine genaue und kontinuierliche Messung des vom Bauteil angenommenen Winkels. Ein Schema des servogesteuerten Beschleunigungsmeters ist in Fig. 8 dargestellt. Eine pendelnde aufgehängte Prüfmass 50 ist durch eine federnde Befestigung 52 entlang einer hochempfindlichen Achse leicht federnd gehalten. Abgrifforgane in Form von Kondensatoren 53 und 54 sind an beiden Seiten der Prüfmass 50 angeordnet, die bewirken, dass die Kapazität eines Kondensators erhöht und des anderen Kondensators verringert wird, wenn die Prüfmass beschleunigt wird. Durch die Hilfseinrichtung 56 des vorstehend genannten Patentes fließt ein Strom durch ein Paar von Spulen 57 und 58, die mit durch Magnete 59 und 60 erzeugten Magnetfeldern zusammenwirken, um eine Kraft auf die Prüfmass einwirken zu lassen, die der Neigung, die Werte der Kondensatoren 53 und 54 zu ändern, entgegenwirkt. Die über den Widerstand R abfallende Spannung stellt die durch den Beschleunigungsmeter gemessene Beschleunigung dar, wobei sich die Spannung proportional zur gemessenen Beschleunigung ändert.

Der Beschleunigungsmeter ist starr am zugeordneten Bauteil befestigt. Die Beschleunigungsmeter 40 und 41 sind an den Enden des Radträgers 20 so montiert, dass ihre hochempfindlichen Achsen 51 mit der Achse des Radträgers ausgerichtet sind, wenn keine Last auf den Träger aufgebracht wird. Das starr am Träger befestigte Gehäuse des Beschleunigungsmeters kann dem Durchbiegungswinkel des Trägers folgen und die Prüfmass 50 des Beschleunigungsmeters gibt eine Angabe der Neigung oder den tatsächlichen Winkel bezüglich einer Ebene ab, die rechtwinklig zur Schwerkraft liegt. Beschleunigungsmeter werden als dem Radträger 44 zugeordnete Neigungsmesser 42 und 43 und als der Bugfahrwerkachse 45 zugeordnete Neigungsmesser 46 und 47 angewendet.

Die Winkel Θ_1 und Θ_2 bilden den Winkel des Halteaufbaues bezüglich einer Trägheitsbezugs-ebene. Die Winkel sind wie folgt bestimmt

$$\Theta_1 = \Theta_B + \Theta_{L1} + \Theta_{A1} \quad (1)$$

$$\Theta_2 = \Theta_B + \Theta_{L2} + \Theta_{A2} \quad (2)$$

wobei Θ_B der Winkel des Trägers oder der Achse ist, der durch die Neigung des Flugplatzes oder der Piste verursacht wird

Θ_{L1} und Θ_{L2} die durch eine Belastung verursachten Trägerdurchbiegungswinkel und

Θ_{A1} und Θ_{A2} Fühlerachsenfehlausrichtungen und Vorspannungswerte sind.

Das Gewicht ergibt sich nach folgender Formel:

$$W_T = K (\Theta_{L1} + \Theta_{L2}) \quad (3)$$

Aus dem Vorstehenden ist ersichtlich, dass das Gewicht auf dem Träger proportional zu den Θ_1 -Komponenten der gesamten gemessenen Winkel ist. K ist ein Faktor, der von der Trägerform und -festigkeit abhängig ist, wie vorstehend erwähnt. Die Ausgangssignale der zwei am Radträger 20 befestigten servogesteuerten Beschleunigungsmeter 40 und 41 werden summiert, um den durch die Flugplatz- und Pistenneigung verursachten Winkel Θ_B zu eliminieren und die Winkel Θ_A werden während der automatischen Nullpunktmessung des Systems gemessen. Zusammengefasst, das Gewicht auf dem Radträger oder einer Bugfahrwerkachse ist proportional zur Summe der Ausgangssignale der zwei jeweils zugeordneten Beschleunigungsmeter.

Wie Fig. 2 zeigt, werden die Ausgangssignale der Neigungsmesser 40 und 41 über Leitungen 60 und 61 an eine bekannte Summiereinrichtung 62, z. B. einem Summierschaltkreis, angelegt, dessen Ausgangssignal an einen Computer 63 angelegt werden. Die Neigungsmesser 42 und 44 geben diese Ausgangssignale über Leitungen 64 und 65 an eine Summiereinrichtung 66 ab, deren Ausgangssignal ebenfalls an den Computer 63 angelegt wird. Die der Bugfahrwerkachse zugeordneten Neigungsmesser 46 und 47 geben ihre Ausgangssignale über die Leitungen 67 bzw. 68 an eine Summiereinrichtung 69 ab, deren Ausgangssignal an den Computer 63 angelegt wird. Der Computer 63 kann ein Analog- oder Digitalrechner sein, der das auf jedes Fahrwerk einwirkende Gewicht und das Gesamtgewicht des Flugzeuges ermitteln kann und bewirkt, dass das Gewicht an einem Anzeigerät 70 in der Kanzel angezeigt wird. Auch kann der Schwerpunkt direkt und das auf jedes Fahrwerk einwirkende Gewicht mittels bekannter Formeln zur Berechnung des Schwerpunktes eines Körpers ermittelt werden.

Das in den Fig. 6 und 7 dargestellte Ausführungsbeispiel zeigt eine Gewichtsmess- und Waagevorrichtung, bei der kein ausreichender Raum oder Massnahme vorgesehen ist, um Neigungsmesser am Fahrwerk zu installieren und zeigt eine anwendbare Technik, um die Tragflächen- und Hecklast sowie die Verteilung des Treibstoff- und Bordgewichtes während des Fluges zu ermit-

teln. Bei diesem Ausführungsbeispiel werden als Neigungsmesser servogesteuerte Beschleunigungsmeter, wie in Fig. 8 dargestellt, verwendet und in den Tragflächen im Rumpf installiert. Es muss eine ausreichende Anzahl von Beschleunigungsmetern vorgesehen werden, um die verschiedenen Lastverteilungen zu ermitteln, die bei Tragflächen mit mehreren Treibstofftanks auftreten können.

Wie Fig. 6 zeigt, hat das Flugzeug eine rechte und eine linke Tragfläche 11, 75 mit je einem Paar von Treibstofftanks. Die Treibstofftanks sind in der rechten Tragfläche in den mit 76 und 77 bezeichneten Bereichen und in der linken Tragfläche in den mit 78 und 79 bezeichneten Bereichen angeordnet. Es wird darauf hingewiesen, dass die Durchbiegung der Tragflächen übertrieben dargestellt ist.

Zur Messung der Tragflächenlast beim dargestellten Beispiel sind sieben Beschleunigungsmeter 80 bis 86 vorgesehen.

Verschiedene Biegekennkonstanten können durch Messung an den Tragflächen bei unterschiedlichem Treibstoff- und Bordgewicht und genaue Berechnung unterschiedlicher Bauteildurchbiegungswinkel erreicht werden. Die Bauteildurchbiegung oder Trägerwinkel über die Beschleunigungsmeter 81 und 82 ist direkt proportional zum Rumpfgewicht mal eine Konstante, zum Treibstoffgewicht im Tank 77 mal eine Konstante und zum Treibstoffgewicht im Tank 76 mal eine Konstante. Wie Fig. 7 zeigt, werden die Ausgangssignale der Beschleunigungsmeter 80–86 an eine Summier- und Computereinheit 90 angelegt, dessen Ausgangssignal an ein Anzeigegerät 91 angelegt wird.

Die Rumpfdurchbiegung kann ähnlich gemessen und die Ladung und ihre Verteilung kann durch Anbringen einer Mehrzahl von Beschleunigungsmetern 92–94 am Rumpf ermittelt werden. Diese Beschleunigungsmeter geben ihre Ausgangssignale an die Summier- und Computereinheit 90 ab.

Es wird darauf hingewiesen, dass das in den Fig. 6 und 7 dargestellte System während des Fluges angewendet werden kann, um das Tragflächen- und Heckgewicht und die Verteilung des Treibstoff- und Bordgewichtes zu ermitteln.

Mit dem hier beschriebenen System mit Beschleunigungsmetern ergibt sich eine Langzeitstabilität, eine endlose Zerlegung und die Aufhebung vieler Einschränkungen bei Dehnungsmessern. Es ist möglich, eine bordseitige Gewichtsmess- und Ausgleichvorrichtung zu schaffen, welche ein wesentliches Instrument zur Gewichts- und Ausgleichbestimmung bildet. Mit einer solchen Vorrichtung ergibt sich eine verbesserte Flugsicherheit sowie aufgrund der Kontrolle der Frachtgutordnung im Flugzeug eine Einsparung im Betrieb.

Die Gewichtsmess- und Ausgleichvorrichtung hat im wesentlichen alle Elemente, die zur Feststellung des Reifendruckes

erforderlich sind. Die Radträgerneigungswinkel bezüglich einer Trägheitsbezugsebene ist klein, wenn alle Reifen richtig aufgepumpt sind. Ein Reifen mit geringem Druck verursacht eine abtastbare Radträgerneigung und -verdrehung. Ein zu 75% aufgepumpter Reifen verursacht eine Radträgerneigung von ca. 1,4° und einen Verdrehungswinkel von 0,5°.

Für den Gewichtsmess- und Ausgleichvorgang werden die Ausdrücke Θ_B in den Formeln (1) und (2) durch Hinzuzählen von Θ_1 und Θ_2 aufgehoben. Bei der Abtastung des niedrigen Reifendruckes sind jedoch die Ausdrücke Θ_B interessant. Durch Subtrahieren von Θ_2 und Θ_1 kann der Ausdruck Θ_B berechnet werden aus

$$\Theta_1 - \Theta_2 = 2 \Theta_B + \Theta_{A1} \Theta_{A2} \quad (4)$$

Θ_{L1} und Θ_{L2} (durch Last verursachte Biegeungswinkel) sind gleich und werden gestrichen.

$\Theta_{A1} - \Theta_{A2}$ ergibt sich aus dem Ansichtfehler, der von der Vorrichtung automatisch gemessen wird.

Jedes Hauptfahrwerk 15 und 17 hat vier Reifen 33a–d und 34a–d (Fig. 2). Der Trägerneigungswinkel (Θ_B) gibt an, welches Reifenpaar (vorn oder hinten) ein niedriger Druck hat. Um festzustellen, welcher vordere oder hintere Reifen (links oder rechts) platt ist, werden an den entsprechenden Radträgern 15 und 17 zwei Kreuzachsenneigungsmesser 100, 101 und 102, 103 angeordnet. Ein Neigungsmesser am vorderen Ende und der andere Neigungsmesser am hinteren Ende des Trägers. Die Neigungsmesser 100–103 sind mit ihrer hochempfindlichen Achse rechtwinklig zu den benachbarten Neigungsmessern 40–43 angeordnet. Die Ausgangssignale werden über entsprechende Leitungen 105–108 an den Computer 63 angelegt. Die Einrichtungen 62A und 66A enthalten eine bekannte Subtrahierschaltung. Ein platter Reifen verursacht eine Verdrehung des Trägers, die durch die Kreuzachsenneigungsmesser gemessen werden kann.

Die Pistenneigungen und -unterschiede beeinflussen die abgetasteten Radträgerwinkel. Diese Wirkung wird auf drei Arten verringert. Erstens, ein am Rumpf montierter Neigungsmesser tastet die Pistenneigung ab, so dass diese von den Messungen abgezogen werden kann. Die zwei Radträgerwinkel werden verglichen, so dass Änderungen zwischen den Winkeln festgestellt werden können. Schliesslich werden die durch den vorderen und hinteren Neigungsmesser am Träger gemessenen Verdrehungswinkel verglichen, so dass der Einfluss der Pistenquerneigung verringert wird.

Zusammengefasst: durch die Ausgangssignale der Neigungsmesser können aufgepumpte Reifen und solche mit niedrigem Druck festgestellt und identifiziert werden.

