



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 27 082 T2** 2005.02.24

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 895 929 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 27 082.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 202 632.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **04.08.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.02.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **20.10.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.02.2005**

(51) Int Cl.7: **B64C 25/42**
B60T 7/12

(30) Unionspriorität:
906725 05.08.1997 US

(73) Patentinhaber:
The Boeing Co., Seattle, Wash., US

(74) Vertreter:
**Patent- und Rechtsanwälte Kraus & Weisert,
80539 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(72) Erfinder:
**DeVlieg, Garrett H., Bellevue, US; Mackness,
Robert F., Marysville, US; Yamamoto, David T.,
Bothell, US**

(54) Bezeichnung: **Regelungssystem für eine automatische Flugzeugbremse zum Anhalten auf einer vorbestimmten Position**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Flugzeugbremstechnik und insbesondere ein automatisches Flugzeugbremssystem, welches eine vorbestimmte Bremswirkung auf das Flugzeug aufbringt, so dass das Flugzeug das Bestreben hat, auf einem ausgewählten Punkt auf der Landebahn anzuhalten.

[0002] Vor der vorliegenden Erfindung kontrollierten automatische Flugzeugbremssysteme eine Verzögerung des Flugzeugs bezüglich einer von mehreren Flugzeugverzögerungseinstellungen. Wenn deshalb ein Pilot wünschte, das Flugzeug an einem bestimmten Punkt auf der Landebahn anzuhalten, z. B. am Ausgang der Landebahn, war es unwahrscheinlich, dass das automatische Bremssystem eine BremsEinstellung bereitstellte, welche mit dem Halteabstand zu dem ausgewählten Haltepunkt auf der Landebahn übereinstimmte. Die Möglichkeit des Piloten war dann, eine der Verzögerungseinstellungen auszuwählen und, wenn das Flugzeug zu rasch bremste, das automatische Bremssystem zu deaktivieren und das Pedalbremsen zu verwenden, um ein Anhalten vor dem gewünschten Punkt zu vermeiden. Wenn das Flugzeug jedoch zu langsam bremste, musste der Pilot wiederum zum Pedalbremsen zurückkehren, um die Verzögerung zu verstärken, um das Flugzeug an dem ausgewählten Haltepunkt anzuhalten. Beide vorab beschriebenen Bedingungen bedeuten ein ungleichmäßiges Bremsen, was für die Flugzeugpassagiere merkbar ist.

[0003] Die US-A-4,316,252 stellt eine Vorrichtung zum Bestimmen der Position eines Flugzeugs bezüglich einer Landebahn bereit. Die Vorrichtung kann mit dem automatischen Flugzeugbremssystem gekoppelt sein, um den Verzögerungsbetrag automatisch zu steuern. Die Position des Flugzeugs wird bezogen auf die Entfernung des Flugzeugs sowohl von dem Beginn als auch dem Ende der Landebahn bereitgestellt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0004] Es ist deshalb eine Aufgabe dieser Erfindung, ein automatisches Flugzeugbremssteuerungssystem zum Anhalten an einer Position bereitzustellen.

[0005] Es ist eine spezielle Aufgabe dieser Erfindung, ein automatisches Flugzeugbremssystem bereitzustellen, welches das Bremsen des Flugzeugs derart steuert, dass das Flugzeug gleichmäßig zu einem vorbestimmten Punkt auf einer Landebahn hin verzögert, ohne die Erfordernis für den Piloten, in ein Flugmanual zu schauen, um die geeignete automatische BremsEinstellung zu bestimmen, welche basierend auf der Höhe, der Temperatur, der Annäherungsgeschwindigkeit und der Landebahnbedingungen gewählt wird, und dass die Arbeitsbelastung des Piloten während Landungen mit eingeschränkter Sicht verringert wird.

[0006] Kurz gesagt umfasst ein erfindungsgemäßes automatisches Flugzeugbremssystem eine Haltepositionseingabe zum Auswählen einer gewünschten Halteposition des Flugzeugs auf einer Landebahn. Ein Flugzeugpositionierungssystem wird bereitgestellt, um die gegenwärtige Position des Flugzeugs zu bestimmen. Eine Steuerungslogik vergleicht die gegenwärtige Position des Flugzeugs mit der ausgewählten Halteposition und verzögert als Reaktion darauf in vorbestimmter Weise das Flugzeug derart, dass das Flugzeug darauf abzielt, an der ausgewählten Position zu halten, wobei die Logiksteuerungsmittel eine Steuerung einer Zielverzögerung mit geschlossenem Regelkreis verwenden, um die Verzögerung des Flugzeugs zu steuern, um es an der gewünschten Halteposition auf der Landebahn anzuhalten.

[0007] Ein Verfahren zum automatischen Anhalten eines Flugzeugs an einer ausgewählten Position auf einer Landebahn, wobei das Flugzeug mit einem Flugzeugbremssystem versehen ist, welches auf Eingangsteuerungssignale reagiert, um eine Bremswirkung auf das Flugzeug aufzubringen, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- die gegenwärtige Position des Flugzeugs bestimmen;
- durch ein Logiksteuerungsmittel die tatsächliche Position des Flugzeugs mit der ausgewählten Halteposition vergleichen, dadurch gekennzeichnet,
- dass die gewünschte Halteposition des Flugzeugs auf einer Landebahn durch ein Haltepositionsauswahlmittel ausgewählt wird; und
- dass das Steuerungsmittel in Reaktion auf den Vergleich der tatsächlichen Position des Flugzeugs mit der ausgewählten Halteposition ein vorbestimmtes Steuerungssignal auf das Flugzeugbremssystem derart aufbringt, dass das Flugzeug in einer Weise bremst, welche darauf abzielt, das Flugzeug an der ausgewählten Landebahnposition anzuhalten, wobei eine Steuerung einer Zielverzögerung mit einem geschlossenen Regelkreis verwendet wird, um die Verzögerung des Flugzeugs zu steuern, um an der Stelle auf der Lande-

bahn anzuhalten.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG(EN)

[0008] Fig. 1A stellt ein Flugzeug auf einer Landebahn dar, welches einen vorbestimmten Halteabstand von der gewünschten Halteposition positioniert ist;

[0009] Fig. 1B ist ein Blockdiagramm, welches die Basiskomponenten des vorliegenden Bremssystems und ihre Verbindung zum Implementieren des vorliegenden automatischen Bremssteuerungssystems zum Anhalten an einer Position darstellt;

[0010] Fig. 2 ist ein detaillierteres Blockdiagramm von verschiedenen Komponenten und deren Verbindung der bevorzugten Ausführungsform des automatischen Bremssteuerungssystems zum Anhalten an einer Position;

[0011] Fig. 3 ist ein Logikflussdiagramm, welches die aufeinander folgenden Schritte darstellt, welche durch das vorliegende automatische Bremssystem ausgeführt werden, um Verzögerungssteuerungssignale zum Anhalten an einer Position zu erzeugen; und

[0012] Fig. 4 ist ein Logikflussdiagramm, welches die aufeinander folgenden Schritte darstellt, welche durch das bevorzugte System ausgeführt werden, um eine Zielverzögerungsauswahl zu implementieren.

BESCHREIBUNG EINER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0013] Fig. 1A stellt im Profil ein Flugzeug **12** dar, welches sich auf einer Landebahn **14** bewegt. Das Flugzeug **12** ist einen vorbestimmten Halteabstand von einer ausgewählten Halteposition **16** entfernt. Die ausgewählte Halteposition **16** kann z. B. eine Landebahnausgangsposition sein, von welcher der Pilot in der Lage sein sollte, den gewünschten Ausgang zu sehen und das Flugzeug manuell von der Landebahn an das Flugzeugterminal zu leiten (rollen).

[0014] Fig. 1B ist ein Blockdiagramm, welches die prinzipiellen Komponenten und ihre Verbindung der bevorzugten Ausführungsform des vorliegenden automatischen Bremssystems zum Anhalten an einer Position darstellt. Hier wird die aktuelle Position des Flugzeugs durch ein globales Positionierungssystem **20** bestimmt. Ein die Flugzeugposition repräsentierendes Signal wird von dem globalen Positionierungssystem **20** zu dem Flugmanagementsystem **22** geleitet. Das Flugmanagementsystem **22** sendet Information zu und empfängt Information von einem Flugsteuerungsdatenbus **24**. Der Flugsteuerungsdatenbus **24** ist auch mit einer Luftdaten-trägheitsreferenzeinheit **26** verbunden, welche Information bezüglich der Geschwindigkeit über Grund des Flugzeugs auf den Datenbus ausgibt.

[0015] Mit dem Flugsteuerungsdatenbus **24** ist auch das Flugzeuginformationsmanagementsystem **28** verbunden. Das Flugzeuginformationsmanagementsystem **28** ist auch mit dem Systemdatenbus **29** verbunden, welcher wiederum mit der Steuerungseinheit **30** des Flugzeugbremssystems verbunden ist.

[0016] Das Flugzeugpositionierungssystem **20** sorgt für ein Positionssignal, welches die Position des Flugzeugs **12** bezogen auf die gewünschte Halteposition **16** widerspiegelt. Das Flugmanagementsystem **22** empfängt die gegenwärtige Position des Flugzeugs und die Geschwindigkeit über Grund als Eingabe über den Flugsteuerungsdatenbus **24** von der Luftdatenreferenzeinheit **26**. Das Flugmanagementsystem erzeugt dann ein Verzögerungssignal zum Anhalten an einer Position (STP), welches auf den Flugsteuerungsdatenbus **24** ausgegeben wird. Unter der Annahme dass die Flugbesatzung den Verzögerungsmodus zum Anhalten an einer Position ausgewählt hat, leitet das Flugzeuginformationsmanagementsystem **28** in Reaktion auf das STP-Verzögerungssignal das STP-Verzögerungssignal über den Systemdatenbus **29** zu der Steuerungseinheit **30** des Bremssystems. In der bekannten Weise reagiert die Steuerungseinheit **30** des Bremssystems auf das STP-Verzögerungssteuerungssignal, um das Flugzeug automatisch zu bremsen, um die gewünschte Verzögerung des Flugzeugs zu erzeugen. Auf diese Weise wird eine vorbestimmte Bremswirkung auf das Flugzeug **12** derart aufgebracht, dass es darauf abzielt, an der ausgewählten Halteposition **16** anzuhalten.

[0017] Die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Verwendung einer Steuerung der Zielverzögerung mit einem geschlossenen Regelkreis, um die Verzögerung des Flugzeugs zu steuern, um genau an einer Stelle auf der Landebahn anzuhalten.

[0018] Der Halteabstand wird von einem globalen Positionierungssystem erhalten. Die durchschnittliche Verzögerung wird dann berechnet, um das Flugzeug in diesem Halteabstand anzuhalten. Die Formel, welche verwendet wird, um das Signal der durchschnittlichen Verzögerung, STP_DECEL, zu berechnen, ist von der Basisbewegungsgleichung abgeleitet. Man beginnt mit der Gleichung zur Berechnung der Geschwindigkeit.

$$v_{\text{final}} = v + \alpha t \quad (1)$$

wobei gilt,

v_{final} = Endgeschwindigkeit des Flugzeugs

v = aktuelle Geschwindigkeit des Flugzeugs

α = durchschnittliche Beschleunigung des Flugzeugs

t = Zeit

[0019] Die Position wird bestimmt, indem die Gleichung (1) integriert wird.

$$x_{\text{final}} = x + vt + \frac{\alpha t^2}{2} \quad (2)$$

wobei gilt,

x_{final} = Endposition des Flugzeugs

x = aktuelle Position des Flugzeugs

[0020] Der Halteabstand, L , ist die Differenz zwischen der Endposition und der gegenwärtigen Position und wird von der Gleichung (2) abgeleitet, wie unten dargestellt ist.

$$L = |x_{\text{final}} - x| = \left| vt + \frac{\alpha t^2}{2} \right| \quad (3)$$

[0021] Die Gleichung (1) kann umgestellt werden, um nach der Zeit aufzulösen.

$$t = \frac{v_{\text{final}} - v}{\alpha} \quad (4)$$

[0022] Mit den Gleichungen (3) und (4) haben wir zwei Gleichungen und zwei Unbekannte (α und t). Gleichung (4) wird in Gleichung (3) eingesetzt.

$$L = \left| v \left(\frac{v_{\text{final}} - v}{\alpha} \right) + \frac{\alpha \left(\frac{v_{\text{final}} - v}{\alpha} \right)^2}{2} \right| \quad (5)$$

[0023] Vereinfacht:

$$L = \left| \frac{v_{\text{final}}^2 - v^2}{2\alpha} \right| \quad (6)$$

[0024] Aufgelöst nach der Beschleunigung, α , in Gleichung (6).

$$\alpha = \pm \left| \frac{v_{final}^2 - v^2}{2L} \right| \quad (7)$$

[0025] Das Verzögerungssignal, STP_DECEL, ist die Größe der in Gleichung (7) berechneten Beschleunigung.

$$STP_DECEL = \left| \frac{v_{final}^2 - v^2}{2L} \right| \quad (8)$$

wobei gilt,

$$L \geq L_{min} > 0$$

$$STP_DECEL \geq STP_DECEL_{min} > 0$$

[0026] Der Bereich von STP_DECEL ist auf positive Werte über Null beschränkt, um dem automatischen Bremssystem zu ermöglichen, den Bremsdruck zu erhöhen, um das Flugzeug an seiner Halteposition zu halten. Andernfalls, wenn die gegenwärtige Geschwindigkeit gleich der Haltegeschwindigkeit ist, ist STP_DECEL gleich Null und das automatische Bremssystem weist keinen Bremsdruck an.

[0027] Der Bereich des Halteabstands, L, ist beschränkt, um Berechnungsfehler zu verhindern, wenn L = 0 ist (für den Fall, dass sich das Flugzeug an der gewünschten Position befindet). Der minimale Wert für L, L_{min}, basiert auf der Auflösung der berechneten Position.

[0028] Das STP_DECEL-Signal wird auf das normale automatische Bremssteuerungssystem übertragen, wie es in den beigefügten Figuren dargestellt ist. Wenn das automatische Bremssystem nicht verfügbar ist, übergibt das automatische Bremssystem automatisch an das normale automatische Landebremssystem und verzögert entsprechend der Einstellung, welche auf dem Auswahlschalter der automatischen Bremse ausgewählt ist.

[0029] Ein Modusauswahlschema wird verwendet, um zu bestimmen, welche Zielverzögerung verwendet wird:

- (1) Die Verzögerung, welche von dem Auswahlschalter der automatischen Bremse erhalten wird, oder
- (2) Das von der Gleichung (8) abgeleitete STP DECEL_Signal.

[0030] Das STP_DECEL-Signal wird gefiltert, um Rauschen von dem Signal zu entfernen und um den Betrag zu begrenzen, mit welcher das Signal schwankt. Das STP_DECEL-Signal ist bezüglich des Betrags begrenzt, um sicherzustellen, dass die Bandbreite des automatischen Bremssystems angemessen ist, um das sich mit der Zeit verändernde Signal zu steuern. Das STP_DECEL_Signal wird gehalten, um eine übermäßige Verzögerung zu verhindern (eine normale automatische Landebremse wird bis zu A/B MAX getestet) und wobei die Tatsache berücksichtigt wird, dass das automatische Bremssystem die Bewegung des Flugzeugs nur verzögern kann (d. h. für den Fall, dass STP_DECEL negativ ist, kann das automatische Bremssystem das Flugzeug nicht beschleunigen).

[0031] Wenn das TARGET_DECEL-Signal einmal bestimmt ist, steuert das automatische Bremssystem die Verzögerung des Flugzeugs wie normal. Dieselben Steuerungsalgorithmen werden verwendet.

[0032] Fig. 2 ist ein detaillierteres Blockdiagramm, welches die bevorzugten Komponenten und ihre Verbindung darstellt, um die bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zu implementieren. Eine Schnittstelle des Flugzeugsystems zu der Flugbesatzung wird durch eine Steuerungsanzeigeeinheit (CDU) **31** bereitgestellt. Die CDU **31** stellt eine Steuerungseingabe bereit, über welche die Flugbesatzung Landebahndaten eingibt, wie z. B. die ausgewählte Halteposition auf der Landebahn. Zusätzlich kann die Flugbesatzung Daten bzgl. des Landebahnzustandes, wie z. B. nass, trocken oder gefroren oder spezielle Daten, welche die Oberfläche der Landebahn betreffen, eingeben. Die Daten der Landebahn von der CDU **31** werden als eine Eingabe für die Steuerungslogik **32** verwendet. Ebenfalls als eine Eingabe für die Steuerungslogik **32** wird die Ausgabe von dem globalen Positionierungssystem **34** des Flugzeugs aufgenommen. Das globale Positionierungssystem **34** erzeugt ein Positionssignal des Flugzeugs, welches repräsentativ für die gegenwärtige Position des Flugzeugs auf der Landebahn ist.

[0033] Sowohl die Daten der Landebahn von der CDU **31** als auch die Positionsdaten des Flugzeugs von dem globalen Positionierungssystem **34** werden als Eingaben an den Verzögerungsberechnungskasten **36** zum Anhalten an einer Position (STP) geleitet. Signale von einem Trägheitsreferenzsystem **40**, welches die Verzögerung und Geschwindigkeit des Flugzeugs widerspiegelt, werden ebenfalls als eine Eingabe an den Logikblock **36** der Verzögerungsberechnung zum Anhalten an einer Position bereitgestellt. Der Logikblock **36** der Verzögerungsberechnung zum Anhalten an einer Position erzeugt in der im Detail mit Bezug auf das Logikflussdiagramm der **Fig. 3** beschriebenen Weise ein berechnetes STP-Verzögerungssignal, welches über eine Leitung **42** an den Logikblock **44** der Zielverzögerungsauswahl geleitet wird. Der Logikblock **36** erzeugt auch ein Signal des Triebwerkanzeigebelegungswarnsystems (EICAS), welches der Flugbesatzung auf einer bereitgestellten EICAS-Anzeige **48** angezeigt wird. Auch die Ausgabe von dem Logikblock **44** der Zielverzögerungsauswahl ist mit der EICAS-Anzeige **48** gekoppelt. Wenn der Modus der automatischen Bremse zum Anhalten an einer Position von der Flugbesatzung ausgewählt worden ist, wird eine angemessene Nachricht auf der EICAS-Anzeige **48** dargestellt.

[0034] Auch die Ausgabe von dem Auswahlschalter **50** der automatischen Bremse ist eine Eingabe für die Logik **44** der Zielverzögerungsauswahl. Der Auswahlschalter **50** der automatischen Bremse ist auf dem Flugdeck vorhanden und ermöglicht der Flugbesatzung, den gewünschten Bremsmodus des Flugzeugs auszuwählen. Wie dargestellt beinhaltet der Schalter die Positionen "aus", was bedeutet, dass das automatische Bremssystem ausgeschaltet ist, "DISARM", was von der Flugbesatzung verwendet wird, um das automatische Bremssystem vorübergehend zu deaktivieren, und dann die Positionen "1", "2", "3/STP", "4" und "MAX". Die Positionen "1", "2", "3", "4" und "MAX" stellen alle vorbestimmte Flugzeugsverzögerungseinstellungen von einer geringen Verzögerungseinstellung "1" bis zu der höchsten Verzögerungseinstellung "MAX" der automatischen Bremse dar. Auch eine Position "RTO" ist vorhanden, um einen vollen Bremsdruck aufzubringen, wenn die Flugbesatzung einen Startabbruch einleitet.

[0035] Wenn die Flugbesatzung wünscht, ein automatisches Bremsen gemäß der vorliegenden Erfindung auszuführen, wählt sie die Position "3/STP" des Auswahlschalters **50** der automatischen Bremse. Wenn die anderen Bedingungen, welche für einen Modus des automatischen Bremsens zum Anhalten an einer Position notwendig sind, passen, wird eine Funktion der automatischen Bremse zum Anhalten an einer Position ausgeführt.

[0036] Die Auswahllogik **44** der Zielverzögerung verarbeitet die Berechnung der Verzögerung zum Anhalten an einer Position von Block **36** und die ausgewählte Verzögerungsschaltereinstellung von dem Auswahlschalter **50** der automatischen Bremse, um ein Ausgangssignal der Zielverzögerung auf einer Leitung **54** zu erzeugen. Dieses Zielverzögerungssignal wird in der Summenlogik **56** mit dem von dem Trägheitsreferenzsystem (IRS) **40** über Leitung **58** bereitgestellten Verzögerungssignal verglichen. Die Differenz zwischen dem Zielverzögerungssignal auf der Leitung **54** und dem Verzögerungssignal IRS auf der Leitung **58** stellt ein Verzögerungsfehlersignal dar, welches über eine Leitung **60** an eine Steuereinheit **62** ausgegeben wird. Die Steuereinheit **62** bestimmt das Niveau des Bremsdrucks über eine Leitung **64**, welches auf die Dynamik des Flugzeugs bei Block **66** aufgebracht wird. Die Steuereinheit **62**, die Leitung **64** und die Flugzeugdynamik **66** umfassen die primären Komponenten des Bremssystems des Flugzeugs, welches im Allgemeinen mit **70** bezeichnet wird. Dies wiederum bewirkt eine tatsächliche Verzögerung, welche durch das Trägheitsreferenzsystem **40** gemessen wird. Das Verzögerungssignal IRS wird zu dem automatischen Bremssystem übertragen, welches dann reagiert, um das Flugzeug entsprechend zu bremsen.

[0037] Das tatsächliche Verzögerungssignal, welches von der Dynamik **66** des Flugzeugs erzeugt wird, wird als ein Rückkopplungssignal dem Trägheitsreferenzsystem **40** bereitgestellt.

[0038] **Fig. 3** ist ein detaillierteres Logikflussdiagramm, welches die aufeinander folgenden logischen Schritte darstellt, welche durch die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgeführt werden, um Verzögerungssteuerungssignale zum Anhalten an einer Position zu erzeugen. Hierbei werden Eingabedaten des Piloten über eine bereitgestellte Steuerungsanzeigeeinheit **100** und Daten der Trägheitsreferenzeinheit über eine bereitgestellte Luftdatenträgheitsreferenzeinheit (ADIRU) **102** in einen Flugmanagementcomputer (FMC) **104** eingespeist. Neben seinen anderen Funktionen hat der Flugmanagementcomputer **104** in seinem nicht flüchtigen Speicher anwendbare Landebahnparameter für alle erwünschten Flugplätze gespeichert.

[0039] Basierend auf seinen Eingabedaten und seinen gespeicherten Daten gibt der Flugmanagementcomputer **104** den ausgewählten Halteabstand X_{Final} des Flugzeugs über eine Leitung **106** und die erwünschte Geschwindigkeit V_{Final}^2 des Flugzeugs über eine Leitung **108** aus.

[0040] Ein globales Positionierungssystem **110** stellt in der bekannten Weise ein Ausgabesignal X der gegenwärtigen Flugzeugposition über eine Leitung **112** einem Logikblock **114** bereit. Der Logikblock **114** berechnet in der dargestellten Weise den Halteabstand L des Flugzeugs und bestimmt, ob der Halteabstand L größer als ein vorbestimmter Minimalwert L_{MIN} ist. Die Ausgabe von dem Logikblock **114** wird einem Logikblock **116** bereitgestellt, welcher dann den Verzögerungswert wie dargestellt berechnet.

[0041] Die Ausgabe von dem Logikblock **116** wird zu einem Logikblock **118** geleitet, welcher das Verzögerungssignal des Flugzeugs zum Anhalten an einer Position gleich dem Verzögerungswert von dem Block **116** addiert mit einem Verzögerungsoffsetwert berechnet. Außerdem bestimmt der Logikblock **118**, ob das Verzögerungssignal zum Anhalten an einer Position größer oder gleich einem geforderten minimalen Verzögerungswert zum Anhalten an einer Position ist.

[0042] Die Ausgabe von dem Logikblock **118** wird zu einem Entscheidungsblock **120** geleitet. Der Entscheidungsblock **120** empfängt auch ein Auswahlsignal der automatischen Bremse zum Anhalten einer Position über eine Leitung **122** von dem Flugmanagementcomputer **104**. Der Entscheidungsblock **120** bestimmt, ob der Modus der automatischen Bremse zum Anhalten an einer Position ausgewählt worden ist oder nicht. Wenn er nicht ausgewählt worden ist, wird eine geeignete Ausgabe über eine Leitung **124** auf einen Logikblock **126** aufgebracht, welcher die Verzögerung zum Anhalten an einer Position auf aus setzt. Dann werden aus dem Block **126** die Verzögerungsdaten zum Anhalten an einer Position bei Block **128** zurückgesetzt und das System schreitet zu der Ausgabe des Modus und der Daten der Verzögerung zum Anhalten an einer Position bei Block **130** fort.

[0043] Wenn aus dem Entscheidungsblock **120** der STP-Modus ausgewählt worden ist, wird ein Logikblock **132** betreten und der Verzögerungsmodus zum Anhalten an einer Position wird auf "ein" gesetzt. Aus dem Logikblock **132** betritt das System einen Entscheidungspunkt **134**, um zu bestimmen, ob die Landeposition größer als eine vorbestimmte Landebegrenzung ist. Wenn die vorbestimmte Landeposition außerhalb der Landebegrenzung liegt, wird ein Block **136** betreten, wobei die Beratungsnachricht der automatischen Bremse aktiv gesetzt wird und das System dann zu der Ausgabe des Modus und der Daten der Verzögerung zum Anhalten an einer Position bei Block **130** fortschreitet.

[0044] Wenn jedoch die Landeposition nicht größer als die Landebegrenzung ist, wird eine Entscheidungspunkt **138** betreten.

[0045] Hierbei wird eine Entscheidung getroffen, ob der Halteabstand L kleiner als der Entscheidungsabstand ist oder nicht. Wenn der Halteabstand L nicht kleiner als der Entscheidungsabstand ist, schreitet das System wiederum zu dem Block **130** fort. Wenn jedoch der Halteabstand kleiner als der Entscheidungsabstand ist, wird ein Entscheidungsblock **140** betreten und das System bestimmt, ob die Verzögerung des Trägheitsreferenzsystems kleiner als der Verzögerungswert zum Anhalten an einer Position abzüglich der Verzögerungsbegrenzung ist. Wenn aus dem Entscheidungsblock **140** bestimmt wird, dass der Verzögerungswert IRS nicht kleiner als der Verzögerungswert zum Anhalten an einer Position abzüglich der Verzögerungsbegrenzung ist, schreitet das System wiederum zu Block **130** fort. Wenn jedoch der Wert kleiner als der Verzögerungswert zum Anhalten an einer Position abzüglich der Verzögerungsbegrenzung ist, schreitet das System zu einem Block **136** fort, um die Beratungsnachricht der automatischen Bremse aktiv zu setzen und dann wie zuvor zu dem Block **130** fortzuschreiten.

[0046] Fig. 4 ist ein Logikflussdiagramm, welches die aufeinander folgenden logischen Schritte darstellt, welche durch die Zielauswahllogik **44** der Fig. 2 ausgeführt werden.

[0047] Hierbei startet das System bei Position **200** und betritt einen Entscheidungsblock **202**. In dem Entscheidungsblock **202** bestimmt das System, ob das automatische Bremssystem vorbereitet ist oder nicht. Wenn das automatische Bremssystem nicht vorbereitet ist, wird von dem Entscheidungsblock **202** zu einem Entscheidungsblock **204** fortgeschritten. Bei dem Entscheidungsblock **204** bestimmt das System, ob der Verzögerungsmodus zum Anhalten an einer Position an ist oder nicht. Wenn der Verzögerungsmodus zum Anhalten an einer Position nicht an ist, schreitet das System zu einer Ausgabe des Zielverzögerungssignals bei Block **206** fort. Wenn der Verzögerungsmodus zum Anhalten an einer Position an ist, schreitet das System zu einem Entscheidungsblock **208** fort, wo bestimmt wird, ob die Beratungsnachricht der automatischen Bremse aktiv ist oder nicht. Wenn die Beratungsnachricht nicht aktiv ist, schreitet das System zu einem Block **210** fort, um die Beratungsnachricht der automatischen Bremse zum Anhalten an einer Position in ihren aktiven Modus zu setzen. Dann schreitet es fort, um die Zielverzögerung in Block **206** auszugeben.

[0048] Wenn aus dem Block **208** die Beratungsnachricht der automatischen Bremse aktiv ist, schreitet das System zu dem Block **206** fort, um die Zielverzögerung auszugeben.

[0049] Zurück zu Entscheidungsblock **202**. Wenn das automatische Bremssystem an ist, wird ein Entscheidungspunkt **212** betreten. Hierbei wird bestimmt, ob der Verzögerungsmodus zum Anhalten an einer Position an ist oder nicht. Wenn der Verzögerungsmodus zum Anhalten an einer Position nicht an ist, schreitet das System zu einem Block **214** fort, um die Zielverzögerung gleich der Verzögerung des Auswahlschalters zu setzen. Aus dem Block **214** schreitet das System zu einem Block **216**, um die Notiznachricht der automatischen Bremse aktiv zu setzen und danach fortzuschreiten, um die Zielverzögerung bei dem Block **206** auszugeben.

[0050] Zurück zu Entscheidungspunkt **212**. Wenn der Verzögerungsmodus zum Anhalten an einer Position an ist, schreitet das System zu dem Entscheidungspunkt **220** fort. Bei Entscheidungspunkt **220** werden die Verzögerungsdaten zum Anhalten an einer Position analysiert, um zu bestimmen, ob sie gültig sind. Wenn die Verzögerungsdaten zum Anhalten an einer Position nicht gültig sind, schreitet das System zu einem Block **222** fort, um die Beratungsnachricht der automatischen Bremse zum Anhalten an einer Position aktiv zu setzen. Dann wird aus dem Block **222** der Block **214** betreten, um die Zielverzögerung gleich der Verzögerung des Auswahlschalters zu setzen.

[0051] Zurück zu dem Entscheidungspunkt **220**. Wenn die Verzögerungsdaten zum Anhalten an einer Position gültig sind, wird der Entscheidungspunkt **224** betreten und das System bestimmt, ob die Position "3/STP" der automatischen Bremse ausgewählt ist oder nicht. Wenn die Position der automatischen Bremse "3/STP" nicht ausgewählt worden ist, schreitet das System wiederum zu dem Block **222** fort, um die Beratungsnachricht der automatischen Bremse zum Anhalten an einer Position aktiv zu setzen. Wenn jedoch bei dem Entscheidungsblock **224** die Position der automatischen Bremse "3/STP" ausgewählt ist, betritt das System einen Block **230**. Bei Block **230** setzt das System den Zielverzögerungswert gleich dem Verzögerungswert zum Anhalten an einer Position. Dann wird aus dem Block **230** das Zielverzögerungssignal bei Block **232** Tiefpass gefiltert, um den Betrag zu begrenzen, mit welchem das Verzögerungssteuerungssignal schwanken kann, um sicherzustellen, dass die Bandbreite des Flugzeugbremssystems angemessen ist, um den gefilterten Befehl und das gefilterte Steuerungssignal zu verarbeiten. Das gefilterte Signal wird dann von dem Block **232** zu dem Block **234** geleitet, worin die Notiznachricht der automatischen Bremse zum Anhalten an einer Position auf ihren aktiven Modus gesetzt wird. Aus dem Block **234** wird der Ausgabezielverzögerungswert über Block **206** bereitgestellt.

[0052] Eine Zusammenfassung der übergreifenden Logik, welche durch die aufeinander folgenden Schritte ausgeführt wird, wie es in **Fig. 3** und **4** dargelegt ist, ist unten zusammengefasst.

ZIELVERZÖGERUNGSLOGIK

[0053] Der Wert der Zielverzögerung wird wie folgt berechnet.

- a. Die TARGET_DECEL ist auf den Auswahlschalter basierten Wert (SEL_SW_DECEL) zu setzen, wenn eine der folgenden Bedingungen zutrifft.
 1. Für das STP-DECEL-Signal trifft eine der folgenden Bedingungen zu.
 - A. "AUS"
 - B. "UNGÜLTIG"
 2. Der Auswahlschalter der automatischen Bremse ist nicht "3/STP".
- b. Die Zielverzögerung ist auf den Wert zum Anhalten an einer Position zu setzen, wenn alle der folgenden Bedingungen zutreffen.
 1. Das automatische Landebremssystem ist vorbereitet.
 2. Für das STP_DECEL-Signal treffen alle der folgenden Bedingungen zu.
 - A. "AN"
 - B. "GÜLTIG"
 3. Der Auswahlschalter der automatischen Bremse ist "3/STP".
- c. Nach einer Aufbringung soll die TARGET-DECEL-Einstellung nicht zu STP_DECEL zurückkehren, wenn es einmal auf SEL_SW_DECEL gesetzt worden ist.

ANZEIGELOGIK

[0054] Der Pilot wird gewarnt, dass die automatische STP-Bremse ausgewählt ist, wenn eine Notiznachricht AUTOBRAKE auf der Anzeige des Triebwerksanzeige- und Besatzungswarnsystems (EICAS) erscheint. Das automatische STP-Bremssystem stellt auch ein Signal für den FMC bereit, welches anzeigt, dass STP AU-

TOBRAKE ausgewählt ist. Die Nachricht STP AUTOBRAKE MEMO soll übertragen werden, wenn alle der folgenden Bedingungen zutreffen.

- a. Das automatische Landebremssystem ist vorbereitet.
- b. Der STP_DECEL Modus ist "AN".
- c. Die STP_DECEL-Daten sind "GÜLTIG".
- d. Die automatische Bremse 3/STP ist ausgewählt.

[0055] Der Pilot wird gewarnt, dass die automatische STP-Bremse nicht funktionsfähig ist, wenn die Nachricht STP AUTOBRAKE ADVISORY auf der EICAS-Anzeige erscheint. Die Nachricht STP AUTOBRAKE ADVISORY soll übertragen werden, wenn alle der folgenden Bedingungen zutreffen.

- a. Das AUTOBRAKE ADVISORY ist "INAKTIV".
- b. Irgendeine der folgenden Bedingungen trifft zu.
 1. Das automatische Landebremssystem ist vorbereitet und irgendeine der folgenden Bedingungen trifft zu.
 - A. Die STP_DECEL-Daten sind "UNGÜLTIG".
 - B. Die automatische Bremse 3/STP ist nicht ausgewählt.
 2. Der STP_DECEL-Modus ist "AN" und irgendeine der folgenden Bedingungen trifft zu.
 - A. Die Nachricht STP AUTOBRAKE MEMO ist "INAKTIV".
 - B. $IRS_DECEL < (STP_DECEL - DECEL_MARGIN)$, wenn der Halteabstand, L, kleiner als die DECISION_DISTANCE ist.
 - C. $TD_POSITION > als TD_MARGIN$. (Diese Bedingung verhindert die Verwendung von mangelhaften Daten für den Fall, dass das Flugzeug auf einer anderen Landebahn landet oder aufsetzt ohne eine Neuauswahl der automatischen STP-Bremse, z. B. im Fall einer abgebrochenen Landung).

DECEL_MARGIN:

Ein zusätzliches Inkrement der Verzögerung, welches zu dem Wert STP_DECEL hinzugezählt wird, was sicherstellt, dass das Flugzeug trotz einer gewissen Ungenauigkeit bei dem Wert STP_DECEL kurz vor dem gewünschten Ausgang anhält.

DECISION_DISTANCE:

Der Abstand von dem gewünschten Ausgang, bei welchem die Entscheidung getroffen werden muss, ob das Maximum des Werts STP_DECEL geeignet ist, das Flugzeug innerhalb der verbleibenden Entfernung von dem Ausgang anzuhalten.

TD_MARGIN:

Die für ein Flugzeug erlaubte Begrenzung, um auf dem anfangs geschätzten Aufsetzpunkt auf der Landebahn zu landen.

[0056] Ein DECEL_OFFSET wird zu dem berechneten Wert DECEL hinzuaddiert, um sicherzustellen, dass das Flugzeug vor der Ausgangsposition angehalten werden kann.

[0057] Zusammenfassend ist ein automatisches Flugzeugbremssystem zum Anhalten an einer Position im Detail beschrieben worden. Obwohl eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung beschrieben worden ist, sollte klar sein, dass viele Modifikationen und Variationen daran möglich sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum automatischen Anhalten eines Flugzeugs (**12**) an einer ausgewählten Position auf einer Landebahn (**14**), wobei das Flugzeug mit einem Flugzeugbremssystem (**30**) versehen ist, welches auf Eingabesteuerungssignale reagiert, um eine Bremswirkung auf das Flugzeug aufzubringen, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

- die gegenwärtige Position des Flugzeugs bestimmen;
- durch ein Logiksteuerungsmittel (**32**) die tatsächliche Position des Flugzeugs mit einer ausgewählten Flugzeughalteposition auf einer Landebahn vergleichen,

dadurch gekennzeichnet,

dass die gewünschte Flugzeughalteposition (**16**) auf einer Landebahn durch ein Haltepositionsauswahlmittel ausgewählt wird; und

dass das Logiksteuerungsmittel in Reaktion auf den Vergleich der tatsächlichen Position des Flugzeugs mit der ausgewählten Halteposition vorbestimmt ein Steuerungssignal auf das Flugzeugbremssystem (**30**) derart aufbringt, dass das Flugzeug in einer Weise bremst, welche darauf abzielt, das Flugzeug an der ausgewählten Halteposition anzuhalten, wobei eine Steuerung einer Zielverzögerung mit einem geschlossenen Regelkreis

verwendet wird, um die Verzögerung des Flugzeugs zu steuern, um an der Halteposition auf der Landebahn anzuhalten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Logiksteuerungsmittel weiter den Schritt eines Filterns des Steuerungssignals durchführt, um den Betrag zu begrenzen, um welchen das Steuerungssignal schwankt, um sicherzustellen, dass die Bandbreite des Flugzeugbremssystems angemessen ist, das gefilterte Steuerungssignal zu verarbeiten.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, wobei das Logiksteuerungsmittel den weiteren Schritt ausführt, dass Steuerungssignal zu halten, um dadurch ein übermäßiges Bremsen des Flugzeugs zu verhindern.

4. Automatisches Flugzeugbremssystem, umfassend:

- ein Flugzeugpositionierungssystem (**20, 34**) zum Bestimmen der gegenwärtigen Position des Flugzeugs;
- ein Logiksteuerungsmittel (**32**) zum Vergleichen der tatsächlichen Position des Flugzeugs (**12**) mit einer ausgewählten Flugzeughalteposition auf einer Landebahn, dadurch gekennzeichnet, dass das System weiter ein Haltepositioneingabemittel (**31**) zum Auswählen der gewünschten Flugzeughalteposition (**16**) auf einer Landebahn (**14**) umfasst; dass das Logiksteuerungsmittel auf den Vergleich der tatsächlichen Position des Flugzeugs mit der ausgewählten Halteposition das Flugzeug derart vorbestimmt verzögert, dass das Flugzeug darauf abzielt, an der ausgewählten Halteposition anzuhalten, wobei das Logiksteuerungsmittel eine Steuerung der Zielverzögerung mit einer geschlossenen Regelschleife verwendet, um die Verzögerung des Flugzeugs zu steuern, um an der gewünschten Halteposition auf der Landebahn anzuhalten.

5. System nach Anspruch 4, wobei das Logiksteuerungsmittel weiter ein Filterungsmittel zum Begrenzen des Betrages aufweist, um welchen ein auf ein Flugzeugbremssystem aufgebrachtes Steuerungssignal schwankt, um sicherzustellen, dass die Bandbreite des Flugzeugbremssystems (**30**) angemessen ist, um das gefilterte Steuerungssignal zu verarbeiten.

6. System nach Anspruch 4, wobei das Logiksteuerungsmittel weiter ein Steuerungssignalhaltemittel zum Halten eines Steuerungssignals, welches auf ein Flugzeugbremssystem aufgebracht wird, aufweist, um ein übermäßiges Bremsen des Flugzeugs zu verhindern.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1A

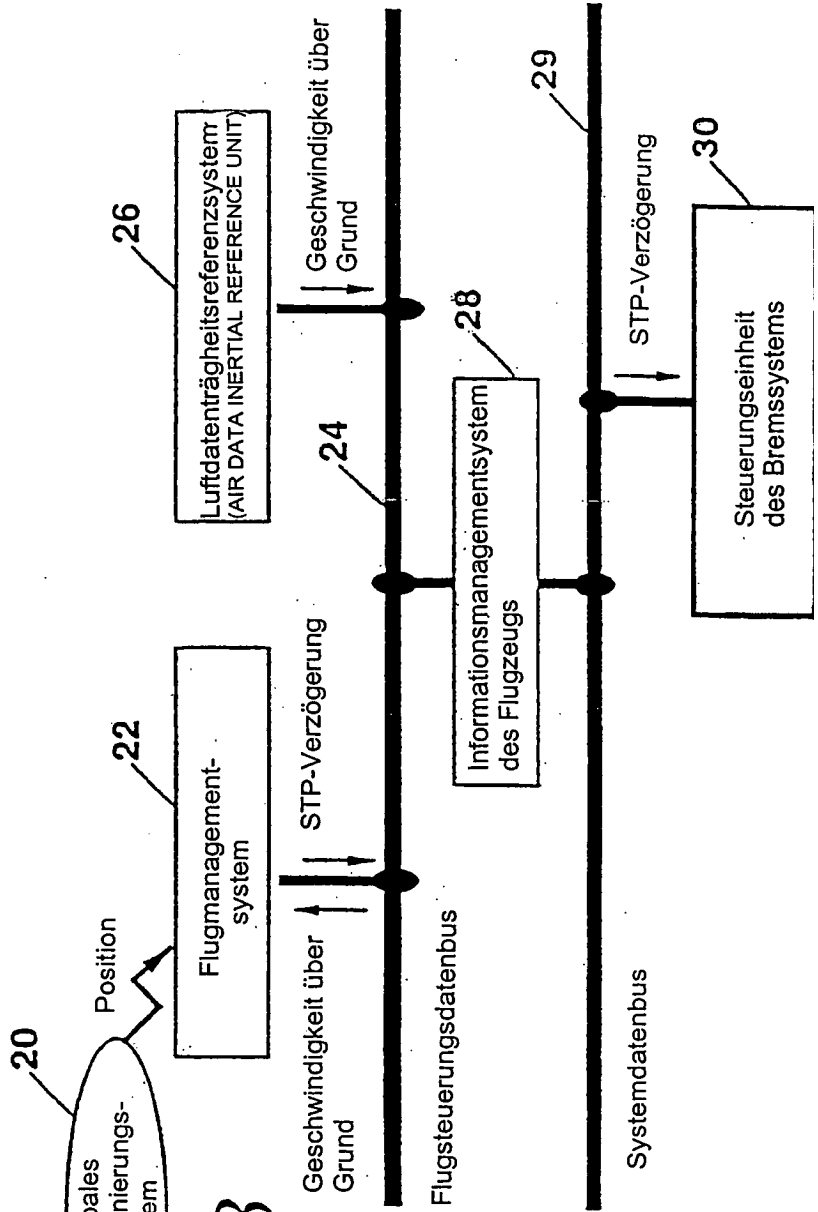
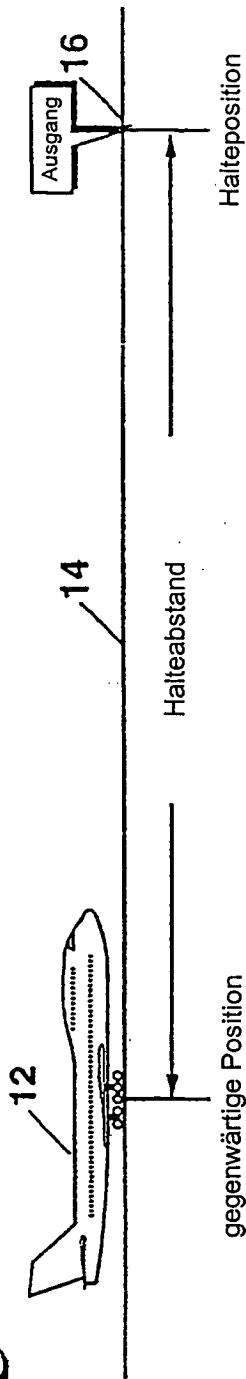
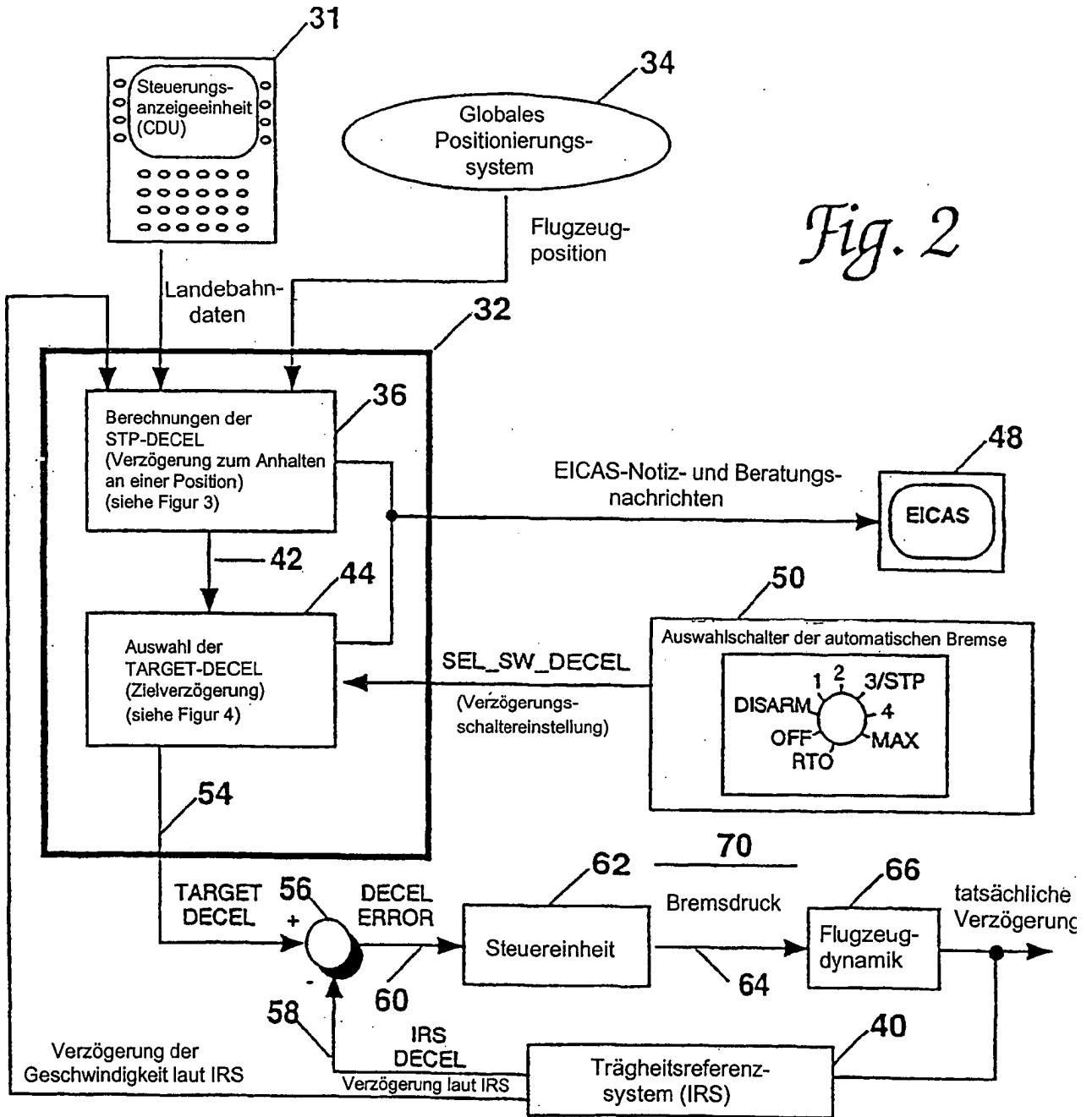


Fig. 1B



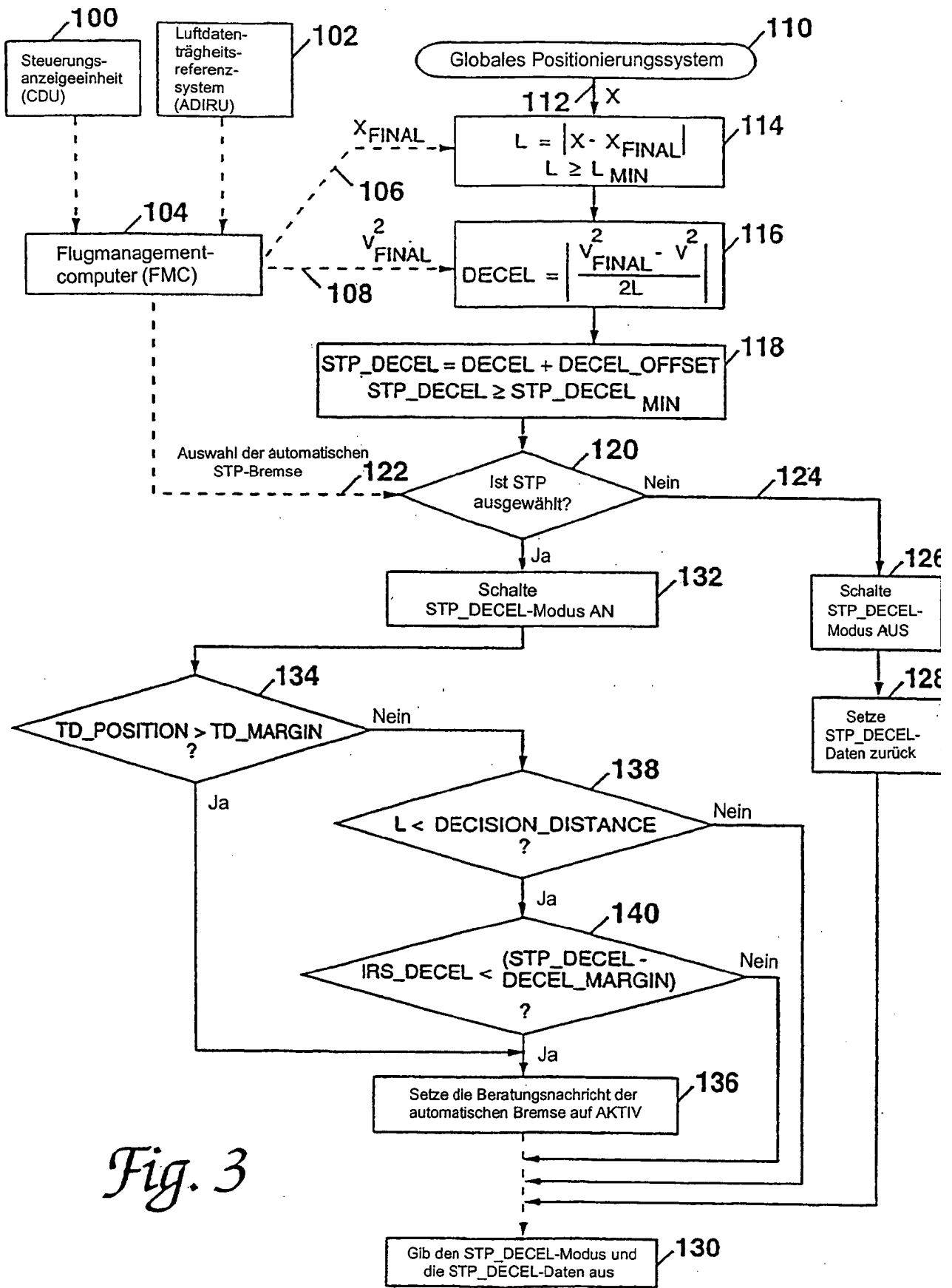


Fig. 3

Fig. 4

