

(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
12. Oktober 2017 (12.10.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/174238 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01S 19/42 (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/053300

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Februar 2017 (14.02.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 106 221.9 5. April 2016 (05.04.2016) DE

(71) Anmelder: DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT-
UND RAUMFAHRT E.V. [DE/DE]; Linder Höhe, 51147
Köln (DE).

(72) Erfinder: SCHUMANN, Ulrich; Dillizerstr. 37, 82211
Herrsching (DE). CHRISTMANN, Carsten; Otto-Heuer-
Str. 8, 38518 Gifhorn (DE). GIEZ, Andreas; Iglinger Str.
54A, 86899 Landsberg am Lech (DE).

(74) Anwalt: RÖSLER RASCH VAN DER HEIDE &
PARTNER; Patent- und Rechtsanwälte,
Partnerschaftsgesellschaft mbB, Bodenseestr. 18, 81241
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, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETECTING A FAULT OF A BAROMETRIC PRESSURE MEASURING SYSTEM
ARRANGED ABOARD A FLYING DEVICE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG EINES FEHLERS EINES AN BORD EINES
FLUGGERÄTS ANGEORDNETEN BAROMETRISCHEN DRUCKMESSSYSTEMS

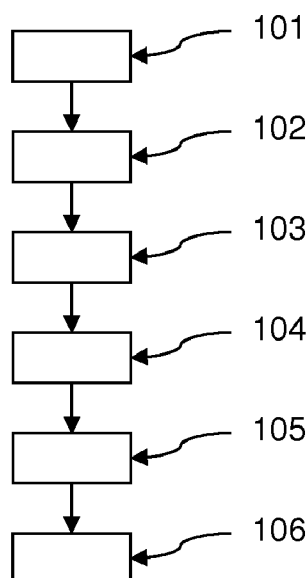


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for detecting a fault of a barometric pressure measuring system arranged aboard a flying device. The method has the following steps: ascertaining (101) a current position POSGNss(t) and an altitude zGNss(t) of the flying device in a geodetic reference system at a point in time t using a satellite navigation system GNSS arranged aboard the flying device; ascertaining (102) a static pressure pAc(t) and/or a pressure level zAc(t) using the pressure measuring system; ascertaining (103) a geopotential altitude zAN/PROG(t) assigned to the static pressure Pac(t) for the position POSGNSSW in provided weather analysis data ANDAT or in provided weather prognosis data PROGDAT of a numerical weather prognosis model NWP, and/or ascertaining (103) a static pressure pAN/PRoo(t) assigned to the altitude zGNss(t) for the position POSGNss(t) in the provided weather analysis data ANDAT or in the provided weather prognosis data PROGDAT of the numerical weather prognosis model NWP; ascertaining (104) the altitude deviation Az(t) = zGNss(t) - ZAN/PROGW and/or ascertaining (104) the pressure deviation Ap(t) = pAc(t) - pAN/PRoo(t); ascertaining (105) an altitude deviation Δζ* ascertained over a period of time At from Az(t) = zGNss(t) - ZAN/PROGW and/or ascertaining (105) a pressure deviation Ap* ascertained over the period of time At from Ap(t) = pAc(t) - pAN/PROG(t), wherein a fault of the pressure measuring system is then detected if the ascertained altitude deviation |Az*| is greater than or equal to a specified threshold G1 or if the ascertained pressure deviation |Ap*| is greater than or equal to a specified threshold G2; and generating (106) a warning signal if a fault is detected.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung eines Fehlers eines an Bord eines Fluggeräts angeordneten barometrischen Druckmesssystems. Das Verfahren umfasst folgende Schritte: Ermitteln (101) einer aktuellen Position POSGNss(t) und einer Höhe zGNss(t) des Fluggeräts in einem geodätischen Referenzsystem zur Zeit t mittels eines an Bord des Fluggeräts angeordneten Satellitennavigationssystems GNSS; mittels des Druckmesssystems Ermitteln (102) eines statischen Druckes pAc(t) und/oder einer Druckhöhe zAc(t), für die Position POSGNSSW in bereitgestellten Wetter-Analysedaten ANDAT oder in bereitgestellten Wetter-Prognosedaten PROGDAT eines numerischen Wetterprognosemodells NWP Ermitteln (103) einer zum statischen Druck pAc(t) zugeordneten geopotentiellen Höhe zAN/PROG(t), und/oder für die Position POSGNss(t) in den bereitgestellten Wetter-Analysedaten ANDAT oder in den bereitgestellten Wetter- Prognosedaten PROGDAT des numerischen Wetterprognosemodells NWP Ermitteln (103) eines zur Höhe zGNss(t) zugeordneten statischen Drucks pAN/PRoo(t); Ermitteln (104) der Höhenabweichung $Az(t) = zGNss(t) - ZAN/PROGW$ und/oder Ermitteln (104) der Druckabweichung $Ap(t) = pAc(t) - pAN/PRoo(t)$; Ermitteln (105) einer über einen Zeitraum Δt gemittelten Höhenabweichung $\Delta \zeta^*$ aus $Az(t) = zGNss(t) - ZAN/PROGW$ und/oder Ermitteln (105) einer über den Zeitraum Δt gemittelten Druckabweichung Ap^* aus $Ap(t) = pAc(t) - PAN/PROG(t)$, wobei ein Fehler des Druckmesssystems dann als erkannt gilt, wenn die gemittelte Höhenabweichung $|Az^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert G1 ist, oder sofern die gemittelte Druckabweichung $|Ap^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert G2 ist; und Erzeugen (106) eines Warnsignals sofern ein Fehler erkannt ist.

Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung eines Fehlers eines an Bord eines Fluggeräts angeordneten barometrischen Druckmesssystems

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung eines Fehlers eines an Bord eines Fluggeräts angeordneten barometrischen Druckmesssystems.

Das barometrische Druckmesssystem eines Fluggeräts dient insbesondere zur Ermittlung der barometrischen Flughöhe $z_{AC}(t)$ (= Druckhöhe) des Fluggeräts, die auf Basis des
10 statischen Drucks $p_{AC}(t)$ auf dem Flugniveau des Fluggeräts in der ungestörten Atmosphäre bestimmt wird. Hierzu wird der statische Druck $p_{AC}(t)$ während des Fluges ermittelt. Die Druckentnahme erfolgt an einer geeigneten Stelle an der Oberfläche des Fluggeräts (der „Druckentnahmestelle für statischen Druck“), die Messung des dort entnommenen Drucks erfolgt mit entsprechenden Drucksensoren. Diese Druckmessung
15 wird durch die Aerodynamik des Fluggeräts und die aktuelle Konfiguration des Fluggeräts, unter anderem als Funktion der Fluggeschwindigkeit (bspw. der Machzahl), gestört.

Die Flughöhe eines Fluggeräts bestimmt sich dabei typischerweise aus der Messung des statischen Luftdrucks $p_{AC}(t)$ und dessen Umrechnung in eine barometrische Flughöhe
20 $z_{AC}(t)$ auf Basis der ICAO-Standard Atmosphäre (ICAO: „International Civil Aviation Organization“). Je nach aktuellem Wetter weicht der Zustand der lokalen Atmosphäre oft erheblich von der ICAO-Standardatmosphäre ab, so dass auch die ermittelte barometrische Flughöhe $z_{AC}(t)$ des Fluggeräts folglich von einer tatsächlichen geometrischen Flughöhe des Fluggeräts abweichen kann. Die Abweichungen der
25 barometrischen Flughöhe $z_{AC}(t)$ betragen typischerweise ca. +/- 5 - 10 % der geometrischen Flughöhe.

Die barometrische Flughöhe $z_{AC}(t)$ ist somit mittels des Druckmesssystems ohne externe Hilfsmittel am Fluggerät ermittelbar und daher traditionell Grundlage der Flugführung.
30 Ohne eine Kalibrierung des Druckmesssystems wären die Messfehler aufgrund der vorstehend angesprochenen Störungen und damit die Genauigkeit der ermittelten barometrischen Flughöhe $z_{AC}(t)$ unakzeptabel. Zu einer genauen barometrischen Höhenbestimmung muss daher die Abweichung einer aktuellen Druckmessung von den Verhältnissen der umgebenden ungestörten Atmosphäre bekannt sein und entsprechend
35 korrigiert werden.

Bei der Zulassung eines Fluggeräts wird heute zur Kalibrierung des eingebauten Druckmesssystems eine Vielzahl von Kalibriermessungen am Boden und im Flug durchgeführt. Dabei werden typischerweise die Messwerte der Sensoren des Druckmesssystems an einem Prototypen des Fluggeräts mit Messungen in der ungestörten Umgebung in gleicher Flughöhe verglichen. Aus der Differenz wird der Druckentnahmefehler ermittelt, der in Form einer Funktion verschiedener Einflussgrößen zur Korrektur verwendet wird. Diese Korrektur wird für einen bestimmten Fluggerätetyp typischerweise einheitlich festgelegt und in einem Luftdatenrechner (Air Data System, ADS) hinterlegt. Dem Luftdatenrechner werden neben der Druckmessung auch weitere relevante Einflussgrößen bereitgestellt.

Üblicherweise bestimmt man diese Korrektur der Druckmessung durch Vergleiche der Messergebnisse des Druckmesssystems mit Referenzmessungen bspw. an einem Turm durch einen sog. „Tower-Flyby“ oder mit Messungen eines entsprechend kalibrierten Vergleichsfluggeräts oder mit Messungen des statischen Luftdrucks in der ungestörten Atmosphäre weit vor (bspw. mit einem Sensor an einem Nasenmast des Fluggeräts) oder hinter dem Fluggerät (mit einer Schleppsonde mit Schleppkegel, sogenannte „Trailing-Cone“-Messung).

Eine hinreichend genaue Kalibrierung des Druckmesssystems ist besonders dann wichtig, wenn das Fluggerät in einem Luftraum mit reduzierter vertikaler Staffelung betrieben werden soll, bspw. einem Luftraum, für den sogenannte „Reduced Vertical Separation Minima, RVSM“ gelten. Flüge in derartigen Lufträumen mit reduzierter Höhenstaffelung (RVSM-Lufträume) sind nur dann zulässig, wenn das Fluggerät eine „RVSM-Betriebsgenehmigung“ von der zuständigen Luftfahrt-Behörde erhalten hat. Dafür muss nachgewiesen werden, dass das Druckmesssystem im Einsatzbereich des Fluggeräts unter vorgegebenen Voraussetzungen eine Ermittlung einer barometrischen Flughöhe $z_{AC}(t)$ mit einer vorgegebenen Genauigkeit ermöglicht.

Zur Bestimmung der erforderlichen Druckkorrektur im Druckmesssystem sind heute aufwändige Flugversuche des zu überprüfenden Fluggeräts, Messungen am Boden, Begleitmessungen im Flug oder die Verfügbarkeit einer experimentellen Zusatzausrüstung am Fluggerät erforderlich.

Eine bekannte Methode zur Bestimmung der barometrischen Höhe $z_{AC}(t)$ im Flug ist die sogenannte „Blanchard-Methode“. Hierbei wird die Druckdifferenz zwischen diversen Flughöhen aus dem vertikalen Integral der virtuellen Temperatur bestimmt und mit Druckgradienten infolge des geostrophischen Windes korrigiert (vgl.: *Blanchard, R.L., „An Improvement to an Algorithm for Computing Aircraft Reference Altitude“, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. AES-8, No. 5, 1972, Seiten 685-687*; und *Blanchard, R.L., „A new Algorithm for Computing Inertial Altitude and Vertical Velocity“, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. AES-7, Nov. 1971, Seiten 1143-1146.*)

Zur Überprüfung der Genauigkeit von barometrisch ermittelten Höhen $z_{AC}(t)$ im Flugbetrieb stellen Luftfahrtbehörden oder Service Betreiber (anerkannte „Air Navigation Service Provider“, ANSP) auch sogenannte „Height Monitoring Units = HMU“ zur Durchführung der „HMU-Methode“ oder sogenannte „GPS-based Monitoring Units = GMU“ zur Durchführung der „GMU-Methode“ zur Verfügung.

Bei der sogenannten „HMU-Methode“ wird die vom Druckmesssystem des zu prüfenden Fluggeräts ermittelte barometrische Höhe $z_{AC}(t)$ mit einer Höhe aus Vergleichsmessungen verglichen. Dabei kann auch die Blanchard-Methode benutzt werden. Die geometrische Vergleichshöhe des Fluggeräts wird hierbei typischerweise im Beobachtungsbereich einer zugehörigen Bodenstation (ca. 40 nautische Meilen um die Bodenstation) mittels einer Langzeitmessung eines Transpondersignals des Fluggeräts und/oder mittels Radar bestimmt. Derartige Vergleichsmessungen sind derzeit jedoch auf ein Höhenband von FL 290 bis FL 410, („FL“ = Flugfläche) begrenzt. Das Fluggerät muss hierbei während der Vergleichsmessung zumindest für 5 Minuten auf konstanter Höhe fliegen. Die HMU-Methode erfordert also die Nutzung zumindest einer HMU-Bodeneinheit, die Durchführung spezieller Kalibrierflüge, teils mit Zusatzausrüstung, und verursacht dementsprechende Zusatzkosten. Dabei ist man typischerweise auf die Dienstleistung eines anerkannten „Air Navigation Service Providers“ angewiesen.

Bei der „GMU-Methode“ wird typischerweise zur Vergleichsmessung eine portable GMU (GPS-based Monitoring Unit) zur Höhenmessung mittels eines Satellitennavigationssystems GNSS („Global Navigation Satellite System“) an Bord des Fluggeräts genommen. Die Vergleichshöhe wird bspw. anhand von Ballonmessungen und gegebenenfalls anderen meteorologischen Messungen (Temperaturprofiler) bestimmt, mit

Wetterdaten aus numerischen Modellen gestützt, und mit den Druckhöhenmessungen anderer Fluggeräte im gleichen Luftraum abgeglichen.

5 Neben der Ermittlung der für die Flugführung wesentlichen barometrischen Flughöhe $z_{AC}(t)$ ist der möglichst genau ermittelte statische Druck $p_{AC}(t)$ weiterhin wichtig, um aus den Messungen des Gesamtdrucks („Total Air Pressure“) auf den dynamischen Druck und somit auf die Fluggeschwindigkeit (bspw. Machzahl) zu schließen. Fehler der statischen Druckmessung wirken sich so unmittelbar auf Fehler bei der Ermittlung des dynamischen Drucks aus. Auch die Bestimmung der statischen Temperatur aus der
10 Messung der Temperatur T_{stau} in der gestauten Luft am Fluggerät setzt die genaue Kenntnis des statischen und dynamischen Drucks voraus.

Die im Stand der Technik bekannten Verfahren zur Fehlererkennung bei barometrischen Druckmesssystemen weisen den Nachteil auf, dass sie typischerweise Flugversuche
15 erfordern und kosten- und zeitaufwendig sind. Sie machen insbesondere kleinere Änderungen am Fluggerät, wie temporäre An-/Abbauten am Fluggerät teuer, zeitaufwendig und schwierig, da diese die Aerodynamik des Fluggeräts ändern und somit eine erneute Kalibrierung des Druckmesssystems erfordern. Weiterhin nachteilig am Stand der Technik ist, dass im Flug weder der Pilot noch die Flugüberwachung eine
20 einfache Möglichkeit haben, die Funktion und Genauigkeit des vom Druckmesssystem ermittelten barometrischen Drucks $p_{AC}(t)$ und der barometrischen Flughöhe $z_{AC}(t)$ zu überwachen und entsprechende Trends der Genauigkeit zu ermitteln. Daher muss im Stand der Technik die Funktion und die Genauigkeit des Druckmesssystems regelmäßig aufwendig überprüft werden. Dabei kann eine Überprüfung von Komponenten des
25 Druckmesssystems am Boden die Genauigkeit des Druckmesssystems im Flugbetrieb nur unvollständig sicherstellen.

Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung anzugeben, mit dem/der ein Fehler eines an Bord eines Fluggeräts angeordneten barometrischen
30 Druckmesssystems einfach, auch während des Fluges ermittelbar ist. Dabei sollen weiterhin die genannten Nachteile vermieden werden.

Die Erfindung ergibt sich aus den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.
35 Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich

aus der nachfolgenden Beschreibung, sowie der Erläuterung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren dargestellt sind.

- Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung eines Fehlers eines an Bord eines Fluggeräts angeordneten barometrischen Druckmesssystems, mit folgenden Schritten. In einem ersten Schritt erfolgt ein Ermitteln einer aktuellen Position $POS_{GNSS}(t)$ und einer Höhe $z_{GNSS}(t)$ des Fluggeräts in einem geodätischen Referenzsystem zur Zeit t mittels eines an Bord des Fluggeräts angeordneten Satellitennavigationssystems GNSS. In einem zweiten Schritt erfolgt mittels des Druckmesssystems ein Ermitteln eines statischen Druckes $p_{AC}(t)$ und/oder einer Druckhöhe $z_{AC}(t)$. In einem dritten Schritt erfolgt für die Position $POS_{GNSS}(t)$ in bereitgestellten Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder in bereitgestellten Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ eines numerischen Wetterprognosemodells NWP ein Ermitteln einer zum statischen Druck $p_{AC}(t)$ zugeordneten geopotentiellen Höhe $z_{AN/PROG}(t)$. Alternativ oder zusätzlich erfolgt für die Position $POS_{GNSS}(t)$ in den bereitgestellten Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder in den bereitgestellten Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ des numerischen Wetterprognosemodells NWP ein Ermitteln eines zur Höhe $z_{GNSS}(t)$ zugeordneten statischen Drucks $p_{AN/PROG}(t)$. In einem vierten Schritt erfolgt ein Ermitteln der Höhenabweichung $\Delta z(t) = z_{GNSS}(t) - z_{AN/PROG}(t)$ und/oder ein Ermitteln der Druckabweichung $\Delta p(t) = p_{AC}(t) - p_{AN/PROG}(t)$. In einem fünften Schritt erfolgt ein Ermitteln einer über einen Zeitraum Δt gemittelten Höhenabweichung Δz^* aus $\Delta z(t) = z_{GNSS}(t) - z_{AN/PROG}(t)$ und/oder ein Ermitteln einer über den Zeitraum Δt gemittelten Druckabweichung Δp^* aus $\Delta p(t) = p_{AC}(t) - p_{AN/PROG}(t)$, wobei ein Fehler des Druckmesssystems dann als erkannt gilt, wenn die gemittelte Höhenabweichung $|\Delta z^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert $G1$ ist, oder sofern die gemittelte Druckabweichung $|\Delta p^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert $G2$ ist. In einem sechsten Schritt erfolgt ein Erzeugen eines Warnsignals sofern ein Fehler erkannt ist.
- Der Begriff „Fluggerät“ wird vorliegend weit gefasst verstanden. Er umfasst alle Vorrichtungen, die innerhalb einer Planetenatmosphäre (insbesondere der Erdatmosphäre) fliegen oder fahren, insbesondere Fluggeräte, die leichter als das Medium der Atmosphäre (bspw. Luft) sind: Freiballone, Fesselballone, Heißluftballone, Luftschiffe, etc., sowie Fluggeräte, die schwerer als das Medium der Atmosphäre sind:

Segelfluggeräte, Hängegleiter, Gleitschirme, Drehflügler, Drohnen, Militärflugzeuge, Transportflugzeuge, Passagierflugzeuge, Sportflugzeuge, Ultraleichtflugzeuge, etc..

5 Das „barometrische Druckmesssystem“ umfasst vorteilhaft Leitungen zu Messpunkten am Fluggerät, bspw. Druckleitungen zur Entnahme des statischen Drucks, zur Entnahme des Gesamtdrucks, zur Entnahme eines Differenzdrucks, weiterhin vorteilhaft elektrische Leitungen zu Messsensoren bspw. für Drucke, Lufttemperatur und/oder Luftfeuchte, eine Auswerteeinrichtung (bspw. ADC = „Air Data Computer“) sowie eine elektrische Schnittstelle zur Bereitstellung der ermittelten Messdaten, insbesondere des statischen Druckes $p_{AC}(t)$ und der Druckhöhe $z_{AC}(t)$. Kalibrierkurven bzw. Kalibrierparameter zur Ermittlung des statischen Druckes $p_{AC}(t)$ und der Druckhöhe $z_{AC}(t)$ bzw. weiterer Messdaten werden dabei von der Auswerteeinrichtung berücksichtigt. Die Druckleitungen müssen dicht sein. Leckagen bzw. Undichtigkeiten des Druckleitungssystems erzeugen Fehlmessungen.

15

Der Begriff „Fehler“ wird vorliegend weit gefasst verstanden, er umfasst grundsätzlich jeden Fehler des Druckmesssystems, der sich auf die Messgrößen: statischer Luftdruck $p_{AC}(t)$ und/oder barometrische Höhe $z_{AC}(t)$ des Druckmesssystems auswirkt. Derartige Fehler können beispielsweise durch eine fehlerhafte Kalibrierung des Druckmesssystems, einen fehlerhaften Sensor innerhalb des Druckmesssystems, Leckagen / Undichtigkeiten des Druckmesssystems oder eine fehlerhafte Elektronik des Druckmesssystems verursacht werden.

20

Das „Satellitennavigationssystem GNSS“ ist vorteilhaft ein GPS-, oder Galileo-, oder ein GLONASS-basiertes Navigationssystem, mittels dem die aktuelle Position $POS_{GNSS}(t)$ (Lage auf der Erdoberfläche, bspw. als x-y-Koordinaten) und Höhe $z_{GNSS}(t)$ des Fluggeräts in einem geodätischen Referenzsystem zeitabhängig ermittelbar ist. Natürlich sind andere Satellitennavigationssysteme GNSS von dem Erfindungsgedanken mit eingeschlossen.

25

30 Vorteilhaft wird als Satellitennavigationssystem GNSS auf dem Fluggerät ein differentielles Satellitennavigationssystem (beispielsweise ein DGPS) eingesetzt. Mit einem solchen differentiellen Satellitennavigationssystem sind aktuell Höhenmessungen für $z_{GNSS}(t)$ mit einer Genauigkeit von ca. 0,2 m und Positionsmessungen für $POS_{GNSS}(t)$ mit einer Auflösung von ca. 0,3 m möglich.

35

Der Begriff „geodätisches Referenzsystem“ bezeichnet vorliegend ein Erdmodell, das vorteilhaft die wichtigsten Parameter der Erdfigur, der Erdrotation und des Schwerefeldes berücksichtigt. Vorteilhaft ist das geodätische Referenzsystem das WGS84 (mit dem Gravitationsmodell EGM96 oder EGM2008) oder das ETRS89 Referenzsystem. Natürlich
5 sind andere geodätische Referenzsysteme von dem Erfindungsgedanken mit eingeschlossen.

In dem zweiten Schritt erfolgt mittels des Druckmesssystems das zeitabhängige Ermitteln des statischen Druckes $p_{AC}(t)$ und/oder der Druckhöhe $z_{AC}(t)$. Dabei gehen für das
10 Druckmesssystem vorgegebene aktuelle Kalibrierparameter bzw. Kalibrierkurven etc. in die Ermittlung Druckes $p_{AC}(t)$ und der Druckhöhe $z_{AC}(t)$ ein.

In dem dritten Schritt werden Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ eines numerischen Wetterprognosemodells NWP bereitgestellt, um für die
15 Positionen $POS_{GNSS}(t)$ zu den gemessenen statischen Drücken $p_{AC}(t)$ zugeordnete geopotentielle Höhen $z_{AN/PROG}(t)$ und/oder für Positionen $POS_{GNSS}(t)$ zu den ermittelten Höhen $z_{GNSS}(t)$ zugeordnete statische Drücke $p_{AN/PROG}(t)$ zu ermitteln.

Den Wetter-Analysedaten AN_{DAT} und Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ eines numerischen
20 Wetterprognosemodells NWP wird hierzu ein Zusammenhang zwischen geopotentiellen Höhen $z_{AN/PROG}(t)$ und zugeordneten barometrischen Druckflächen $p_{AN/PROG}(t)$ entnommen. Die Analysedaten AN_{DAT} für ein an einem Zeitpunkt t_1 und einer Position $POS_{GNSS}(t_1)$ herrschendes Wetter sind erst zu einer Zeit $t_1 + \Delta t_{analyse}$ verfügbar, wobei $\Delta t_{analyse}$ eine für die Analyse der zur Zeit t_1 erfassten Wetterdaten und die Bereitstellung der
25 entsprechenden Analysedaten AN_{DAT} erforderliche Zeitspanne angibt. Analysedaten AN_{DAT} eignen sich daher insbesondere zur nachträglichen Auswertung von Messdaten, die während eines Fluges vom Druckmesssystem ermittelt wurden. Typischerweise weisen die aus Analysedaten AN_{DAT} ermittelten geopotentiellen Höhen $z_{AN}(t)$ und statischen Drücke $p_{AN}(t)$ auch eine höhere Genauigkeit auf, als die aus Wetter-
30 Prognosedaten $PROG_{DAT}$ ermittelten geopotentiellen Höhen $z_{PROG}(t)$ und statischen Drücke $p_{PROG}(t)$.

Vorteilhaft berücksichtigt das Wetterprognosemodell NWP zur Erzeugung der Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ eine von der Position POS (auf der Erdoberfläche) und Höhe h
35 abhängige Erdbeschleunigung $g = g(POS, h)$, sowie eine Geoid-Undulation. Die „Geoid-

Undulation“ bezeichnet einen Abstand des Geoids von einem Bezugsellipsoid im betrachteten Ellipsoidpunkt, gemessen entlang der Ellipsoidnormalen. Bezüglich eines mittleren Referenzellipsoids für die Erde können Geoid-Undulationen bis ca. 100 m betragen.

5

Weiterhin vorteilhaft weist das numerische Wetterprognosemodell NWP Modelldruckflächen p_k auf, für welche bspw. prognostische Gleichungen für die Temperatur, Feuchte etc. gelöst werden, so dass Prognosedaten $\text{PROG}_{\text{RAWDAT}}(t)$ zunächst für die Modelldruckflächen p_k vorliegen. Zur Ermittlung der Wetter-

10

Prognosedaten $\text{PROG}_{\text{DAT}}(t)$ werden die Prognosedaten $\text{PROG}_{\text{RAWDAT}}(t)$ vorteilhaft linear in der Zeit t und linear in geographischen Koordinaten und logarithmisch im Druckfeld hinsichtlich der Position $\text{POS}_{\text{GNSS}}(t)$ des Fluggeräts zwischen Modell-Halldruckflächen $p_{k+1/2} = a_{k+1/2} + b_{k+1/2} * p_{\text{sfc}}$ interpoliert, mit:

15

$k = 0, \dots, K;$

$p_{k+1/2} = 0$ für $k = 0;$

p_{sfc} : statischer Druck am Boden für $k=K$; und

$a_{k+1/2}, b_{k+1/2}$ konstante Koeffizienten.

20

Zur Definition von Modelldruckflächen in einem numerischen Wetterprognosemodell NWP wird auf den Artikel von *Simmons, A. and Burridge, D.M., „An Energy and Angular-Momentum Conserving Vertical Finite-Difference Scheme and Hybrid Vertical Coordinate“ Mon. Wea. Rev., Vol. 109, No. April 1981, Seiten: 758-766* verwiesen. Andere numerische Verfahren nutzen unstrukturierte Netze, Finite Elemente oder andere diskrete

25

Approximationen der berechneten Feldgrößen. Diese erfordern angepasste optimierte Interpolationsverfahren.

30

Die vorstehenden vorteilhaften Merkmale des Wetterprognosemodells NWP führen zu einer Erhöhung der Genauigkeit, mit der die Größen: $z_{\text{AN/PROG}}(t)$ und $p_{\text{AN/PROG}}(t)$ ermittelbar sind. Wegen der höheren Genauigkeit kurzfristiger Prognosen, werden vorteilhaft Wetter-Prognosedaten $\text{PROG}_{\text{DAT}}(t)$ für einen Prognosezeitraum von weniger als zwei Tagen verwendet.

35

Vorteilhaft wird als Wetterprognosemodell NWP das sogenannte „Integrated Forecast System“ (IFS) des ECMWF („European Centre for Medium-Range Weather Forecasts“)

verwendet. Natürlich sind andere Wetterprognosemodelle vom Erfindungsgedanken mit umfasst.

5 In dem vierten Schritt erfolgt das Ermitteln der Höhenabweichung $\Delta z(t) = z_{\text{GNSS}}(t) - z_{\text{AN/PROG}}(t)$ und/oder das Ermitteln der Druckabweichung $\Delta p(t) = p_{\text{AC}}(t) - p_{\text{AN/PROG}}(t)$.

10 In dem fünften Schritt erfolgt das Ermitteln der über einen Zeitraum Δt gemittelten Höhenabweichung Δz^* aus $\Delta z(t) = z_{\text{GNSS}}(t) - z_{\text{AN/PROG}}(t)$ und/oder das Ermitteln der über den Zeitraum Δt gemittelten Druckabweichung Δp^* aus $\Delta p(t) = p_{\text{AC}}(t) - p_{\text{AN/PROG}}(t)$, wobei ein Fehler des Druckmesssystems dann als erkannt gilt, wenn die gemittelte Höhenabweichung $|\Delta z^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert G1 ist, oder sofern die gemittelte Druckabweichung $|\Delta p^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert G2 ist.

15 Die Höhenabweichung Δz^* ergibt sich vorteilhaft bspw. als Mittelwert $\langle \Delta z(t) \rangle$ oder als Differenz der Mittelwerte $\langle z_{\text{GNSS}}(t) \rangle - \langle z_{\text{AN/PROG}}(t) \rangle$ für den Zeitraum Δt . Analog ergibt sich die Druckabweichung Δp^* bspw. als Mittelwert $\langle \Delta p(t) \rangle$ oder als Differenz der Mittelwerte $\langle p_{\text{AC}}(t) \rangle - \langle p_{\text{AN/PROG}}(t) \rangle$. Vorteilhaft erfolgt die jeweilige Mittelwertbildung nur für Flugabschnitte mit einer konstanten Flughöhe und Fluggeschwindigkeit. Weiterhin
20 vorteilhaft werden auf diesen Flugabschnitten keine Flugmanöver, wie bspw. Kurvenflüge, durchgeführt. Der Zeitraum Δt wird vorteilhaft aus dem Bereich [1 min, 10 h] gewählt, er beträgt vorteilhaft 10 min, 20 min, 30 min, 1 h, 2 h, 3 h, 4 h oder 5 h. Vorteilhaft werden für diesen Zeitraum Δt gleitende Mittelwerte ermittelt. Der Mittelwert kann auf verschiedenste Arten ermittelt werden. So kann der Mittelwert beispielsweise ein Median, ein
25 arithmetisches Mittel, ein geometrisches Mittel, ein harmonisches Mittel, ein quadratisches Mittel oder ein kubisches Mittel etc. sein. Der Mittelwert kann weiterhin gewichtet sein.

Bereits heute ist es mit dem vorgeschlagenen Verfahren möglich, auf Basis der Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder der Wetter-Prognosedaten PROG_{DAT} eines numerischen
30 Wetterprognosemodells NWP die Druck- und Höhenmessungen an einem Fluggerät im Bereich der global verfügbaren Wetterdaten mit einer Genauigkeit von besser als ± 10 m oder ± 30 Fuß im 95%-Vertrauensintervall zu verifizieren.

35 Das vorgeschlagene Verfahren ermöglicht die Überwachung der Funktion und der Genauigkeit des Druckmesssystems im Flugbetrieb. Die Ergebnisse dieser Überwachung

können sowohl im Fluggerät ausgegeben werden und/oder an eine Bodenstation übertragen und dort ausgegeben werden.

5 Eine vorteilhafte Weiterbildung des vorgeschlagenen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass sofern die Höhenabweichung $|\Delta z(t)|$ oder $|\Delta z^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert $G1$ ist, oder sofern die Druckabweichung $|\Delta p(t)|$ oder $|\Delta p^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert $G2$ ist, ein Warnsignal erzeugt wird. Dieses Warnsignal ist vorteilhaft ein elektrisches Warnsignal, das insbesondere eine Ausgabe einer optisch, haptisch und/oder akustisch wahrnehmbaren Warnung triggern
10 kann.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird das Warnsignal an Bord des Fluggeräts als optisches, haptisches und/oder akustisches Warnsignal ausgegeben, und/oder an eine Bodenstelle übermittelt, um dort weiterverarbeitet und/oder als
15 optisches, haptisches und/oder akustisches Warnsignal ausgegeben zu werden.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass basierend auf der Höhenabweichung $\Delta z(t)$ oder Δz^* und/oder der Druckabweichung $\Delta p(t)$ oder Δp^* eine Kalibrierung des Druckmesssystems, vorteilhaft eine automatisierte
20 Selbstkalibrierung des Druckmesssystems durchführt wird. Die Kalibrierung des Druckmesssystems erfolgt beispielsweise nach einem Flug für den die entsprechenden Daten ermittelt wurden. Vorteilhaft erfolgt eine automatische Selbstkalibrierung des Druckmesssystems während eines Fluges. Vorteilhaft wird dabei die automatische Selbstkalibrierung dann getriggert, wenn die gemittelte Höhenabweichung $|\Delta z^*|$ größer
25 oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert $G3$ ist, oder sofern die gemittelte Druckabweichung $|\Delta p^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert $G4$ ist. Durch die Selbstkalibrierung wird die Genauigkeit der vom Druckmesssystem ermittelten Größen während des Fluges robuster.

30 Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass auf Basis eines elektrischen Zustands $ZUST_{\text{elek}}(t)$ des Druckmesssystems sowie auf Basis einer oder mehrerer der Größen: $\Delta z(t)$, $z_{AC}(t)$, $z_{GNSS}(t)$, $z_{AN/PROG}(t)$, $\Delta p(t)$, $p_{AC}(t)$, $p_{AN/PROG}(t)$, Gesamtdruck $p_{\text{stau}}(t)$, Staupunkttemperatur $T_{\text{stau}}(t)$ sowie ggf. weiterer Größen eine automatisierte Auswertung beispielsweise hinsichtlich eines Sensorfehlers, eines
35 elektrischen Fehlers, oder eines Leitungsbruchs/Leckage einer Druckleitung des

Druckmesssystems erfolgt. Wird bei der Auswertung einer der vorstehend beschriebenen Fehler ermittelt, wird dieser vorteilhaft entsprechend optisch und/oder akustisch spezifisch ausgegeben, d.h. je nach Art des Fehlers wird ein Sensorfehler oder ein elektrischer Fehler oder ein Leitungsbruch im Druckmesssystem vorteilhaft im Fluggerät und/oder an
5 einer mit dem Fluggerät in Verbindung stehenden Bodeneinheit angezeigt.

Vorteilhaft wird bei einer Kalibrierung des Druckmesssystems, insbesondere bei der automatisierten Selbstkalibrierung des Druckmesssystems, ein Zustand ZUST(t) des Fluggeräts berücksichtigt. Hierzu wird der Zustand ZUST(t) des Fluggeräts mittels
10 entsprechender Sensoren erfasst und bereitgestellt. Der Begriff „Zustand des Fluggeräts“ wird vorliegend weit gefasst verstanden. Er umfasst insbesondere den aerodynamischen Zustand sowie den mechanischen Konfigurationszustand des Fluggeräts.

Vorteilhaft wird der Zustand ZUST(t) des Fluggeräts durch eine oder mehrere der
15 folgenden Größen bestimmt: Machzahl, Anstellwinkel, Gierwinkel, Rollwinkel, Gewicht des Fluggeräts, Konfiguration des Fluggeräts hinsichtlich seiner äußeren Form (beispielsweise durch temporär vorhandene Außenanbauten am Fluggerät, wie Antennen, aerodynamische Verkleidungen für Messsysteme (Radar, LIDAR etc.)), Klappenstellung, und/oder Fahrwerksstellung. Die Konfiguration des Fluggeräts hinsichtlich seiner äußeren
20 Form kann beispielsweise in Form von vorgegebenen bzw. abgespeicherten Kennzahlen berücksichtigt werden.

Das vorgeschlagene Verfahren hat folgende Vorteile. Das vorgeschlagene Verfahren erlaubt die Aussage, ob die Kalibrierung des Druckmesssystems in vorgegebenen
25 Grenzen liegt oder ob sie korrigiert werden muss. Das vorgeschlagene Verfahren ermöglicht weiterhin eine Kalibrierung des Druckmesssystems als Funktion der vorstehend angegebenen Parameter sowohl während des Flugbetriebs als auch nach bzw. vor weiteren Flugeinsätzen. Das Verfahren ermöglicht insbesondere eine permanente Qualitätsüberwachung des Druckmesssystems im operationellen Flugbetrieb.
30 So kann durch das Verfahren während des gesamten Fluges über alle Höhenbereiche die Funktion des barometrischen Höhenmessers überprüft werden. Die Überprüfung kann zeitgleich auch am Boden erfolgen oder das Überwachungsergebnis kann an eine entsprechende Bodenstelle übertragen werden. So kann beispielsweise die Luftaufsicht (Flugverkehrskontrolle) darüber informiert werden, dass die Höhenangaben des
35 Fluggeräts unzuverlässig sind, so dass entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden

können. Die für das Verfahren benötigten numerischen Daten (Analysedaten AN_{DAT} / Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}(t)$) stehen derzeit zumindest alle 12 Stunden aufgrund von Wettervorhersagen auch für Tage voraus, also auch für den Zeitraum eines bevorstehenden Fluges und rechtzeitig vor dem Start, zur Verfügung.

5

Diese Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}(t)$ können vor dem Start am Boden aus einem Datennetz auf einen Rechner an Bord des Fluggeräts und/oder einen Rechner eines Fluglotsen am Boden geladen werden. Vorteilhaft werden die Messdaten des Druckmesssystems: $z_{AC}(t)$ und/oder $p_{AC}(t)$ und des Satellitennavigationssystems:

10

$POS_{GNSS}(t)$, $z_{GNSS}(t)$ online an eine Bodenstelle übermittelt und stehen dort für eine entsprechende Auswertung, wie vorstehend beschrieben, zur Verfügung. Somit kann sowohl im Fluggerät als auch an einer geeigneten Bodenstelle ermittelt werden, beispielsweise wie groß die Abweichung $\Delta z(t)$ zwischen der vom

15

Satellitennavigationssystem gemessenen Höhe $z_{GNSS}(t)$ und der auf Basis von Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}(t)$ vorhergesagten und/oder der auf Basis der Wetter-Analysedaten AN_{DAT} ermittelten Höhe $z_{AN,PROG}(t)$ ist, sodass entsprechende Schlussfolgerungen gezogen und erforderlichenfalls Maßnahmen eingeleitet werden können.

20

Durch das vorgeschlagene Verfahren werden die in der Beschreibungseinleitung angeführten Nachteile der heute bekannten Verfahren zur Fehlererkennung in einem barometrischen Druckmesssystem eines Fluggeräts vermieden. So sind insbesondere keine zusätzlichen Flüge, keine speziellen Messeinbauten, und keine Dienstleistungen eines Navigationsdienstleisters erforderlich.

25

Bedarf an dem vorgeschlagenen Verfahren für Kalibrierungen von Druckmesssystemen gibt es bei Herstellern von Fluggeräten aller Art. Bei der Entwicklung neuer Fluggerätetypen werden im Rahmen der Flugerprobung zahlreiche Erprobungsflüge für vielerlei Zwecke durchgeführt. Das vorgestellte Verfahren kann hierbei zur

30

Qualitätsüberwachung und unabhängigen Prüfung des Druckmesssystems des Fluggeräts eingesetzt werden. Bei der Modifikation von Fluggeräten, bei der Reparatur beschädigter Fluggeräte, bei der Neuzulassung eines Fluggeräts mit Anbauten, oder bei sonstigen Veränderungen der aerodynamischen Eigenschaften eines Fluggeräts ist das hier beschriebene Verfahren besonders kostengünstig, einfach und operationell

35

anwendbar. Dies gilt insbesondere auch für Fluggeräte mit extremen Einsatzbereichen

(Flughöhen und Geschwindigkeiten), bei denen entsprechende Flugversuche wegen fehlender Beobachter an Bord oder andere Vergleichsmöglichkeiten schwierig sind.

5 Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung eines Fehlers eines an Bord eines Fluggeräts angeordneten barometrischen Druckmesssystems, das zur Ermittlung eines statischen Druckes $p_{AC}(t)$ und/oder einer Druckhöhe $z_{AC}(t)$ eingerichtet und ausgeführt ist.

10 Die Vorrichtung umfasst ein an Bord des Fluggeräts angeordnetes Satellitennavigationssystem GNSS zur Ermittlung einer aktuellen Position $POS_{GNSS}(t)$ und einer Höhe $z_{GNSS}(t)$ des Fluggeräts in einem geodätischen Referenzsystem zur Zeit t ; eine Schnittstelle zur Bereitstellung von Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ eines numerischen Wetterprognosemodells NWP für die Position $POS_{GNSS}(t)$ und Höhe $z_{GNSS}(t)$; sowie eine Auswerteeinheit zur Ermittlung einer
 15 zum statischen Druck $p_{AC}(t)$ in den Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ zugeordneten geopotentiellen Höhe $z_{AN/PROG}(t)$, und/oder zur Ermittlung eines zur Höhe $z_{GNSS}(t)$ in den Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ zugeordneten statischen Drucks $p_{AN/PROG}(t)$; wobei die Auswerteeinheit weiterhin zur Ermittlung der Höhenabweichung $\Delta z(t) = z_{GNSS}(t) -$
 20 $z_{AN/PROG}(t)$ und/oder der Druckabweichung $\Delta p(t) = p_{AC}(t) - p_{AN/PROG}(t)$ sowie zur Ermittlung einer über einen Zeitraum Δt gemittelten Höhenabweichung Δz^* aus $\Delta z(t) = z_{GNSS}(t) - z_{AN/PROG}(t)$ und/oder zur Ermittlung einer über den Zeitraum Δt gemittelten Druckabweichung Δp^* aus $\Delta p(t) = p_{AC}(t) - p_{AN/PROG}(t)$ eingerichtet und ausgeführt ist. Schließlich weist die Vorrichtung eine Vergleichereinheit auf, die einen Fehler des
 25 Druckmesssystems dann als erkannt feststellt, wenn die gemittelte Höhenabweichung $|\Delta z^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert $G1$ ist, oder sofern die gemittelte Druckabweichung $|\Delta p^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert $G2$ ist, und die, sofern ein Fehler erkannt ist, ein Warnsignal erzeugt.

30 Die Vorrichtung ist insbesondere zur Ausführung eines Verfahrens, wie vorstehend beschrieben ausgeführt und eingerichtet.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass das Druckmesssystem zur automatisierten Selbstkalibrierung des Druckmesssystems auf
 35 Basis der ermittelten Höhenabweichungen $\Delta z(t)$ oder Δz^* und/oder der ermittelten

Druckabweichungen $\Delta p(t)$ oder Δp^* ausgeführt und eingerichtet ist, wobei diese Selbstkalibrierung durchgeführt wird, wenn von der Vergleichereinheit ein Fehler erkannt wurde und/oder das Warnsignal empfangen wurde.

- 5 Die Schnittstelle, die Auswerteeinheit und die Vergleichereinheit sind in einer Ausführungsform der vorgeschlagenen Vorrichtung an Bord des Fluggeräts angeordnet. Die Schnittstelle ist vorteilhaft mit einem Empfänger verbunden, der zum drahtlosen Empfang der Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ ausgeführt und eingerichtet ist. Die Schnittstelle ist vorteilhaft mit einer Speichereinheit
10 verbunden, auf der die Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ speicherbar sind. Weiterhin vorteilhaft ist eine Kommunikationseinheit vorhanden, die das erzeugte Warnsignal und/oder die Größen: $z_{GNSS}(t)$ und/oder $p_{AC}(t)$ und/oder $\Delta z(t)$ und/oder $\Delta p(t)$ an eine Bodenstelle übermittelt. Vorteilhaft wird an der Bodenstelle nach
15 Empfang des Warnsignals eine optisch, akustisch und/oder haptisch wahrnehmbare Warnung ausgegeben.

- Vorteilhaft umfasst die Vorrichtung weiterhin eine Zustandserfassungseinheit, die einen Zustand $ZUST(t)$ des Fluggeräts ermittelt, wobei das Druckmesssystem die automatisierte Selbstkalibrierung abhängig vom Zustand $ZUST(t)$ des Fluggeräts durchführt. Hierzu
20 verfügt die Zustandserfassungseinheit über entsprechende Sensoren. Diese Sensoren sind derart ausgeführt, dass eine oder mehrere der folgenden Größen bestimmt werden können: Machzahl, Anstellwinkel, Gierwinkel, Rollwinkel, Gewicht des Fluggeräts, Schwerpunktslage, Klappenstellung, und/oder Fahrwerksstellung. Weiterhin ist die Zustandserfassungseinheit mit einer Speichereinheit verbunden, auf der die äußere
25 aerodynamisch wirksame (Außen-)Form des Flugkörpers gegebenenfalls in Form von Merkmalen oder einer entsprechenden Kodierung abgespeichert ist. Mit der Außenform werden beispielsweise aerodynamisch wirksame Anbauten, Tankbehälter, Radome, Antennenanbauten etc. erfasst und somit bei der Kalibrierung des Druckmesssystems berücksichtigt.

- 30 Vorteile und vorteilhafte Weiterbildungen der vorgeschlagenen Vorrichtung ergeben sich durch eine analoge und sinngemäße Übertragung der in Zusammenhang mit dem beschriebenen Verfahren gemachten Ausführungen. Hierzu wird auf die vorangehenden Teile der Beschreibung verwiesen.

35

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Fluggerät mit einer vorgeschlagenen Vorrichtung.

Die Aufgabe der Erfindung ist weiterhin gelöst durch ein Computersystem mit einer Datenverarbeitungsvorrichtung, wobei die Datenverarbeitungsvorrichtung derart
5 ausgestaltet ist, dass ein Verfahren, wie vorstehend beschrieben, auf der Datenverarbeitungsvorrichtung ausgeführt wird.

Zudem wird die Aufgabe der Erfindung gelöst durch ein digitales Speichermedium mit elektronisch auslesbaren Steuersignalen, wobei die Steuersignale so mit einem
10 programmierbaren Computersystem zusammenwirken können, dass ein Verfahren, wie vorstehend beschrieben, ausgeführt wird.

Ferner wird die Aufgabe der Erfindung gelöst durch ein Computer-Programm-Produkt mit auf einem maschinenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode zur Durchführung
15 des Verfahrens, wie vorstehend beschrieben, wenn der Programmcode auf einer Datenverarbeitungsvorrichtung ausgeführt wird.

Schließlich betrifft die Erfindung ein Computer-Programm mit Programmcodes zur Durchführung des Verfahrens, wie vorstehend beschrieben, wenn das Programm auf
20 einer Datenverarbeitungsvorrichtung abläuft. Dazu kann die Datenverarbeitungsvorrichtung als ein beliebiges aus dem Stand der Technik bekanntes Computersystem ausgestaltet sein.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden
25 Beschreibung, in der – gegebenenfalls unter Bezug auf die Zeichnung – zumindest ein Ausführungsbeispiel im Einzelnen beschrieben ist. Gleiche, ähnliche und/oder funktionsgleiche Teile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Es zeigen:

30
Fig. 1 ein schematisiertes Ablaufschema einer Variante des vorgeschlagenen Verfahrens,
Fig. 2 einen schematisierten Aufbau einer Variante der vorgeschlagenen Vorrichtung,

35

Fig. 1 zeigt ein schematisiertes Ablaufschema einer Variante des vorgeschlagenen Verfahrens zur Bestimmung eines Fehlers eines an Bord eines Fluggeräts angeordneten barometrischen Druckmesssystems. Das Verfahren umfasst folgende Schritte.

5 In einem ersten Schritt **101** erfolgt ein Ermitteln einer aktuellen Position $POS_{GNSS}(t)$ und einer Höhe $z_{GNSS}(t)$ des Fluggeräts in einem geodätischen Referenzsystem zur Zeit t mittels eines an Bord des Fluggeräts angeordneten Satellitennavigationssystems GNSS.

10 In einem zweiten Schritt **102** erfolgt mittels des Druckmesssystems ein Ermitteln eines statischen Druckes $p_{AC}(t)$ und/oder einer Druckhöhe $z_{AC}(t)$.

15 In einem dritten Schritt **103** erfolgt für die Position $POS_{GNSS}(t)$ in bereitgestellten Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder in bereitgestellten Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ eines numerischen Wetterprognosemodells NWP ein Ermitteln einer zum statischen Druck $p_{AC}(t)$ zugeordneten geopotentiellen Höhe $z_{AN/PROG}(t)$, und/oder für die Position $POS_{GNSS}(t)$ in den bereitgestellten Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder in den bereitgestellten Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ des numerischen Wetterprognosemodells NWP ein Ermitteln eines zur Höhe $z_{GNSS}(t)$ zugeordneten statischen Drucks $p_{AN/PROG}(t)$.

20 In einem vierten Schritt **104** erfolgt ein Ermitteln der Höhenabweichung $\Delta z(t) = z_{GNSS}(t) - z_{AN/PROG}(t)$ und/oder ein Ermitteln der Druckabweichung $\Delta p(t) = p_{AC}(t) - p_{AN/PROG}(t)$.

25 In einem fünften Schritt **105** erfolgt ein Ermitteln einer über einen Zeitraum Δt gemittelten Höhenabweichung Δz^* aus $\Delta z(t) = z_{GNSS}(t) - z_{AN/PROG}(t)$ und/oder ein Ermitteln einer über den Zeitraum Δt gemittelten Druckabweichung Δp^* aus $\Delta p(t) = p_{AC}(t) - p_{AN/PROG}(t)$, wobei ein Fehler des Druckmesssystems dann als erkannt gilt, wenn die gemittelte Höhenabweichung $|\Delta z^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert $G1$ ist, oder sofern die gemittelte Druckabweichung $|\Delta p^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert $G2$ ist.

30 In einem sechsten Schritt **106** erfolgt ein Erzeugen eines Warnsignals sofern ein Fehler erkannt ist.

35 **Fig. 2** zeigt einen schematisierten Aufbau einer Variante der vorgeschlagenen Vorrichtung zur Bestimmung eines Fehlers eines an Bord eines Fluggeräts angeordneten

barometrischen Druckmesssystems, das einen statischen Druck $p_{AC}(t)$ und/oder eine Druckhöhe $z_{AC}(t)$ ermittelt. Die Vorrichtung umfasst ein Satellitennavigationssystem **201** GNSS zur Ermittlung einer aktuellen Position $POS_{GNSS}(t)$ und einer Höhe $z_{GNSS}(t)$ des Fluggeräts in einem geodätischen Referenzsystem zur Zeit t , eine Schnittstelle **202** mittels
5 der Analysedaten AN_{DAT} oder Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ eines numerischen Wetterprognosemodells NWP für die Position $POS_{GNSS}(t)$ und Höhe $z_{GNSS}(t)$ bereitgestellt werden, eine Auswerteeinheit **203** zur Ermittlung einer zum statischen Druck $p_{AC}(t)$ in den Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ zugeordneten geopotentiellen Höhe $z_{AN/PROG}(t)$, und/oder zur Ermittlung eines zur Höhe $z_{GNSS}(t)$ in den
10 Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ zugeordneten statischen Drucks $p_{AN/PROG}(t)$; wobei die Auswerteeinheit weiterhin zur Ermittlung der Höhenabweichung $\Delta z(t) = z_{GNSS}(t) - z_{AN/PROG}(t)$ und/oder der Druckabweichung $\Delta p(t) = p_{AC}(t) - p_{AN/PROG}(t)$ sowie zur Ermittlung einer über einen Zeitraum Δt gemittelten Höhenabweichung Δz^* aus $\Delta z(t) = z_{GNSS}(t) - z_{AN/PROG}(t)$ und/oder zur Ermittlung einer über
15 den Zeitraum Δt gemittelten Druckabweichung Δp^* aus $\Delta p(t) = p_{AC}(t) - p_{AN/PROG}(t)$ eingerichtet und ausgeführt ist; und eine Vergleichereinheit **204**, die einen Fehler des Druckmesssystems dann als erkannt feststellt, wenn die gemittelte Höhenabweichung $|\Delta z^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert $G1$ ist, oder sofern die gemittelte Druckabweichung $|\Delta p^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert $G2$ ist, und
20 die, sofern ein Fehler erkannt ist, ein Warnsignal erzeugt.

Obwohl die Erfindung im Detail durch bevorzugte Ausführungsbeispiele näher illustriert und erläutert wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden,
25 ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen. Es ist daher klar, dass eine Vielzahl von Variationsmöglichkeiten existiert. Es ist ebenfalls klar, dass beispielhaft genannte Ausführungsformen wirklich nur Beispiele darstellen, die nicht in irgendeiner Weise als Begrenzung etwa des Schutzbereichs, der Anwendungsmöglichkeiten oder der Konfiguration der Erfindung aufzufassen sind. Vielmehr versetzen die vorhergehende
30 Beschreibung und die Figurenbeschreibung den Fachmann in die Lage, die beispielhaften Ausführungsformen konkret umzusetzen, wobei der Fachmann in Kenntnis des offenbarten Erfindungsgedankens vielfältige Änderungen beispielsweise hinsichtlich der Funktion oder der Anordnung einzelner, in einer beispielhaften Ausführungsform genannter Elemente vornehmen kann, ohne den Schutzbereich zu verlassen, der durch

die Ansprüche und deren rechtliche Entsprechungen, wie etwa weitergehenden Erläuterung in der Beschreibung, definiert wird.

Bezugszeichenliste

5	101 – 106	Verfahrensschritte
	201	Satellitennavigationssystem GNSS
	202	Schnittstelle
	203	Auswerteeinheit
	204	Vergleichereinheit
10		

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung eines Fehlers eines an Bord eines Fluggeräts angeordneten barometrischen Druckmesssystems, mit folgenden Schritten:
 - Ermitteln (101) einer aktuellen Position $POS_{GNSS}(t)$ und einer Höhe $z_{GNSS}(t)$ des Fluggeräts in einem geodätischen Referenzsystem zur Zeit t mittels eines an Bord des Fluggeräts angeordneten Satellitennavigationssystems GNSS;
 - mittels des Druckmesssystems Ermitteln (102) eines statischen Druckes $p_{AC}(t)$ und/oder einer Druckhöhe $z_{AC}(t)$,
 - für die Position $POS_{GNSS}(t)$ in bereitgestellten Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder in bereitgestellten Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ eines numerischen Wetterprognosemodells NWP Ermitteln (103) einer zum statischen Druck $p_{AC}(t)$ zugeordneten geopotentiellen Höhe $z_{AN/PROG}(t)$, und/oder für die Position $POS_{GNSS}(t)$ in den bereitgestellten Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder in den bereitgestellten Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ des numerischen Wetterprognosemodells NWP Ermitteln (103) eines zur Höhe $z_{GNSS}(t)$ zugeordneten statischen Drucks $p_{AN/PROG}(t)$;
 - Ermitteln (104) der Höhenabweichung $\Delta z(t) = z_{GNSS}(t) - z_{AN/PROG}(t)$ und/oder Ermitteln (104) der Druckabweichung $\Delta p(t) = p_{AC}(t) - p_{AN/PROG}(t)$;
 - Ermitteln (105) einer über einen Zeitraum Δt gemittelten Höhenabweichung Δz^* aus $\Delta z(t) = z_{GNSS}(t) - z_{AN/PROG}(t)$ und/oder Ermitteln (105) einer über den Zeitraum Δt gemittelten Druckabweichung Δp^* aus $\Delta p(t) = p_{AC}(t) - p_{AN/PROG}(t)$, wobei ein Fehler des Druckmesssystems dann als erkannt gilt, wenn die gemittelte Höhenabweichung $|\Delta z^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert $G1$ ist, oder sofern die gemittelte Druckabweichung $|\Delta p^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert $G2$ ist; und
 - Erzeugen (106) eines Warnsignals sofern ein Fehler erkannt ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das erzeugte Warnsignal an Bord des Fluggeräts eine optisch, akustisch und/oder haptische wahrnehmbare Ausgabe des Warnsignals triggert, und/oder das erzeugte Warnsignal an eine Bodenstelle übermittelt wird, um dort weiterverarbeitet

und/oder eine optisch, akustisch und/oder haptische wahrnehmbare Ausgabe des Warnsignals zu triggern.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
bei dem das geodätische Referenzsystem das WGS84-Referenzsystem mit dem Gravitationsmodell WGS84 oder EGM2008, oder das ETRS89-Referenzsystem ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
bei dem das Satellitennavigationssystem GNSS ein differenzielles Satellitennavigationssystem ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
bei dem das Druckmesssystem bei einem erkannten Fehler eine automatisierte Selbstkalibrierung des Druckmesssystems durchführt.
6. Verfahren nach Anspruch 5,
bei dem bei der automatisierten Selbstkalibrierung des Druckmesssystems ein ermittelter Zustand $ZUST(t)$ des Fluggeräts berücksichtigt wird, wobei der Zustand $ZUST(t)$ des Fluggeräts durch eine oder mehrere der folgenden Größen bestimmt wird:
 - Machzahl,
 - Anstellwinkel,
 - Gierwinkel,
 - Rollwinkel,
 - Gewicht des Fluggeräts,
 - Schwerpunktlage,
 - Konfiguration des Fluggeräts,
 - Klappenstellung,
 - Fahrwerksstellung.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
bei dem das numerische Wetterprognosemodell NWP
 - Modelldruckflächen p_k aufweist, für die zunächst Prognosedaten $PROG_{RAWDAT}(t)$ vorliegen, und wobei zur Ermittlung der Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}(t)$ die Prognosedaten $PROG_{RAWDAT}(t)$ linear in der Zeit t und in geographischen

Koordinaten und logarithmisch im Druckfeld des Wetterprognosemodell NWP hinsichtlich der Position $POS_{GNSS}(t)$ des Fluggeräts zwischen Modell-Halbdrukflächen $p_{k+1/2} = a_{k+1/2} + b_{k+1/2} \cdot p_{sfc}$ interpoliert werden, mit: $k = 0, \dots, K$; $p_{k+1/2} = 0$ für $k=0$; p_{sfc} : statischer Druck am Boden für $k=K$; und $a_{k+1/2}$, $b_{k+1/2}$ konstante Koeffizienten;

- eine von der Position POS und Höhe h abhängige Erdbeschleunigung g berücksichtigt; und
- eine Geoid-Undulation berücksichtigt.

8. Vorrichtung zur Bestimmung eines Fehlers eines an Bord eines Fluggeräts angeordneten barometrischen Druckmesssystems, das einen statischen Druck $p_{AC}(t)$ und/oder eine Druckhöhe $z_{AC}(t)$ ermittelt, umfassend:
 - Satellitennavigationssystem (201) GNSS zur Ermittlung einer aktuellen Position $POS_{GNSS}(t)$ und einer Höhe $z_{GNSS}(t)$ des Fluggeräts in einem geodätischen Referenzsystem zur Zeit t,
 - eine Schnittstelle (202) mittels der Analysedaten AN_{DAT} oder Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ eines numerischen Wetterprognosemodells NWP für die Position $POS_{GNSS}(t)$ und Höhe $z_{GNSS}(t)$ bereitgestellt werden,
 - eine Auswerteeinheit (203) zur Ermittlung einer zum statischen Druck $p_{AC}(t)$ in den Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ zugeordneten geopotentiellen Höhe $z_{AN/PROG}(t)$, und/oder zur Ermittlung eines zur Höhe $z_{GNSS}(t)$ in den Wetter-Analysedaten AN_{DAT} oder Wetter-Prognosedaten $PROG_{DAT}$ zugeordneten statischen Drucks $p_{AN/PROG}(t)$; wobei die Auswerteeinheit weiterhin zur Ermittlung der Höhenabweichung $\Delta z(t) = z_{GNSS}(t) - z_{AN/PROG}(t)$ und/oder der Druckabweichung $\Delta p(t) = p_{AC}(t) - p_{AN/PROG}(t)$ sowie zur Ermittlung einer über einen Zeitraum Δt gemittelten Höhenabweichung Δz^* aus $\Delta z(t) = z_{GNSS}(t) - z_{AN/PROG}(t)$ und/oder zur Ermittlung einer über den Zeitraum Δt gemittelten Druckabweichung Δp^* aus $\Delta p(t) = p_{AC}(t) - p_{AN/PROG}(t)$ eingerichtet und ausgeführt ist; und
 - eine Vergleichereinheit (204), die einen Fehler des Druckmesssystems dann als erkannt feststellt, wenn die gemittelte Höhenabweichung $|\Delta z^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert G1 ist, oder sofern die gemittelte Druckabweichung $|\Delta p^*|$ größer oder gleich einem vorgegebenen Grenzwert G2 ist, und die, sofern ein Fehler erkannt ist, ein Warnsignal erzeugt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
bei dem das Druckmesssystem derart ausgeführt und eingerichtet ist, dass es bei einem erkannten Fehler basierend auf gemittelten der Höhenabweichung Δz^* und/oder der gemittelten Druckabweichung Δp^* eine automatisierte Selbstkalibrierung des Druckmesssystems durchführt.
10. Fluggerät mit einer Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9.

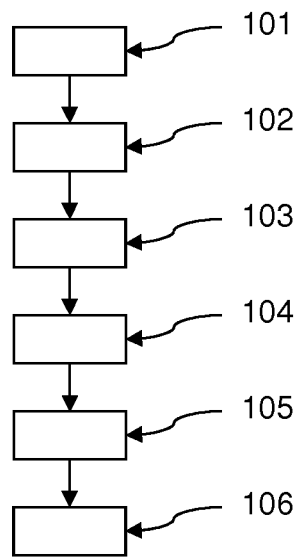


Fig. 1

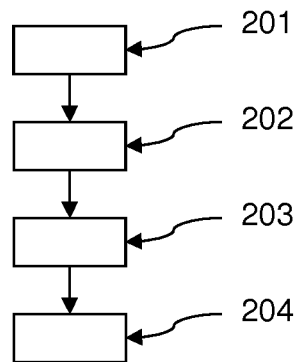


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/053300

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01S19/42
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01S G01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 735 542 B1 (BURGETT SCOTT [US] ET AL) 11 May 2004 (2004-05-11) column 4, line 44 - column 15, line 13 figures 1-5	1-10
A	----- WO 98/43045 A1 (HEDRICK GEOFFREY S M [US]) 1 October 1998 (1998-10-01) pages 3-8 figure 1	1-10
A	----- EP 2 778 604 A1 (EXELIS INC [US]) 17 September 2014 (2014-09-17) paragraphs [0009] - [0012], [0014] - [0048] figures 1-6 ----- -/-	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 June 2017

Date of mailing of the international search report

20/06/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kruck, Peter

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/053300

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ZALIVA VADIM ET AL: "Barometric and GPS altitude sensor fusion", 2014 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP), IEEE, 4 May 2014 (2014-05-04), pages 7525-7529, XP032617997, DOI: 10.1109/ICASSP.2014.6855063 [retrieved on 2014-07-11] the whole document -----	1-10
A	BLANCHARD R L: "A New Algorithm for Computing Inertial Altitude and Vertical Velocity", IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. AES-10, no. 6, 1 November 1971 (1971-11-01), pages 1143-1146, XP011167861, ISSN: 0018-9251 the whole document -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/053300

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6735542	B1	11-05-2004	NONE

WO 9843045	A1	01-10-1998	DE 69818813 D1 13-11-2003
			EP 0974039 A1 26-01-2000
			JP 3682980 B2 17-08-2005
			JP 2001522456 A 13-11-2001
			US 5940035 A 17-08-1999
			WO 9843045 A1 01-10-1998
			WO 9843107 A1 01-10-1998

EP 2778604	A1	17-09-2014	AU 2014201330 A1 02-10-2014
			CA 2845344 A1 15-09-2014
			EP 2778604 A1 17-09-2014
			US 2014278182 A1 18-09-2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01S19/42
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01S G01C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 735 542 B1 (BURGETT SCOTT [US] ET AL) 11. Mai 2004 (2004-05-11) Spalte 4, Zeile 44 - Spalte 15, Zeile 13 Abbildungen 1-5	1-10
A	----- WO 98/43045 A1 (HEDRICK GEOFFREY S M [US]) 1. Oktober 1998 (1998-10-01) Seiten 3-8 Abbildung 1	1-10
A	----- EP 2 778 604 A1 (EXELIS INC [US]) 17. September 2014 (2014-09-17) Absätze [0009] - [0012], [0014] - [0048] Abbildungen 1-6	1-10
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. Juni 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/06/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kruck, Peter

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	ZALIVA VADIM ET AL: "Barometric and GPS altitude sensor fusion", 2014 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP), IEEE, 4. Mai 2014 (2014-05-04), Seiten 7525-7529, XP032617997, DOI: 10.1109/ICASSP.2014.6855063 [gefunden am 2014-07-11] das ganze Dokument -----	1-10
A	BLANCHARD R L: "A New Algorithm for Computing Inertial Altitude and Vertical Velocity", IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. AES-10, Nr. 6, 1. November 1971 (1971-11-01), Seiten 1143-1146, XP011167861, ISSN: 0018-9251 das ganze Dokument -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/053300

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6735542	B1	11-05-2004	KEINE
WO 9843045	A1	01-10-1998	DE 69818813 D1 13-11-2003
			EP 0974039 A1 26-01-2000
			JP 3682980 B2 17-08-2005
			JP 2001522456 A 13-11-2001
			US 5940035 A 17-08-1999
			WO 9843045 A1 01-10-1998
			WO 9843107 A1 01-10-1998
EP 2778604	A1	17-09-2014	AU 2014201330 A1 02-10-2014
			CA 2845344 A1 15-09-2014
			EP 2778604 A1 17-09-2014
			US 2014278182 A1 18-09-2014