

(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  
31. Mai 2012 (31.05.2012)



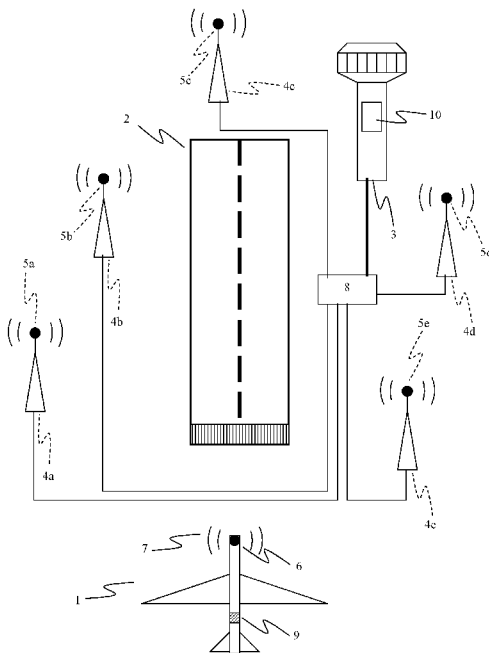
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/069629 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert (74) Anwalt: GRAMM, LINS & PARTNER GBR; Freundallee 13a, 30173 Hannover (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/071027
- (22) Internationales Anmeldedatum: 25. November 2011 (25.11.2011) (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2010 052 474.3 26. November 2010 (26.11.2010) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E.V. [DE/DE]; Linder Höhe, 51147 Köln (DE).
- (72) Erfinder; und (71) Anmelder : MEISSNER, Ute Marita [DE/DE]; Auenweg 36, 50996 Köln (DE).
- (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HAHN, Klaus-Uwe [DE/DE]; Grauer Hof 7c, 38176 Wendeburg (DE).
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FLIGHT GUIDANCE SYSTEM

(54) Bezeichnung : FLUGFÜHRUNGSSYSTEM



Figur 1

(57) Abstract: The invention relates to a flight guidance system for the flight support of an aircraft (1), said system comprising a plurality of fixed ground stations (4a to 4e) respectively comprising a transmitting and/or receiving unit (5a to 5e), and at least one transmitting and/or receiving unit (6) that is arranged on the aircraft (1), the transmitting units being set up to send position signals (7) and the receiving units being set up to receive said position signals (7). The flight guidance system comprises at least one position determination unit (9, 10) that is connected to at least some of the transmitting and/or receiving units (5a to 5e, 6, 6a to 6e) and set up to determine locations of the transmitting and/or receiving unit (6) arranged on the aircraft, according to the position signals (7) that are sent by the fixed transmitting units and received by the at least one receiving unit arranged on the aircraft and/or sent by the at least one transmitting unit arranged on the aircraft and received by the fixed receiving units. The flight guidance system is designed for flight support of the aircraft according to the determined locations.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Flugführungssystem zur Flugunterstützung eines Flugobjektes (1) mit einer Mehrzahl von ortsfesten Bodenstationen 4a bis 4e, die jeweils eine Sende- und/oder Empfangseinheit 5a bis 5e aufweisen, und mit mindestens einer an dem Flugobjekt (1) angeordneten objektfesten Sende- und/oder

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/069629 A2



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*
- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

---

Empfängseinheit (6) wobei die Sendeeinheiten zum Senden von Positionssignalen (7) und die Empfängseinheiten zum Empfangen dieser Positionssignale (7) eingerichtet sind und das Flugführungssystem wenigstens eine mit zumindest einem Teil der Sende- und/oder Empfängseinheiten 5a bis 5e, (6), 6a bis 6e in Verbindung stehende Positionsermittlungseinheit (9, 10) aufweist, die zum Ermitteln von Ortspositionen der objektfesten Sende- und/oder Empfängseinheit (6) in Abhängigkeit von den Positionssignalen (7), die von den ortsfesten Sendeeinheiten gesendet und von der mindestens einen objektfesten Empfängseinheit empfangen wurden und/oder die von der mindestens einen objektfesten Sendeeinheit gesendet und von den ortsfesten Empfängseinheiten empfangen wurde, eingerichtet ist, wobei das Flugführungssystem zur Flugunterstützung des Flugobjektes in Abhängigkeit von den ermittelten Ortspositionen ausgebildet ist.

## Flugführungssystem

- 5 Die Erfindung betrifft ein Flugführungssystem zur Flugunterstützung eines Flugobjektes. Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Verfahren hierzu.

Eine der kritischsten Phasen während eines Fluges sind die Landung und der Start. Von entscheidender Bedeutung ist bei der Landung ist, dass die Position  
10 des Flugzeuges und die Sinkrate derart aufeinander abgestimmt sind, dass das Flugzeug an einer vordefinierten Position auf der Landebahn, Sollaufsetzpunkt genannt, aufsetzt, so dass der Pilot genügend Spielraum hat, um das Flugzeug auszurollen und auf die Taxigeschwindigkeit herunter zu bremsen. Abweichungen von mehreren Metern nach links oder nach rechts sowie zu früher Boden-  
15 kontakt führen dazu, dass das Flugzeug die Landebahn verfehlt und verunglückt. Setzt das Flugzeug dagegen zu spät auf, so besteht die Gefahr, dass das Flugzeug nicht mehr auf die Taxigeschwindigkeit herunter gebremst werden kann und über die Landebahn hinausrollt und ebenfalls verunglückt.

- 20 Während bei guten Wetter- und Sichtbedingungen der Pilot das Flugzeug im Sichtflug sicher landen kann, sind insbesondere bei schlechten Wetterverhältnissen, wie beispielsweise Nebel oder Dunkelheit, zusätzliche Systeme erforderlich, die den Piloten bei der Landung unterstützen. Solche Systeme dienen dabei dazu, dem Piloten einen Weg zum Aufsetzpunkt auf der Landebahn-

schwelle aufzuzeigen, den er aufgrund der äußeren Witterungsverhältnisse selber nicht abschätzen kann.

Seit den Zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts ist beispielsweise das ILS  
5 (instrument landing system) bekannt, welches ein bodenbasiertes Landesystem  
ist und den Piloten insbesondere bei schlechten Witterungsverhältnissen bei  
der Landung unterstützt. Dabei wird mit Hilfe zweier elektromagnetischer Leit-  
strahlen der Kurs angezeigt, dem das Flugzeug folgen muss, um sicher auf der  
Landebahn aufzusetzen. An Bord des Flugzeuges befindet sich ein entspre-  
10 chender Empfänger, der das elektromagnetische Signal empfängt und den ent-  
sprechenden Kurs für den Piloten sichtbar auf einem Display anzeigt. Ein wei-  
teres Landesystem, das in den achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts entwi-  
ckelt wurde, stellt das MLS (microwave landing system) dar. Das System sen-  
det einen zeitlichen horizontal und vertikal abgelenkten Strahl in den Einflugbe-  
15 reich des Flugzeuges.

Neben den beiden oben genannten Landesystemen werden heutzutage bei gu-  
ten Sichtverhältnissen zusätzlich auch Satellitennavigationssysteme eingesetzt,  
um die Ortsposition des Flugzeuges im Raum bestimmen zu können und dies  
20 bei der Landung mit einfließen zu lassen. Satellitennavigationssysteme wie  
GPS (Global Position System), GALILEO, oder GLONASS sind in der Regel  
aber nur auf einige wenige Meter (ein bis drei Meter) genau. Zwar lässt sich  
dieser Fehleranteil mit Hilfe von DGPS (Differential GPS) ansatzweise korrigie-  
ren, indem ein entsprechendes Korrektursignal basierend auf dem von einer  
25 nahegelegenen DGPS-Bodenstation gemessenen Signal ausgesendet wird.  
Allerdings wird auch so nicht die Genauigkeit erreicht, die notwendig ist, damit  
ein Flugzeug präzise auf der Landebahnschwelle aufsetzen kann. Denn hierfür  
ist eine Genauigkeit von wenigen Zentimetern notwendig, da andernfalls die  
Höhe über dem Grund des Luftfahrzeuges nicht hinreichend genau bestimmbar  
30 ist. Ein weiterer Nachteil ist die zu geringe Taktrate, mit der die Signale erneu-  
ert werden und die dadurch keine kontinuierliche Information zur Verfügung

stellen können.

Darüber hinaus ergibt sich bei der Verwendung von Satellitennavigationssystemen der Nachteil, dass die rechtliche Zuordnung des Betreibers problematisch ist. Im Falle eines Ausfalls bzw. eines Fehlers bleibt daher rechtlich die Frage, wer für den entstandenen Schaden haftet. Außerdem sind Satellitennavigationssysteme heutzutage bei schlechter Sicht (Kategorie ICAO-CATIII) zur Landeunterstützung nicht zugelassen.

5  
10 So ist bspw. aus der US 6,469,654 B1 ein Transponder-Landesystem bekannt, bei dem von einer am Boden angeordneten Sendeeinheit ein Signal zum Flugzeug gesendet wird. Dieses Signal wird dann von einem für das Sekundärradar notwendigen Transponder erkannt und zurückgesendet, wobei das zurückgesendete Signal von mehreren am Boden angeordneten Empfängern empfangen  
15 wird. Anhand der Signallaufzeit wird dann die Entfernung bestimmt, wobei so auf die Position des Flugzeuges geschlossen werden kann. Ein ähnliches System offenbart auch die US 5,017,930.

20 Der erhebliche Nachteil beider Systeme besteht jedoch darin, dass die Verarbeitungsgeschwindigkeit des Transponders nicht bekannt ist, so dass dies bei der Ermittlung der Signallaufzeit als Unbekannte verbleibt, was letztlich zu einer erhöhten Ungenauigkeit bei der Ermittlung der Entfernung führt.

### Aufgabe

25

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Flugführungssystem anzugeben, das unter Zugrundelegung einer hoch genauen Ortsposition des Luftfahrzeuges die Flugführung auch bei schlechten Sichtverhältnissen unterstützt.

30

Lösung

Die Aufgabe wird mit dem eingangs genannten Flugführungssystem zur Flugunterstützung eines Flugobjektes gelöst mit einer Mehrzahl von ortsfesten Bodenstationen, die jeweils eine Sende- und/oder Empfangseinheit aufweisen, und mit mindestens einer an dem Flugobjekt angeordneten objektfesten Sende- und/oder Empfangseinheit, wobei die Sendeeinheit zum Senden von Positionssignalen und die Empfangseinheit zum Empfangen dieser Positionssignale eingerichtet sind und das Flugführungssystem wenigstens eine mit zumindest einem Teil der Sende- und/oder Empfangseinheiten in Verbindung stehende Positionsermittlungseinheit aufweist, die zum Ermitteln von Ortspositionen der objektfesten Sende- und/oder Empfangseinheit in Abhängigkeit von den Positionssignalen, die von den ortsfesten Sendeeinheiten gesendet und von der mindestens einen objektfesten Empfangseinheit empfangen wurde und/oder die von der mindestens einen objektfesten Sendeeinheit gesendet und von den ortsfesten Empfangseinheiten empfangen wurde, eingerichtet ist, wobei das Flugführungssystem zur Flugunterstützung des Flugobjektes in Abhängigkeit von den ermittelten Ortspositionen ausgebildet ist.

20

Um die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile zu vermeiden, schlägt die vorliegende Erfindung ein Flugführungssystem vor, das eine Mehrzahl von ortsfesten Bodenstationen aufweist. Die ortsfesten Bodenstationen sind dabei in der näheren Umgebung der Landebahn bzw. des Flughafens voneinander beabstandet angeordnet und weisen entsprechende Sende- und/oder Empfangseinheiten auf, mit deren Hilfe Positionssignale gesendet bzw. empfangen werden können. Ein Flugobjekt, das auf diesem Flughafen landen bzw. von diesem starten möchte und dabei dieses Flugführungssystem zur Unterstützung nutzen will, weist ebenfalls zumindest eine Sende- und/oder Empfangseinheit auf, die an dem Flugobjekt objektfest angeordnet ist. Sowohl die ortsfesten als auch die objektfesten Sendeeinheiten sind dabei zum Aussenden

30

von Positionssignalen eingerichtet, während sowohl die objektfesten als auch ortsfesten Empfangseinheiten zum Empfangen dieser ausgesendeten Positionssignale eingerichtet und ausgebildet sind.

5 Darüber hinaus weist das Flugführungssystem eine Positionsermittlungseinheit auf, die in Abhängigkeit der empfangenen Positionssignale die hoch genaue Ortsposition der objektfesten Sende- und/oder Empfangseinheit ermittelt und somit bspw. die Landung des Flugobjektes anhand dieser hoch genauen Ortsposition unterstützen kann.

10

Besonders vorteilhaft ist die Verwendung dieses Systems zur Durchführung eines präzisen Landanflugs.

15 In einer ersten Alternative ist die Positionsermittlungseinheit auf dem Flugobjekt angeordnet und mit der objektfesten Empfangseinheit derart verbunden, dass die von der Empfangseinheit empfangenen Positionssignale bzw. die daraus ableitbaren Informationen an die Positionsermittlungseinheit weitergeleitet werden können. Die Bodenstationen weisen dabei entsprechende Sendeeinheiten auf, die diese Positionssignale aussenden, damit das Flugobjekt seine Position selbstständig und autark bestimmen kann.

20

In einer zweiten Alternative ist die Positionsermittlungseinheit mit dem an den Bodenstationen angeordneten objektfesten Empfangseinheiten verbunden, während an dem Flugobjekt eine entsprechende Sendeeinheit zum Aussenden von Positionssignalen angeordnet ist. Empfangen die voneinander beabstandeten Empfangseinheiten nun dieses von dem Flugobjekt ausgesendete Positionssignal, so wird dies an die Positionsermittlungseinheit weitergeleitet, woraus sich dann die Position des Flugobjektes errechnen lässt. In dieser Alternative ist es für den Flughafenbetreiber möglich, unabhängig von anderen technischen Gerätschaften, wie beispielsweise Radar, die Position des Flugobjektes „in-house“ bestimmen zu können.

25

30

In einer dritten Alternative weisen die voneinander beabstandet angeordneten ortsfesten Bodenstationen jeweils eine Sende- und eine Empfangseinheit auf, während an dem Flugobjekt ebenfalls zumindest eine Sende- und Empfangs-  
5 einheit angeordnet ist. Darüber hinaus sind die ortsfesten Empfangseinheiten jeweils mit einer Positionsermittlungseinheit verbunden, die beispielsweise im Tower des Flughafens untergebracht sein kann, während auf dem Flugobjekt ebenfalls eine Positionsermittlungseinheit angeordnet ist, die mit der dortigen Empfangseinheit verbunden ist. In dieser Alternative lässt sich somit sowohl  
10 von dem Flugzeug als auch von dem Flughafen die Position des Flugobjektes unabhängig voneinander ermitteln, was die Ausfallsicherheit und Fehlerdiagnose, wie weiter unten noch beschrieben wird, erheblich vereinfacht.

In allen drei Alternativen erfolgt dann die Flugunterstützung des Flugobjektes mit Hilfe des Flugführungssystems anhand der ermittelten hoch genauen Orts-  
15 position, so dass beispielsweise das Flugobjekt auch bei schlechten Sichtverhältnissen manuell oder mit Hilfe des Autopiloten sicher auf der Landebahn landen kann. Denn mit Hilfe dieses Systems ist es möglich, die Position des Flugzeuges derart genau zu bestimmen, dass auch die Höhe des Flugzeuges  
20 hoch genau ermittelt werden kann. Nur mit einer entsprechend genauen Angabe über die Höhe über Grund ist ein sicheres Führen des Flugzeuges auf einer Sollflugbahn und ein gefahrloses Aufsetzen auf der Landebahnschwelle möglich.

25 Vorteilhafterweise werden an dem Flugobjekt beispielsweise mehr als eine Sende- und/oder Empfangseinheit, beispielsweise für Redundanzzwecke, beabstandet voneinander angeordnet, so ist es besonders vorteilhaft, wenn für jede der ortsfesten Sende- und/oder Empfangseinheiten die Ortsposition er-  
30 mittelt wird, wobei sich aus den einzelnen Ortspositionen dann die Raumlage des Flugobjektes ableiten lässt. Werden beispielsweise die Sende- und/oder Empfangseinheiten jeweils an den Flügelspitzen sowie am vorderen oder hinte-

ren Teil des Flugobjektes angeordnet und ist die relative Lage dieser Sende- und/oder Empfangseinheiten untereinander bekannt, so lässt sich die Raumlage des Flugzeuges aus den Ortspositionen der einzelnen Sende- und/oder Empfangseinheiten berechnen, die dann zur Landeunterstützung des Flugobjektes auf dem Flughafen vorteilhafterweise herangezogen werden kann.

Die Positionssignale werden dabei immer entweder von einer ortsfesten Sendeeinheit zu einer objektfesten Empfangseinheit oder von einer objektfesten Sendeeinheit zu ortsfesten Empfangseinheit gesendet, wobei bspw. zur Messung der Signallaufzeit eine entsprechende Synchronisation der Uhren sowohl bei den Sende- als auch bei den Empfangseinheiten notwendig ist. Dies kann bspw. durch einen einfachen Referenz-Zeitgeber erfolgen, da die Signallaufzeiten zu den Sendern und von den Empfängern über ihre zugehörigen Kabellängen bekannt sind bzw. über identische Kabellängen oder auf elektronischem Wege harmonisiert werden können.

Zur Ermittlung der Ortsposition der objektfesten Sende- und/oder Empfangseinheit ist es beispielsweise denkbar, dass diese in Abhängigkeit einer Signallaufzeit der Positionssignale, die von den Sendeeinheiten ausgesendet wurden, erfolgt. Unter Zuhilfenahme der Ortsposition der ortsfesten Bodenstationen, die im Vorfeld hoch genau ermittelt werden kann und die der Positionsermittlungseinheit bekannt ist, kann die Ortsposition des Flugobjektes hoch genau ermittelt werden. Bereits bei der Verwendung von vier ortsfesten Bodenstationen und dem Aussenden von jeweils vier Positionssignalen an unterschiedlichen Positionen bzw. dem Empfangen eines Positionssignals an vier unterschiedlichen Positionen lässt sich aus der Signallaufzeit der einzelnen Positionssignale dann die Ortsposition der Empfangseinheit, ähnlich wie beim GPS, hoch genau bestimmen.

Alternativ ist aber auch denkbar, dass die Empfangseinheiten zum Ermitteln des Empfangswinkels der jeweiligen Positionssignale eingerichtet sind und die

Positionsermittlungseinheit zum Ermitteln der Ortsposition der objektfesten Sende- und/oder Empfangseinheit in Abhängigkeit von diesen Empfangswinkeln eingerichtet ist. So lässt sich beispielsweise mit Hilfe der Multiangulation die Position der Empfangseinheit aus den unterschiedlichen Empfangswinkeln mehrerer Positionssignale als Schnittpunkt ermitteln. Darüber hinaus kann mit Hilfe dieses Systems aber auch die Genauigkeit der Positionsermittlung mit Hilfe der Signallaufzeit verbessert werden bzw. als Backup verwendet werden.

Zusätzlich ist es denkbar, dass die Empfangseinheiten bzw. die Positionsermittlungseinheit zur Ermittlung einer Dopplerverschiebung aus den Positionssignalen eingerichtet ist, so dass sich eine Relativgeschwindigkeit zwischen Flugobjekt und Bodenstation ermitteln lässt. Werden bspw. mindestens drei Positionssignale an drei unterschiedlichen Empfangseinheiten ermittelt, so kann aus der Dopplerverschiebung jedes Positionssignal ein dreidimensionaler Geschwindigkeitsvektor des Flugobjektes ermittelt werden. Da die Dopplermessung sehr schnell erfolgen kann, werden Richtungsänderungen sehr schnell erfasst. Weiterhin liefert die empfangene Frequenzänderung beim Überflug von Sendeeinheiten eine sehr genaue Markerinformation. Vorteilhafterweise lässt sich aus der Kombination der drei Messmethoden (Entfernung, Winkel, Doppler) eine hochgenaue Position des Flugobjektes ermitteln.

Vorteilhafterweise sind die ortsfesten Sendeeinheiten, die an den Bodenstationen angeordnet sind, mit einer Steuereinheit verbunden, die zum synchronen Aussenden der Positionssignale mittels der Sendeeinheiten eingerichtet ist. Dabei können die Signallaufzeiten von der Steuereinheit, die vorteilhafterweise im Tower angeordnet ist, hin zu den beabstandeten Bodenstationen kompensiert werden, da diese im Vorfeld bekannt sind. Somit lässt sich die Synchronisation des Aussendens dieser Positionssignale erheblich erhöhen, was die Genauigkeit der Positionsermittlung erhöht. Denn bei der Positionsermittlung mittels der Signallaufzeit ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Sendeeinheiten ihr Positionssignal derart synchron aussenden, dass die Empfangs-

einheit die Signallaufzeit möglichst genau bestimmen kann.

Um die Ausfallsicherheit bzw. die Gewährleistung der sicheren Funktionsweise sicher zu stellen, ist es ganz besonders vorteilhaft, wenn das Flugführungssystem derart eingerichtet ist, dass es die Funktionsweise der ortsfesten/objektfesten Sende- und/oder Empfangseinheit verifizieren kann. Dazu sind die ortsfesten/objektfesten Empfangseinheiten derart eingerichtet, dass sie die Positionssignale, die von den jeweils anderen ortsfesten/objektfesten Sende-  
5 einheiten ausgesendet werden, ebenfalls empfangen und somit in Abhängigkeit dieser empfangenen Positionssignale die Funktionsweise der einzelnen Sender verifizieren können. So ist es beispielsweise denkbar, dass die Positionsermittlungseinheit, die mit den ortsfesten Empfangseinheiten in Verbindung steht, anhand dieser von den ortsfesten Sendeeinheiten ausgesendeten Positionssignalen die Position der jeweiligen Bodenstation ermittelt und anhand dieser  
10 so ermittelten Ortsposition der Bodenstation die Funktionsweise des Flugführungssystems verifiziert, beispielsweise in dem die ermittelte Ortsposition mit der bekannten hoch genauen Ortsposition verglichen wird. Somit lassen sich die Fehlfunktionen aber auch entsprechende Störsender mit einem kriminellen Hintergrund frühzeitig sicher erkennen. Eine solche Überprüfung kann aber  
15 auch mit den an dem Flugobjekt angeordneten Sende- und Empfangseinheiten durchgeführt werden.

Denkbar und besonders vorteilhaft ist es aber auch, wenn die Funktionsweise des Flugführungssystems derart verifiziert wird, dass sowohl die von dem Flugobjekt als auch die von dem Flughafen ermittelten Ortspositionen verglichen  
25 werden (Alternative 3). Entstehen hierbei größere Abweichungen, so kann daraus abgeleitet werden, dass hier eine Fehlfunktion des Systems vorliegt, auf die schnellstmöglich reagiert werden muss.

30 Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Sendeeinheiten zum Codieren von Information in die Positionssignale und die Empfangseinheiten zum Extrahieren

dieser Positionssignale eingerichtet sind. So lassen sich Informationen von den Bodenstationen zu dem Flugobjekt und andersherum übertragen, ohne dass hierfür zusätzliche Funksysteme belegt werden müssen. So lassen sich bspw. die ermittelten Ortspositionen übertragen, so dass ein Vergleich, wie oben beschrieben, durchgeführt werden kann. Es lassen sich aber auch andere Informationen wie bspw. Daten über den Flughafen selbst mit Ortspositionen der ortsfesten Bodenstationen, den Anflugweg (gerade oder „curved“) übertragen bzw. topographische Daten im Umfeld des Flughafens.

5 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird auch mit dem Verfahren der eingangs genannten Art gelöst mit den Schritten:

- 15 - Aussenden von Positionssignalen mittels mehrerer am Boden angeordneter ortsfester Sendeeinheiten und Empfangen der Positionssignale mittels zumindest einer an dem Flugobjekt angeordneten objektfesten Empfangseinheit, und/oder Aussenden von Positionssignalen mittels zumindest einer an dem Flugobjekt angeordneten Sendeeinheit und Empfangen des Positionssignals mittels mehrerer am Boden angeordneten ortsfesten Empfangseinheiten,
- 20 - Ermitteln einer Ortsposition der objektfesten Sende- und/oder Empfangseinheit in Abhängigkeit von den empfangenen Positionssignalen und
- 25 - Unterstützung der Flugführung des Flugobjektes in Abhängigkeit der ermittelten Ortsposition.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens finden sich in den Unteransprüchen.

30

Die Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert.

Es zeigen:

5

Fig. 1 - schematische Darstellung eines Flugführungssystems an einem Flughafen;

10

Fig. 2 - Sende- und Empfangsantennen zur Position- und Lagebestimmung eines Flugobjektes.

Figur 1 zeigt das erfindungsgemäße Flugführungssystem schematisch im Zusammenhang mit einem Flughafen. Das entsprechende Flugobjekt 1 befindet sich dabei gerade im Landeanflug auf die Landebahn 2. Die Reichweite des erfindungsgemäßen Flugführungssystems ist dabei auf ca. 20 bis 30 Meilen Radius um den Flughafen begrenzt, so dass jenseits dieses Radius die Navigation durch aus dem Stand der Technik bekannten Systemen erfolgt.

In der Nähe der Landebahn 2 befindet sich das Kontrollzentrum 3, auch Tower genannt, des Flughafens, das für die sichere Koordinierung der Anflüge bis zur Landung verantwortlich ist. Des Weiteren ist in der Umgebung des Flughafens und der Landebahn 2 eine Reihe von Bodenstationen 4a bis 4e angeordnet, die jeweils mit entsprechenden Sende- und Empfangseinheiten 5a bis 5e ausgestattet sind. Da die Bodenstationen 4a bis 4e unveränderlich und ortsfest sind, kann im Vorfeld hoch genau die Position der einzelnen Bodenstationen 4a bis 4e ermittelt werden, die als feste Referenzgröße in dem gesamten System vorliegen.

An dem Flugzeug 1, das auf der Landebahn 2 des Flughafens landen möchten, ist des Weiteren ebenfalls eine Sende- und/oder Empfangseinheit 6 angeordnet, die als die objektteste Sende- und/oder Empfangseinheit 6 bezeichnet

wird. Sowohl die ortsfesten Sende- und/oder Empfangseinheiten 5a bis 5e als auch die objektfixe Sende- und/oder Empfangseinheit 6 sind dabei derart eingerichtet, dass sie entsprechende Positionssignale 7 mit Hilfe der Sendeeinheiten aussenden können. Dafür sind die ortsfesten Sende- und/oder Empfangs-

5 einheiten 5a bis 5e mit einer Kontrollstation 8 verbunden, um die entsprechenden Positionssignale 7 synchron aussenden zu können, was die Verwendung von extrem hoch genauen Referenzzeitgebern nicht mehr erforderlich macht. Im vorliegenden Beispiel sind dabei fünf Bodenstationen 4a bis 4e angeordnet, wobei aus mathematischer Sicht jeweils nur vier Bodenstationen notwendig

10 wären, um die Position hoch genau zu bestimmen.

An dem Flugzeug 1 ist des Weiteren eine Positionsermittlungseinheit 9 angeordnet, die mit der objektfixen Sende- und/oder Empfangseinheit 6 verbunden ist. Werden nun von der Empfangseinheit 6 die von den ortsfesten Sende-

15 und/oder Empfangseinheiten 5a bis 5e ausgesendeten Positionssignale 7 empfangen, so kann die Positionsermittlungseinheit 9 anhand der Signallaufzeit der einzelnen Signale die Entfernung zu den einzelnen Bodenstationen bestimmen, woraus sich unter Verwendung der hoch genauen Position der einzelnen Bodenstationen, die bekannt ist, die exakte Position des Flugobjektes 1 aus deren

20 Schnittpunkten ermitteln lässt.

In einer anderen vorteilhaften Alternative ist dieser Weg auch anders herum denkbar, so dass die objektfixe Sende- und/oder Empfangseinheit 6 derart eingerichtet ist, dass von dem Flugobjekt 1 ein Positionssignal ausgesendet

25 wird, was von den ortsfesten Empfangseinheiten 5a bis 5e empfangbar ist. Da die Bodenstationen 4a bis 4e voneinander beabstandet angeordnet sind, empfangen die jeweiligen Sende- und/oder Empfangseinheiten 5a bis 5e das von der objektfixen Sendeeinheit 6 ausgesendete Positionssignale zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Somit kann jede Empfangseinheit 5a bis 5e eigen-

30 ständig die Signallaufzeit des ausgesendeten Positionssignals 7 ermitteln und unter Zugrundelegung der eigenen hoch genauen Positionen lässt sich dann

die Position des Flugobjektes 1 beispielsweise durch eine im Tower angeordnete Positionsermittlungseinheit 10 ermitteln. Diese Positionsermittlungseinheit 10 ist dabei mit den Empfangseinheiten 5a bis 5e der Bodenstationen 4a bis 4e verbunden.

5

Ermitteln sowohl das Flugobjekt 1 als auch der Tower 3 gleichzeitig die Position des Flugobjektes 1, so es höchst vorteilhaft, wenn das Flugführungssystem zum Abgleich dieser beiden voneinander unabhängig ermittelten Ortspositionen eingerichtet ist. Aus diesem Vergleich lässt sich dann ableiten, inwieweit das  
10 Flugführungssystem bei seiner Positionsbestimmung des Flugobjektes 1 hochgenau arbeitet, so dass die Funktionsweise verifiziert werden kann. Hierfür können Kommunikationsmittel verwendet werden, damit Flugzeug und Tower die ermittelten Ortspositionen untereinander austauschen können.

15 Der Vorteil eines solchen Systems liegt dabei insbesondere darin, dass es wesentlich störunanfälliger ist als beispielsweise Satellitennavigationssysteme. Darüber hinaus kann der Verantwortungsbereich klar definiert werden, da mit einem solchen System nunmehr der Betreiber des Flughafens für die Sicherheit verantwortlich ist. Rechtliche Grauzonen, wie beispielsweise beim GPS,  
20 werden somit vermieden.

Figur 2 zeigt ein Luftfahrzeug 1, das insgesamt drei Sende- und/oder Empfangseinheiten 6a bis 6c an unterschiedlichen Positionen an dem Flugzeug 1 aufweist. Durch diese beabstandete Anordnung der Sende- und/oder Empfangseinheiten 6a bis 6c und deren relative Lage untereinander kann die Lage  
25 des Luftfahrzeuges 1 im Raum ermittelt werden, wenn für jede Sende- und/oder Empfangseinheit 6a bis 6c eine ortsgenaue Position innerhalb des Raumes ermittelt wird. Durch Verbinden dieser Positionen zu einer entsprechenden Ebene lässt sich dann die Lage des Fahrzeuges 1 im Raum ermitteln.  
30 Die Raumlage eines Flugzeuges mit den Komponenten Längsneigung, Rollwinkel und Azimut sind dabei bei der Landung ebenso mit zu berücksichtigen, so

dass hier das Flugführungssystem zu dem bereits vorhandenen Lagewinkelsystem unterstützend wirken kann.

Vorteilhafterweise senden die Sendeeinheiten auf einer Trägerfrequenz, die  
5 von denen der Satellitennavigationssysteme verschieden ist, so dass diese Systeme nicht gestört werden und auch weiterhin unterstützend oder für Notfälle verwendet werden können.

**Patentansprüche:**

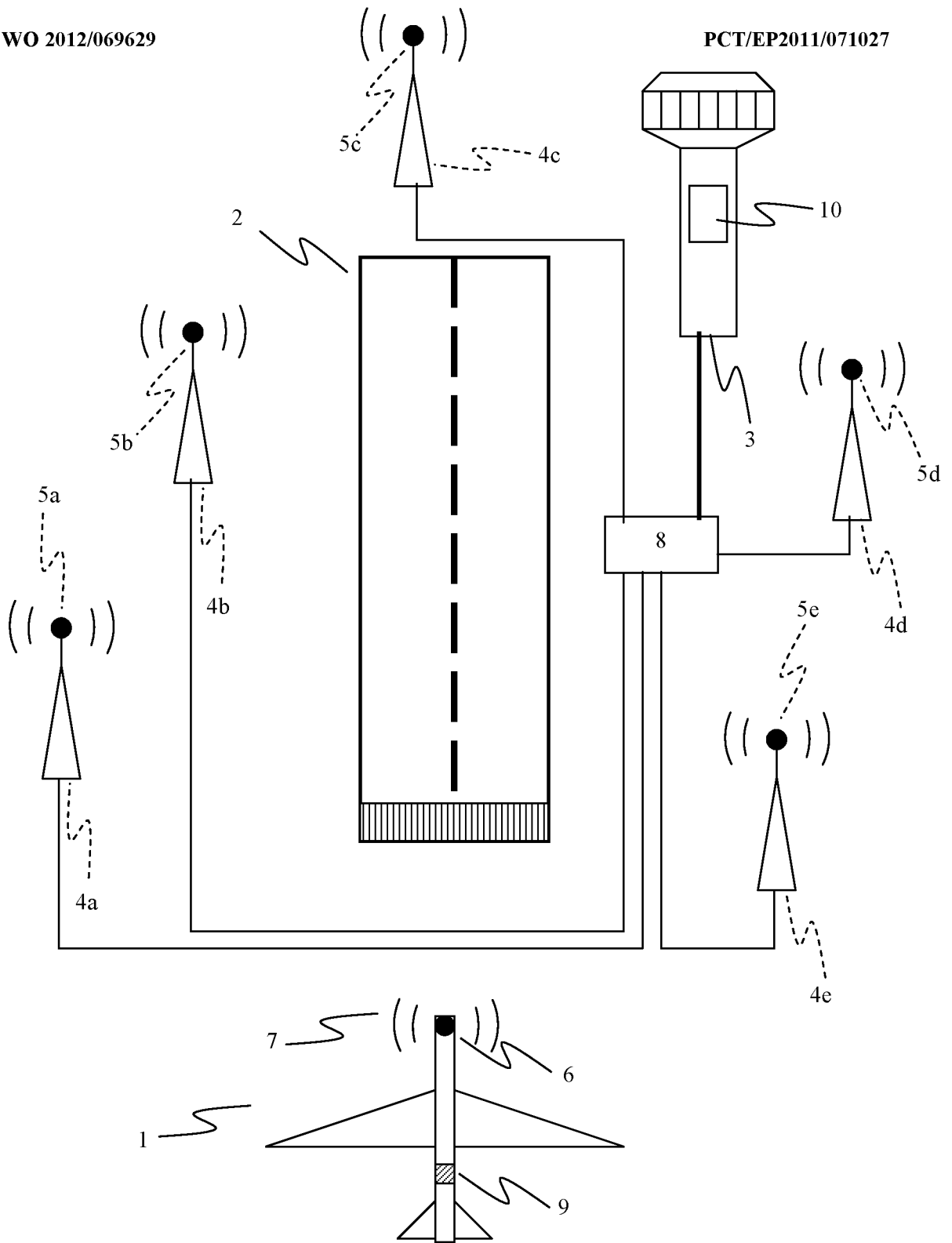
1. Flugführungssystem zur Flugunterstützung eines Flugobjektes (1) mit einer Mehrzahl von ortsfesten Bodenstationen (4a bis 4e), die jeweils eine  
5      Sende- und/oder Empfangseinheit (5a bis 5e) aufweisen, und mit mindestens einer an dem Flugobjekt angeordneten objektfesten Sende- und/oder  
Empfangseinheit (6, 6a bis 6c), wobei die Sendeeinheiten zum Senden  
von Positionssignalen (7) und die Empfangseinheiten zum Empfangen  
dieser Positionssignale (7) eingerichtet sind und das Flugführungssystem  
10      wenigstens eine mit zumindest einem Teil der Sende- und/oder Empfangseinheiten (5a bis 5e, 6, 6a bis 6c) in Verbindung stehende Positionsermittlungseinheit (9, 10) aufweist, die zum Ermitteln von Ortspositionen der objektfesten Sende- und/oder Empfangseinheit (6, 6a bis 6c) in  
Abhängigkeit von den Positionssignalen (7), die von den ortsfesten Sendeeinheiten gesendet und von der mindestens einen objektfesten Empfangseinheit empfangen wurden und/oder die von der mindestens einen objektfesten Sendeeinheit gesendet und von der ortsfesten Empfangseinheit empfangen wurden, eingerichtet ist, wobei das Flugführungssystem zur Flugunterstützung des Flugobjektes (1) in Abhängigkeit von den ermittelten Ortspositionen ausgebildet ist.  
15      20
  
2. Flugführungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Flugführungssystem zumindest zwei an dem Flugobjekt (1) angeordnete objektfeste Sende- und/oder Empfangseinheiten (6a bis 6c) aufweist, die  
25      voneinander beabstandet angeordnet sind, wobei die Positionsermittlungseinheit (9) zum Ermitteln der Raumlage des Flugobjektes (1) in Abhängigkeit der Ortspositionen der jeweiligen Sende- und/oder Empfangseinheiten (6a bis 6c) eingerichtet ist und das Flugführungssystem zur Flugunterstützung des Flugobjektes in Abhängigkeit der Raumlage des  
30      Flugobjektes (1) ausgebildet ist.

3. Flugführungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionsermittlungseinheit (9, 10) zum Ermitteln der Ortsposition der objektfesten Sende- und/oder Empfangseinheit (6, 6a bis 6c) in Abhängigkeit von einem Empfangswinkel der Positionssignale (7) an den Empfangseinheiten eingerichtet ist.  
5
4. Flugführungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionsermittlungseinheit (9, 10) zum Ermitteln einer Relativgeschwindigkeit zwischen Sendeeinheit und Empfangseinheit in Abhängigkeit von einer Dopplerverschiebung empfangener Positionssignale und zum Ermitteln der Ortsposition der objektfesten Sende- und/oder Empfangseinheit (6, 6a bis 6c) in Abhängigkeit von der Relativgeschwindigkeit eingerichtet ist.  
10
5. Flugführungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die ortsfesten oder objektfesten Sendeeinheiten mit einer Steuereinheit (8) verbunden sind, die zum synchronen Aussenden der Positionssignale (7) mittels der verbundenen Sendeeinheit eingerichtet ist.  
15
6. Flugführungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die ortsfesten/objektfesten Empfangseinheiten zum Empfangen der von den ortsfesten/objektfesten Sendeeinheiten ausgesendeten Positionssignale ausgebildet sind und die mit den ortsfesten/objektfesten Empfangseinheiten verbundenen Positionsermittlungseinheit zur Verifikation der Funktionsweise eines der Sendeeinheiten in Abhängigkeit von den empfangenen Positionssignalen der ortsfesten/objektfesten Sendeeinheiten eingerichtet ist.  
20
7. Flugführungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Flugführungssystem zur Verifikation der Funk-  
25
- 30

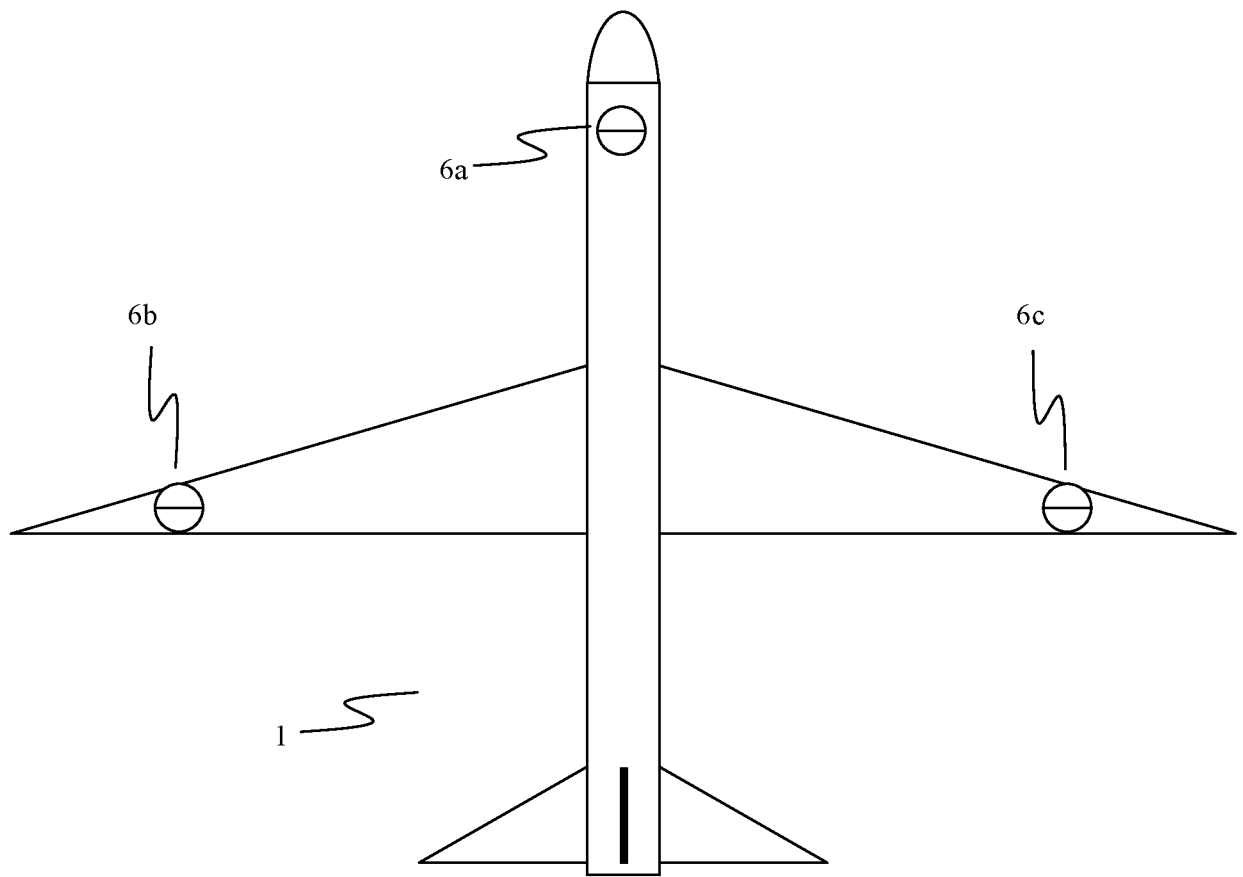
- tionsweise in Abhängigkeit eines Vergleiches zwischen der Ortsposition, die mittels der von den objektfesten Empfangseinheit empfangenen Positionssignale ermittelt wurde, und der Ortsposition, die mittels der von den ortsfesten Empfangseinheiten empfangenen Positionssignale ermittelt wurde, ausgebildet ist.
- 5
8. Flugführungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionsermittlungseinheit (9, 10) zum Ermitteln der Ortsposition der objektfesten Sende- und/oder Empfangseinheit (6, 6a bis 6c) in Abhängigkeit von einer Signallaufzeit der Positionssignale (7) zwischen Sendeeinheiten und Empfangseinheiten eingerichtet ist.
- 10
9. Flugführungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendeeinheiten zum Codieren von Informationen in die Positionssignale und zum Aussenden solcher Positionssignale eingerichtet sind und die Empfangseinheiten zum Empfangen solcher Positionssignale und zum Extrahieren der in die Positionssignale codierten Informationen eingerichtet sind.
- 15
- 20 10. Verfahren zur Flugunterstützung eines Flugobjektes mit den Schritten:
- Aussenden von Positionssignalen mittels mehrerer am Boden angeordneten ortsfesten Sendeeinheiten und Empfangen der Positionssignale mittels zumindest einer an dem Flugobjekt angeordneten objektfesten Empfangseinheit, und/oder Aussenden von Positionssignalen mittels zumindest einer an dem Flugobjekt angeordneten Sendeeinheit und Empfangen des Positionssignals mittels mehrerer am Boden angeordneten ortsfesten Empfangseinheiten,
  - 25
  - 30 - Ermitteln einer Ortsposition einer objektfesten Sende- und/oder Empfangseinheit in Abhängigkeit von den empfangenen Positionssignalen und

- Flugunterstützung des Flugobjektes in Abhängigkeit der ermittelten Ortsposition.
- 5
11. Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch Ermitteln der Raumlage des Flugobjektes in Abhängigkeit der Ortsposition zumindest zweier an dem Flugobjekt angeordneter objektfester Sende- und/oder Empfangseinheiten und Flugunterstützung des Flugobjektes in Abhängigkeit der Raumlage des Flugobjektes.
- 10
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, gekennzeichnet durch Ermitteln der Ortsposition der objektfesten Sende- und/oder Empfangseinheit in Abhängigkeit von einer Signallaufzeit der Positionssignale und in Abhängigkeit eines Empfangswinkels der Positionssignale an den Empfangseinheiten und in Abhängigkeit mindestens einer anhand einer Dopplerverschiebung ermittelten Relativgeschwindigkeit zwischen Sendeeinheit und Empfangseinheit.
- 15
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, gekennzeichnet durch Empfangen von mittels der am Boden angeordneten Sendeeinheiten ausgesendeten Positionssignale durch die am Boden angeordneten Empfangseinheiten und Verifizieren der Funktionsweise in Abhängigkeit von den empfangenen Positionssignalen.
- 20
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, gekennzeichnet durch Verifizieren der Funktionsweise in Abhängigkeit von einem Vergleich zwischen der Ortsposition, die mittels der von den objektfesten Empfangseinheiten empfangenen Positionssignalen ermittelt wurde, und der Ortsposition, die mittels der von den ortsfesten Empfangseinheiten empfangenen Positionssignalen ermittelt wurde.
- 25
- 30

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, gekennzeichnet durch Codieren von Informationen in die Positionssignale und Aussenden solcher Positionssignale mittels der Sendeeinheit und Empfangen solcher Positionssignale mittels der Empfangseinheiten und Extrahieren der codierten Informationen aus den Positionssignalen.
- 5



Figur 1



Figur 2