(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 505 986 B1 2011-05-15**

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 1608/2008
(22) Anmeldetag: 14.10.2008
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2011

(51) Int. Cl. : ***B64D 45/04*** (2006.01)
B64C 13/20 (2006.01)
G01S 5/14 (2006.01)
G05D 1/10 (2006.01)

(30) Priorität:
20.10.2007 DE 102007050246 beansprucht.

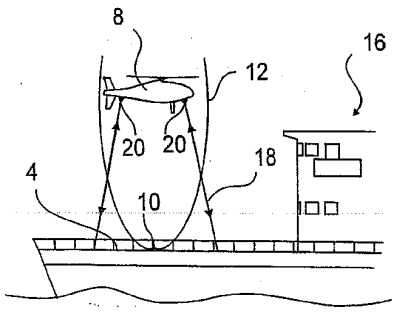
(56) Entgegenhaltungen:
US 2004/0232285A1
EP 1424566A1 DE 4420059A1
US 6114975A UK 2262626A

(73) Patentinhaber:
DIEHL BGT DEFENCE GMBH & CO. KG
D-88662 ÜBERLINGEN (DE)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM SELBSTÄNDIGEN LANDEN EINES DREHFLÜGLERS**

(57) Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum selbständigen Landen eines Drehflüglers (8).
Um ein selbständiges landen des Drehflüglers (8) ohne eine Steuerung von einem stationären System zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, dass der Drehflügler (8) ein Auswertemittel (24) und ein Sensormodul (14) mit zumindest drei am Drehflügler (8) voneinander beabstandet angeordneten Empfängereinheiten (20) aufweist, und ein Millimeterwellen-Signal eines Positionsmoduls (10) einer Landefläche (4) von den Empfängereinheiten (20) empfangen wird und das Auswertemittel (24) aus Signalen der Empfängereinheiten (20) eine Relativposition des Drehflüglers (8) zum Positionsmodul (10) bestimmt.

Fig. 2



AT 505 986 B1 2011-05-15

Beschreibung

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM SELBSTÄNDIGEN LANDEN EINES DREHFLÜGLERS

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum selbständigen Landen eines Drehflüglers. Außerdem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum selbständigen Landen eines Drehflüglers.

[0002] Das Landen eines Drehflüglers wird üblicherweise von einem Piloten im Drehflügler gesteuert. Bei einem unbemannten Drehflügler besteht die Möglichkeit, eine Fernsteuerung zu verwenden, mit der ein Bodenpilot den Drehflügler landet. Soll der Drehflügler auf einer bewegten Landefläche landen, z.B. einer Plattform eines in schwerer See fahrenden Schiffes, ist eine langwierige Schulung des Bodenpiloten erforderlich, um den Drehflügler sicher auf der Landefläche landen zu können. Ein Landen bedarf daher entsprechend hoch ausgebildeten Personals.

[0003] Zur Steuerung einer Landung eines Luftfahrzeugs ist aus der zivilen Luftfahrt das Hilfsmittel des Flugleitstrahls bekannt. Hierzu wird der Flugleitstrahl im UKW-Bereich auf das Luftfahrzeug gerichtet, bzw. dieses fliegt in den Flugleitstrahl hinein, so dass eine Eigenortung des Luftfahrzeugs ermöglicht wird und das Luftfahrzeug dem Flugleitstrahl folgend selbständig landen kann. Für einen Drehflügler ist eine solche Landehilfe ungeeignet, da er senkrecht landen muss und außerdem die Landephase nur einige Meter bis wenige 10 Meter beträgt und der Flugleitstrahl durch seine Kegelform in diesem Landebereich zunehmend enger wird, so dass eine Landeführung in der letzten Strecke eine übermäßig hohe Führungspräzision erfordern würde.

[0004] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegend beschriebenen Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Landen eines Drehflüglers anzugeben, mit der ein unbemannter Drehflügler präzise auf einer kleinen Fläche landen kann.

[0005] Die auf das Verfahren gerichtete Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, bei dem der Drehflügler erfindungsgemäß ein Auswertemittel und ein Sensormodul mit zumindest drei am Drehflügler voneinander beabstandet angeordneten Empfängereinheiten aufweist, und bei dem ein Millimeterwellen-Signal eines Positionsmoduls einer Landefläche von den Empfängereinheiten empfangen wird und das Auswertemittel aus Signalen der Empfängereinheiten eine Relativposition des Drehflüglers zum Positionsmodul bestimmt. Durch die Bestimmung der Relativposition ist dem Drehflügler bekannt, in welcher Relativposition er sich zum Positionsmodul und damit zur Landefläche befindet, ohne dass es einer Übermittlung von Steuerdaten von einem stationären Leitsystem zum Drehflügler bedürfte. Anhand der Relativposition kann der Drehflügler selbständig ermitteln, in welche Richtung er fliegen muss, um auf der Landefläche zu landen, z.B. weiter nach rechts oder links oder weiter nach vorne oder hinten.

[0006] Zweckmäßigerweise wird die Bestimmung der Relativposition während des Landevorgangs in regelmäßigen Zeitintervallen wiederholt. Das Landen ist insbesondere ein senkrechtes Landen. Der Drehflügler kann vorteilhafterweise während des Landevorgangs eine vorbestimmte Relativposition ansteuern bzw. sich in der vorbestimmten Relativposition halten, z.B. mittig über der Landefläche. Die Relativposition ist vorzugsweise eine horizontale Relativposition über einer horizontalen Landfläche.

[0007] Durch die Verwendung von Millimeterwellen kann eine hohe Unempfindlichkeit der Sensoren gegen Feuchtigkeit, Salzluft und Staub erreicht werden. Hierzu sind die Empfängereinheiten zweckmäßigerweise zum Empfangen von Millimeterwellen vorgesehen. Die Verwendung von Millimeterwellensystemen für den Einsatz sowohl im maritimen als auch im landgestützten Bereich, speziell in trockenen und staubigen Gebieten, bietet gegenüber optischen Systemen die Vorteile der Verfügbarkeit bei allen Wetterbedingungen, auch bei großer Tageshelligkeit und bei Nacht. Außerdem kann durch eine geringe Leistungsabstrahlung eine hohe Augensicherheit für Personal erreicht werden. Als Millimeterwellen werden elektromagnetische Signale mit einer Wellenlänge von 3 mm bis 100 mm, also einer Frequenz von etwa 3 GHz

bis100 GHz, gesehen, vorteilhaft ist das NATO K-Band im Bereich von 20 GHz bis 40 GHz.

[0008] Die Empfängereinheiten sind am Drehflügler voneinander beabstandet angeordnet. Je größer der Abstand voneinander ist, desto präziser können die Empfängereinheiten auf Unterschiede in Signalen zwischen ihnen ausgewertet werden und desto einfacher und präziser kann sich der Drehflügler steuern. Zweckmäßigerweis sind die Empfängereinheiten an unterschiedlichen Bauteilen des Drehflüglers angeordnet, wobei der Rumpf des Drehflüglers in diesem Zusammenhang nicht als ein einziges Bauteil angesehen wird, sondern als eine aus vielen Bauteilen, z.B. Platten, zusammengesetzte Einheit. So sind die Empfängereinheiten beispielsweise vorne und hinten am Rumpf und/oder an einer rechten und linken Kufe bzw. an einer rechten und linken Seite des Rumpfs angeordnet. Der Abstand zwischen den Empfängereinheiten beträgt vorzugsweise mindestens 0,5 m. Zweckmäßigerweise sind vier Empfängereinheiten am Drehflügler voneinander beabstandet angeordnet, insbesondere in zwei senkrecht zueinander stehenden Achsen, wodurch eine einfache Auswertung der Empfängersignale erreicht werden kann.

[0009] Das Signal des Positionsmoduls kann ein aktiv vom Positionsmodul ausgesandtes Signal sein und ist vorzugsweise ein Dauerstrichsignal, insbesondere frequenzmoduliert, z.B. in der Modulation eines Sägezahns. Es hat vorzugsweise eine Reichweite von weniger als 100 m, in der es von den Empfängereinheiten empfangbar ist, so dass es aus größerer Entfernung schwer zu orten ist. Das Positionsmodul ist zweckmäßigerweise fest mit der Landefläche verbunden und vorteilhafterweise in der Landefläche angeordnet.

[0010] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird der Drehflügler mit Hilfe der Signale der Empfängereinheiten in eine vorbestimmte horizontale Relativposition über dem Positionsmodul gebracht und anschließend nach unten gelandet. Es kann eine sichere und kontrollierte Landung erreicht werden. Die Relativposition kann unabhängig von einer Entfernung zur Landfläche sein.

[0011] Die Relativposition kann mit einfachen Mitteln durch einen Amplitudenvergleich und/oder Phasenvergleich der Signale der Empfängereinheiten bestimmt werden, z.B. durch das Auswertemittel. Ist das Signal des Positionsmoduls frequenzmoduliert, kann die Relativposition zusätzlich oder allein durch einen Frequenzvergleich bestimmt werden. Ist die Relativposition bestimmt, kann der Drehflügler durch entsprechende Flugmanöver in Richtung einer vorbestimmten horizontalen Relativposition über dem Positionsmodul bewegt werden, wobei das Bestimmen der Relativposition und das entsprechende Flugmanöver so oft bzw. so lange ausgeführt werden können, bis der Drehflügler die horizontale Relativposition über dem Positionsmodul erreicht hat. Zweckmäßigerweise ist das Auswertemittel, z.B. in Verbindung mit einer Steuereinheit zur Steuerung von Aktoren des Drehflüglers, dazu vorgesehen, den Drehflügler mit Hilfe des Amplitudenvergleichs und/oder Phasenvergleichs der Signale der Empfängereinheiten in die vorbestimmte horizontale Relativposition über dem Positionsmodul zu bringen.

[0012] Außerdem wird vorgeschlagen, dass zusätzlich mit zumindest einer Signaleinheit des Sensormoduls ein Abstand vom Sensormodul zu der von der Signaleinheit angestrahlten Landefläche bestimmt wird. Es kann zusätzlich zur Relativposition ein Abstand zur Landefläche ermittelt werden, so dass der Drehflügler gezielt und vorteilhafterweise unter Überwachung des Abstands nach unten auf die Landefläche bewegt werden kann. Zweckmäßigerweise wird auch die Bewegungsgeschwindigkeit des Drehflüglers relativ zur angestrahlten Landefläche bestimmt, so dass einer Trägheit des Drehflüglers Rechnung getragen werden kann und ein zu harter Aufprall auf der Landefläche oder ein zu langsames Sinken vermieden werden kann. Zum Bestimmen des Abstands kann das Auswertemittel vorgesehen sein.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden die Bestimmung des Abstands und die Bestimmung der Relativposition in einem rhythmischen Wechsel vorgenommen. Hierfür ist das Auswertemittel vorteilhafterweise dazu vorbereitet, die Bestimmung des Abstands und die Bestimmung der Relativposition im rhythmischen Wechsel vorzunehmen. Es können beispielsweise im Wesentlichen gleichzeitig die Relativposition und der Abstand und insbesondere die Relativgeschwindigkeit bestimmt werden, so dass alle Informationen für einen

sicheren Landeanflug quasikontinuierlich vorliegen. Der Wechsel kann in Zeitintervallen von z.B. 20 ms bis 500 ms erfolgen, wobei das Zeitintervall zweckmäßigerweise an den benötigten Zeitraum für die jeweilige Messung angepasst ist. Sind für die Bestimmung der Relativposition und des Abstands jeweils eigene Sensoreinheiten vorgesehen, kann die Bestimmung des Abstands und die Bestimmung der Relativposition simultan erfolgen. Ein Abwechseln ist vorteilhaft, wenn für beide Messungen die gleiche Sensoreinheit verwendet wird.

[0014] Eine horizontale Ausrichtung des Drehflüglers relativ zur Landefläche kann vorteilhaft bestimmt werden, wenn das Sensormodul zumindest drei Signaleinheiten umfasst und das Auswertemittel dazu vorbereitet ist, eine horizontale Ausrichtung des Drehflüglers relativ zur Landefläche zu bestimmen, z.B. aus von den Signaleinheiten abgestrahlten, der Landefläche reflektierten und den Empfängereinheiten empfangenen Signalen. Der Drehflügler kann horizontal aufgesetzt werden und es kann eine fehlerhafte Abstands- oder Positionsmessung aufgrund eines schräg im Raum befindlichen Drehflüglers erkannt werden, insbesondere kurz vor einem Aufsetzen.

[0015] Soll der Drehflügler auf einer Landefläche auf einem Schiff landen, so ist es vorteilhaft, wenn eine Bewegungsdynamik der Landefläche ermittelt wird, insbesondere vom Auswertemittel, und ein Landevorgang in Abhängigkeit von der Bewegungsdynamik gesteuert wird, z.B. durch das Auswertemittel oder ein anderes Steuermittel. So kann eine Annäherung an eine schwankende Landefläche langsamer erfolgen als an eine ruhige. Wird zusätzlich die Beschleunigung des Drehflüglers erfasst, z.B. durch einen Beschleunigungssensor, kann bei einem Bestimmen der Relativbewegung erkannt werden, ob die Landefläche bewegt ist oder der Drehflügler.

[0016] Erzeugt das Positionsmodul sein Signal aktiv und sendet es aus, so kann eine zuverlässige Erkennung des Signals durch das Sensormodul erreicht werden. Zweckmäßigerweise wird das Signal senkrecht zur Landefläche ausgesendet, so dass der Drehflügler senkrecht am Signal landen kann.

[0017] Ist das Positionsmoduls im Zentrum der Landefläche angeordnet und strahlt es sein Signal von dort aus, so kann der Drehflügler während des gesamten Landevorgangs in einem gleichen Winkel zum Sendestrahl bleiben und eine aufwendige Winkelumrechnung entfällt.

[0018] Bei einem Landen auf einer bewegten Landefläche, z.B. auf einem Schiff oder einem Tieflader, wird das Positionsmodul vorteilhafterweise während eines Sendens seines Signals zum Ausgleich von Bewegungen der Landefläche relativ zur Landefläche bewegt. So kann ein Senden in eine Richtung, z.B. senkrecht nach oben, gewährleistet bleiben. Das Positionsmodul kann hierfür kardanisch aufgehängt sein. Die Bewegung kann durch ein Steuermittel gesteuert sein, z.B. so, dass es in eine Richtung strahlt unabhängig von der Bewegung der Landefläche. In einer einfachen Konstruktion kann eine Ausrichtung durch z.B. ein Gewicht steuerungslos erreicht werden.

[0019] Schaltet das Positionsmodul auf ein Signal des Sensormoduls hin von einem Ruhemodus in einen Sendemodus um, so kann das Positionsmodul vor dem Beginn eines Landevorgangs im Ruhemodus, also ohne Senden des Signals, verbleiben. Das Senden erfolgt nur bei Bedarf, so dass ein hoher Energieverbrauch oder eine ungewünschte Ortung des Positionsmoduls unterbunden wird. Ebenso kann das Positionsmodul, wenn das Signal des Sensormoduls länger als ein vorgegebener Zeitraum ausbleibt, z.B. länger als 30 s, vom Sendemodus in den Ruhemodus umschalten, so dass ein überflüssiges Senden unterbunden wird.

[0020] Zweckmäßigerweise ist das Sensormodul des Drehflüglers dazu vorgesehen, einen Code zu senden zur Aktivierung des Positionsmoduls.

[0021] Das Senden des Positionsmoduls der Landefläche kann abweichend von einem aktiven Senden auch passiv erfolgen, z.B. indem das Positionsmodul einen Signalreflektor zum Aussenden seines Signals aufweist. Der Signalreflektor reflektiert ein Signal des Sensormoduls des Drehflüglers, wodurch das Sensormodul bzw. das Auswertemittel die Stärke oder Frequenz des reflektierten Signals auswerten kann. Der Signalreflektor kann zusätzlich als Notfallhilfe bei

einem ausgefallenen aktiven Sender oder alleine ohne aktiven Sender verwendet werden. In diesem Fall ist das Sensormodul dazu vorbereitet, Signale zum Bestimmen der Relativposition durch die Signaieinheit in Richtung zum Positionsmodul auszusenden.

[0022] Die auf die Vorrichtung gerichtete Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zum selbständigen Landen eines Drehflüglers gelöst, die erfindungsgemäß ein am Drehflügler anzuordnendes Sensormodul mit zumindest drei am Drehflügler voneinander beabstandet anzuordnenden Empfängereinheiten aufweist, und die ein am Drehflügler anzuordnendes Auswertemittel aufweist zum Bestimmen einer Relativposition des Drehflüglers zu einem Positionsmodul der Landefläche aus von den Empfängereinheiten empfangenen Signalen des Positionsmoduls.

[0023] Zweckmäßigerweise weist das Sensormodul zumindest einer Signaleinheit auf, und das Auswertemittel ist zum Bestimmen eines Abstands von der Signaleinheit zu der von der Signaleinheit angestrahlten Landefläche vorbereitet.

[0024] Außerdem ist die Erfindung auf einen Drehflügler mit einer wie oben beschriebenen Vorrichtung gerichtet.

[0025] Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Die Zeichnung und die Beschreibung enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination, die der Fachmann zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen wird.

[0026] Es zeigen:

[0027] Fig. 1 einen Drehflügler im Landeanflug auf einen Sattelschlepper,

[0028] Fig. 2 einen Drehflügler über einer Landefläche eines Schiffs in der Sendekeule eines Positionsmoduls,

[0029] Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Sendemoduls im Drehflügler und eines Positionsmoduls in der Landefläche,

[0030] Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Relativposition des Drehflüglers über der Landefläche,

[0031] Fig. 5 Messsignale eines landenden Drehflüglers und

[0032] Fig. 6 Messsignale eines landenden Drehflüglers mit einem reflektierenden Positionsmodul.

[0033] In Fig. 1 ist in schematischer Weise ein Sattelschlepper 2 mit einer Landefläche 4 auf einem Auflieger 6 dargestellt, auf der ein unbemannter Drehflügler 8 landen soll. Das Heranführen des Drehflüglers 8 an die Landefläche 4 kann autonom durch den Drehflügler 8 mittels Satellitennavigation, z.B. GPS, erfolgen. Es bietet sich die Verwendung ziviler Systeme an, die auch den hohen Anforderungen eines solchen Heranführens gewachsen sind. Hierzu umfasst der Drehflügler 8 eine GPS-Antenne mit einer guten Rundumsicht.

[0034] Um eine präzise und sichere Landung zu ermöglichen, ist in der Mitte der Landefläche ein Positionsmodul 10 angeordnet, das in Form einer Sendebake ausgeführt ist. Die Sendebake sendet einen elektromagnetischen Positionierungsstrahl 12 im Millimeterwellenbereich, zweckmäßigerweise im K-Band, z.B. bei 24 GHz, senkrecht nach oben, der eine senkrecht nach oben gerichtete Sendekeule bildet (s. auch Fig. 2 in einer Anwendung im maritimen Bereich). Die Sendekeule reicht nur in den unmittelbaren Nahbereich, beispielsweise 10 m bis 20 m über der Landefläche 4 und 5 m bis 10 m um die Landefläche 4. Im Gegensatz zu einem Funkleitstrahl kann das Signal des Positionsmoduls 10 über seinen Wirkungsbereich frei von einer Richtungsmarkierung sein, also nur eine einzige Zone aufweisen, nämlich seinen Wirkungsbereich, und z.B. homogen sein - selbstverständlich bis auf eine nicht zu vermeidende Amplitudenverringerung in der Entfernung und an den Seiten der Sendekeule.

[0035] Erreicht der Drehflügler 8 diesen Positionierungsstrahl 12 bzw. dessen Sendekeule so kann er selbständig mit Hilfe eines Sensormoduls 14 (s. Fig. 3) auf der Landefläche 4 landen.

[0036] Das Heranführen des Drehflüglers 8 an die Landefläche 4 und das Landen kann während der Fahrt des Sattelschleppers 2 erfolgen. Bei einer Fährt führt jedoch der Auflieger 6 und damit die Landfläche 4 neben der horizontalen Fahrbewegung auch eine Bewegung herauf und herunter und Kippbewegungen um alle drei Raumachsen aus, je nach Straßenbeschaffenheit mehr oder weniger. Bei einem starr in der Landefläche 4 befestigten Positionsmodul 10 würde der Positionierungsstrahl 12, wie durch die gestrichelten Bereiche angedeutet ist, wackeln, so dass ein Landevorgang erheblich gestört wäre. Um eine solche Störung zu vermeiden, ist das Positionierungsmodul 10 kardanisch aufgehängt - wie zu Fig. 3 beschrieben ist - und wird zum Ausgleich von Bewegungen der Landefläche 4 relativ zur Landefläche 4 bewegt. Diese Bewegung ist so geführt, dass der Positionierungsstrahl 12 unabhängig von der Bewegung der Landefläche 4 stets senkrecht nach oben gerichtet ist und nur eine Fahrbewegung der Landefläche 4 - und eine geringe und unkritische senkrechte Bewegung der Landefläche 4 - mit vollzieht.

[0037] Fig. 2 zeigt den Drehflügler 8 nach Erreichen des Positionierungsstrahls 12 in einem Anwendungsbeispiel einer Landefläche 4 auf einem Schiff 16. Selbstverständlich kann es sich bei dem mit dem Bezugszeichen 16 gekennzeichneten Schiff in der Realität beispielsweise auch um eine Ölplattform handeln. Soll der Positionierungsstrahl 12 nicht ständig ausgesandt werden oder nicht manuell eingeschaltet werden müssen, so besteht die Möglichkeit, dass der Drehflügler 8 nach, bei oder kurz vor Erreichen der durch einen Anflug vorgegebenen Position, z.B. eine vom GPS vorgegebenen Position, ein Signal 18 aussendet, das von einem Empfänger des Positionsmoduls 10 empfangen wird. Auf dieses Signal 18 hin schaltet das Positionsmodul 10 von einem Ruhemodus, in dem es den Positionierungsstrahl 12 nicht sendet und diesbezüglich inaktiv ist, in einen Sendemodus um, in dem der Positionierungsstrahl 12 gesendet wird. Das Signal 18 kann mit einem Code versehen sein, wobei das Positionsmodul 10 nach Erkennen des Einschaltcodes als solchen sein Signal einschaltet. Auf diese Weise kann ein ungewolltes Einschalten des Positionierungsstrahls 12 weitgehend sicher verhindert werden.

[0038] Befindet sich der Drehflügler 8 in der Sendekeule des aktivierten Positionierungsstrahls 12, so kann der eigentliche Landevorgang beginnen. Hierfür ist der Drehflügler 8 mit einem Sensormodul 14 versehen, das in Fig. 3 schematisch dargestellt ist. Das Sensormodul 14 umfasst vier Empfängereinheiten 20. Es besteht die Möglichkeit, zusätzlich zu den vier Empfängereinheiten 20 eine oder mehrere Sendeeinheiten vorzusehen oder die Empfängereinheiten 20 mit Sendeeinheiten zu Signaleinheiten 22 zu kombinieren, wie in Fig. 5 dargestellt ist. Die Signaleinheiten 22 sind jeweils mit Millimeterwellen-Modulen bestückt, die eine Sende- und Empfangsantenne und eine Sende- und Empfangsstufe aufweisen (bei Empfängereinheiten 20 und Sendeeinheiten jeweils nur eine entsprechende Antenne und Stufe), so dass die Empfängereinheiten 20 und insbesondere die Sendeeinheiten Millimeterwellen verarbeiten bzw. ausstrahlen.

[0039] Die Empfängereinheiten 20 bzw. Signaleinheiten 22 sind am Drehflügler 8 an unterschiedlichen Bauteilen voneinander beabstandet angeordnet, wie in Fig. 1 und Fig. 2 am Beispiel der Empfängereinheiten 20 angedeutet ist. Je eine Empfängereinheit 20 ist am vorderen und hinteren Rumpfteil befestigt und je eine Empfängereinheit 20 an der linken und rechten Kufe. Durch die großen Abstände der Empfängereinheiten 20 zueinander kann eine hohe Messgenauigkeit der Empfängereinheiten 20 erreicht werden.

[0040] Mit den Empfängereinheiten 20 verbunden ist ein Auswertemittel 24 zum Auswerten der von den Empfängereinheiten 20 empfangenen Signale und ggf. zum Steuern der Erzeugung der Signale 26 der Signaleinheiten 22 (Fig. 5). Die Auswerteergebnisse werden an eine Steuereinheit 28 weitergegeben, die zur Steuerung von Aktoren des Drehflüglers 8 vorbereitet ist und insgesamt zur Steuerung des Flugs des Drehflüglers 8 vorgesehen sein kann.

[0041] In Fig. 3 ist außerdem die bewegliche Anordnung des Positionsmoduls 10 in der Mitte der Landefläche 4 angedeutet. Ein Sendemodul 30 ist z.B. mittels einer kardanischen Aufhängung 32 mit einem Gewicht 34 verbunden, das deutlich schwerer ist als das Sendemodul 30 und das Sendemodul 30 vertikal ausgerichtet hält. Zum Abbau von unerwünschten Schwingungen kann die Aufhängung 32, z.B. bei einer Anwendung auf einem Schiff 16, eine geschwindig-

keitsabhängige Bremse aufweisen.

[0042] Bei einem Landevorgang wird die Strahlung des Positionierungsstrahls 12 von den Empfängereinheiten 20 empfangen und auf ihre Amplitude und bei einem frequenzmodulierten Signal des Positionsmoduls 10 auch oder alternativ auf ihre Frequenz ausgewertet. Im Folgenden wird ein Landevorgang anhand einer Amplitudenauswertung beschrieben.

[0043] Wie in Fig. 4 angedeutet, befindet sich der Drehflügler 8 über der Landefläche 4 und sei im Bereich des Positionierungsstrahls 12 wie in Fig. 2 dargestellt. Zur Vereinfachung der Darstellung habe er - anders als in Fig. 1 gezeichnet - zwei vordere Empfängereinheiten 20a, 20b und zwei hintere Empfängereinheiten 20c, 20d, wobei die Empfängereinheiten 20a und 20c rechts und die Empfängereinheiten 20b und 20d links angeordnet sind. Bei der in Fig. 4 dargestellten Position des Drehflüglers 8 über der Landefläche 4 empfängt die Empfängereinheit 20a das stärkste Signal mit der Amplitude A, Empfängereinheit 20b ein schwächeres Signal mit der Amplitude B, Empfängereinheit 20c ein noch schwächeres Signal mit der Amplitude C und Empfängereinheit 20d das schwächste Signal mit der Amplitude D. Es sei

$$\Delta_{V,H} = (A + B) - (C + D) \text{ und}$$

$$\Delta_{R,L} = (A + C) - (B + D),$$

wobei dann gilt

$\Delta_{V,H} > 0$: Der Drehflügler ist zu weit hinten,

$\Delta_{V,H} < 0$: Der Drehflügler ist zu weit vorne,

$\Delta_{R,L} > 0$: Der Drehflügler ist zu weit links,

$\Delta_{R,L} < 0$: Der Drehflügler ist zu weit rechts.

[0044] Entsprechend der Amplituden veranlasst das Auswertemittel 24 eine Bewegung des Drehflüglers 8 nach vorne, hinten, rechts oder links, wie durch die gestrichelten Pfeile in Fig. 4 dargestellt ist, bzw. einer kombinierten Bewegung daraus, so dass $\Delta_{V,H}$ und $\Delta_{H,L}$ möglichst einen gewünschten Wert einnehmen, z.B. verschwinden Damit nimmt Drehflügler 8 eine vorbestimmte horizontale Relativposition über dem Positionsmodul 10 ein, z.B. horizontal zentriert über dem Positionsmodul 10 und damit horizontal zentriert über der Landefläche 4. Ist die vorbestimmte horizontale Relativposition erreicht, kann der Drehflügler 8 nach unten geführt und gelandet werden. Hierbei wird die vorbestimmte horizontale Relativposition in regelmäßigen Abständen oder kontinuierlich überwacht und die Position des Drehflüglers 8 ggf. nachkorrigiert.

[0045] Bei dem in Fig. 5 dargestellten Ausführungsbeispiel wird eine Positionierung des Drehflüglers 8 durch ein von der Bake empfangendes Positionierungssignal 12 unterstützt durch eine Abstandsmessung. Hierzu ist das Sensormodul 14 zusätzlich mit zumindest einer Sendeeinheit bzw. einer Signaleinheit 22 ausgestattet, in Fig. 5 mit vier Signaleinheiten 22. Diese auch als Sendeeinheiten dienenden Module strahlen die Landefläche 4 mit ihrem Signal 26 an, das von der Landefläche 4 reflektiert und von den als Empfangseinheiten dienenden Signaleinheiten 22 wieder empfangen wird.

[0046] Anhand der Signallaufzeit wird die Entfernung der jeweiligen Signaleinheit 22 von der Landefläche 4 bestimmt. Zusätzlich kann mittels Dopplermessung die Relativgeschwindigkeit der Signaleinheiten 22 zur Landefläche 4 bestimmt werden.

[0047] Bei dem in Fig. 5 dargestellten Ausführungsbeispiel wird zusätzlich zum reflektierten Signal 26 auch das Signal des der Positionierungsstrahls 12 empfangen, so dass neben der Bestimmung des Abstands auch die Bestimmung der Relativposition vom Auswertemittel 24 vorgenommen wird. Durch die Verwendung von jeweils nur einer Empfangsstufe in den Signaleinheiten 22 geschieht der Empfang der beiden Signale nicht gleichzeitig sondern in einem rhythmischen Wechsel. So wird je 50 ms das eine und das andere Signal empfangen und abwechselnd Abstand (und Geschwindigkeit) und Position bestimmt.

[0048] Durch die vier Signaleinheiten 22 kann außerdem eine horizontale Ausrichtung des Drehflüglers 8 relativ zur Landefläche 4 bestimmt werden und der Drehflügler 8 kann in einer gewünschten Kippung oder horizontal ausgerichtet werden. In Fig. 5 ist der Drehflügler 8 gekippt zur Landefläche 4 dargestellt. Dies kann durch eine nicht horizontale Ausrichtung des Drehflüglers 8 bedingt sein oder durch eine nicht horizontale Ausrichtung der Landefläche 4, z.B. bei einem durch Seegang bewegten Schiff 16, wie durch die beiden Pfeile 36 dargestellt ist. Zur Unterscheidung dieser beiden Fälle einer relativ zueinander verkippten Position ist das Sensormodul 14 mit einem Trägheitssensor 38 ausgestattet, mit dem das Auswertemittel 24 eine Bewegung des Drehflüglers 8 bestimmen kann. Ist die Bewegung der Landefläche 24 unabhängig von der Bewegung des Drehflüglers 8, so kann auf eine Bewegungsdynamik der Landefläche 4 geschlossen werden und ein Landevorgang kann in Abhängigkeit von der Bewegungsdynamik gesteuert werden. Auch ein Abbruch eines Landevorgangs oder die Ausgabe einer Warnung an Bodenpersonal bzw. eine Aufforderung zu einer manuellen Überwachung oder Steuerung kann vom Auswertemittel 24 veranlasst werden.

[0049] Bei dem in Fig. 6 gezeigten Ausführungsbeispiel ist in der Mitte der Landfläche 4 ein Positionsmodul 40 angebracht, das einen Signalreflektor zum Aussenden seines Signals aufweist. Hierfür wird es von den Signaleinheiten 22 angestrahlt und reflektiert deren Signal, dass sie wieder empfangen. Zur Unterscheidung der Reflexion von der Landefläche 4 und vom Reflektor kann die Amplitude über die Laufzeit ausgewertet werden, da die Reflexion von der Landefläche 4 ein über die Laufzeit etwas breiteres Signal liefert als die Reflexion vom Reflektor, die ein zeitscharfes Signal erzeugt. Auf diese Weise kann ein aktives Senden des Positionsmoduls 40 entfallen oder es kann auch bei einem ausgefallenen aktiven Sender des Positionsmoduls 40 gelandet werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

2	Sattelschlepper
4	Landefläche
6	Auflieger
8	Drehflügler
10	Positionsmodul
12	Positionierungsstrahl
14	Sensormodul
16	Schiff
18	Signal
20	Empfängereinheit
22	Signalmittel
24	Auswertemittel
26	Signal
28	Steuereinheit
30	Sendemodul
32	Aufhängung
34	Gewicht
36	Pfeil
38	Trägheitssensor
40	Positionsmodul

Patentansprüche

1. Verfahren zum selbständigen Landen eines Drehflüglers (8), der ein Auswertemittel (24) und ein Sensormodul (14) mit zumindest drei am Drehflügler (8) voneinander beabstandet angeordneten Empfängereinheiten (20) aufweist, bei dem ein Millimeterwellen-Signal eines Positionsmoduls (10) einer Landefläche (4) von den Empfängereinheiten (20) empfangen wird und das Auswertemittel (24) aus Signalen der Empfängereinheiten (20) eine Relativposition des Drehflüglers (8) zum Positionsmodul (10) bestimmt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehflügler (8) mit Hilfe der Signale der Empfängereinheiten (20) in vorbestimmte horizontale Relativposition über dem Positionsmodul (10) gebracht und anschließend nach unten gelandet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehflügler (8) mit Hilfe eines Amplitudenvergleichs und/oder eines Phasenvergleichs der Signale der Empfängereinheiten (20) in eine vorbestimmte horizontale Relativposition über dem Positionsmodul (10) gebracht wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich mit zumindest einer Signaleinheit (22) des Sensormoduls (14) ein Abstand vom Sensormodul (14) zu der von der Signaleinheit (22) angestrahlten Landefläche (4) bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bestimmung des Abstands und die Bestimmung der Relativposition in einem rhythmischen Wechsel vorgenommen werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sensormodul (14) zumindest drei Signaleinheiten (22) umfasst und das Auswertemittel (14) eine horizontale Ausrichtung des Drehflüglers (8) relativ zur Landefläche (4) bestimmt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Bewegungsdynamik der Landefläche (4) ermittelt und ein Landevorgang in Abhängigkeit von der Bewegungsdynamik gesteuert wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Positionsmodul (10) sein Signal aktiv erzeugt und aussendet, insbesondere senkrecht zur Landefläche (4).

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Positionsmodul (10) sein Signal vom Zentrum der Landefläche (4) ausstrahlt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Positionsmodul (10) während eines Sendens seines Signals zum Ausgleich von Bewegungen der Landefläche (4) relativ zur Landefläche (4) bewegt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Positionsmodul (10) auf ein Signal des Sensormoduls (14) hin von einem Ruhemodus in einen Sendemodus umschaltet.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sensormodul (14) des Drehflüglers (8) einen Code sendet, durch den das Positionsmodul (10) aktiviert wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Positionsmodul (10) der Landefläche 4) einen Signalreflektor zum Aussenden seines Signals aufweist.

14. Vorrichtung zum selbständigen Landen eines Drehflüglers (8) mit einem am Drehflügler (8) anzuordnenden Sensormodul (14) mit zumindest drei am Drehflügler (8) voneinander beabstandet anzuordnenden Empfängereinheiten (20) und einem am Drehflügler (8) anzuordnenden Auswertemittel (14) zum Bestimmen einer Relativposition des Drehflüglers (8) zu einem Positionsmodul (10) der Landefläche (4) mittels von den Empfängereinheiten (20) empfangenen Millimeterwellen-Signalen des Positionsmoduls (10).

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sensormodul (14) zumindest eine Signaleinheit (22) aufweist und das Auswertemittel (14) zum Bestimmen eines Abstands von der Signaleinheit (22) zu der von der Signaleinheit (22) angestrahlten Landefläche (4) vorbereitet ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung das Positionsmodul (10) der Landefläche (4) enthält.

17. Drehflügler (8), **dadurch gekennzeichnet**, dass er eine Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15 enthält.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

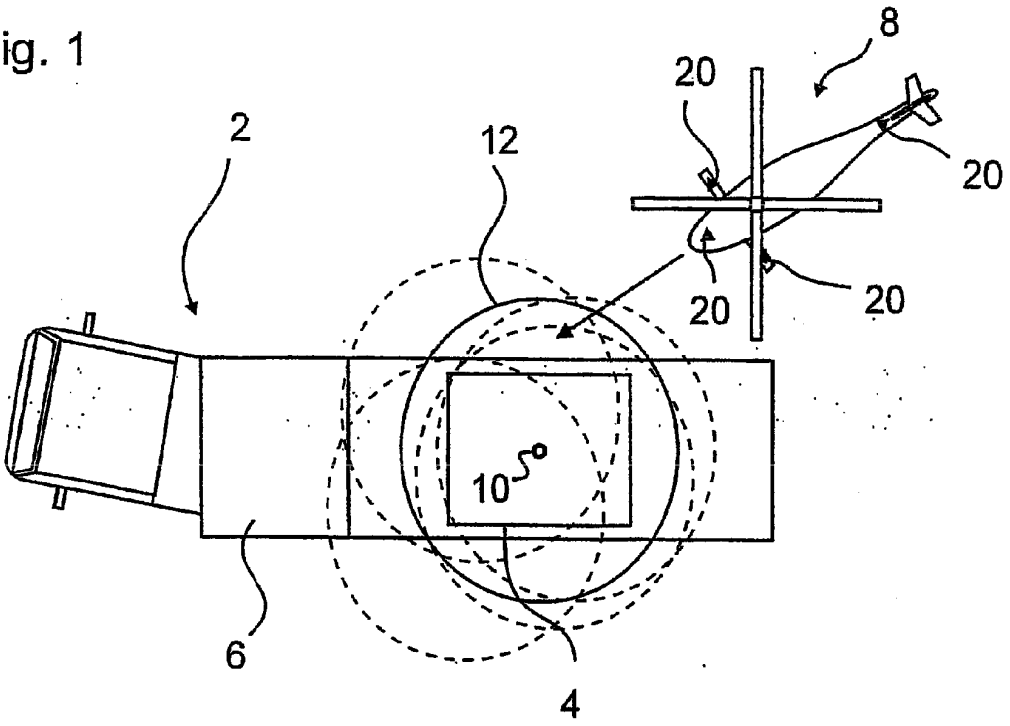


Fig. 2

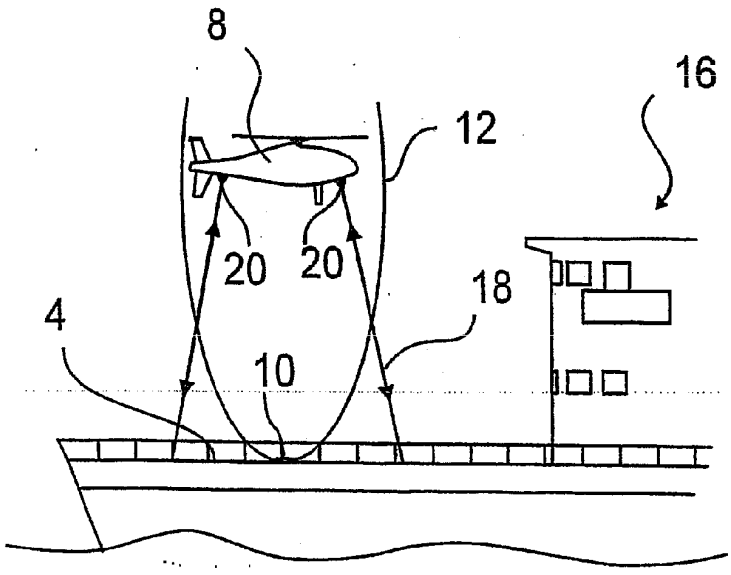


Fig. 3

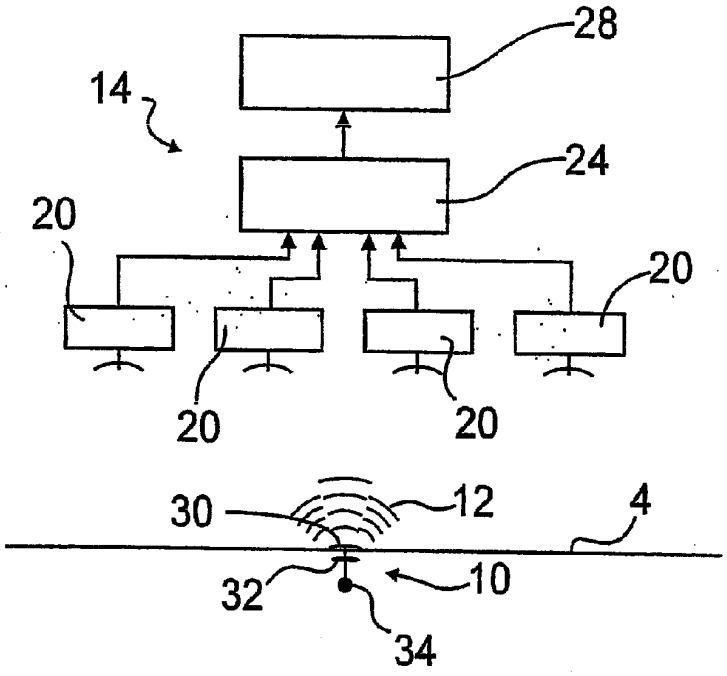


Fig. 4

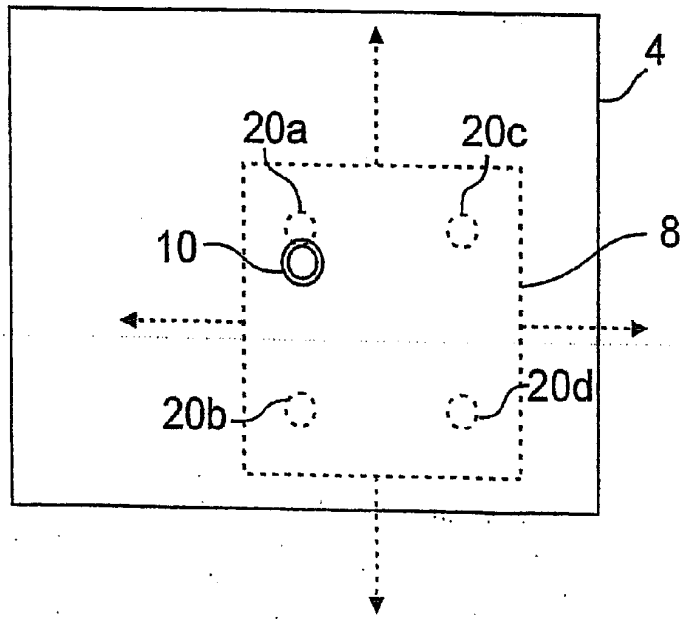


Fig. 5

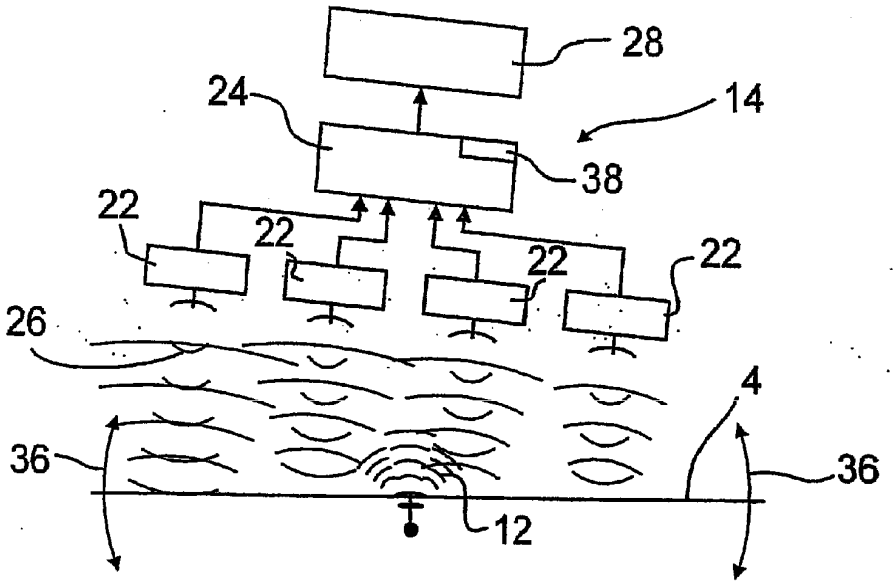


Fig. 6

