



(10) **DE 10 2014 117 526 A1** 2015.06.25

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 117 526.3**

(22) Anmeldetag: **28.11.2014**

(43) Offenlegungstag: **25.06.2015**

(51) Int Cl.: **G08G 5/00** (2006.01)  
**G08G 5/04** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**14/133,756** **19.12.2013** **US**

(71) Anmelder:  
**International Business Machines Corporation,**  
**Armonk, N.Y., US**

(74) Vertreter:  
**Richardt Patentanwälte PartG mbB, 65185**  
**Wiesbaden, DE**

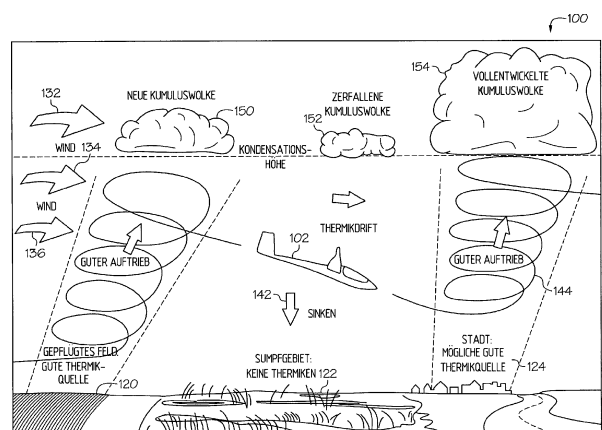
(72) Erfinder:  
**Lynar, Timothy M., c/o IBM Corp., Melbourne, AU;**  
**Smith, Olivia J., c/o IBM Corp., Melbourne, AU;**  
**Wagner, John M., c/o IBM Corp., Melbourne, AU**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verwalten von Flugrouten eines segelnden Luftfahrzeugs**

(57) Zusammenfassung: Offenbart werden ein neuartiges System und Verfahren zum Anpassen einer Flugroute eines Luftfahrzeugs. Das Verfahren beginnt mit dem Berechnen einer Flugroute eines Luftfahrzeugs von einem Anfangspunkt zu einem Endpunkt unter Einbeziehung vorhergesagter Witterungseinflüsse an unterschiedlichen Punkten in Raum und Zeit. Das Verfahren gelangt in eine Iterationsschleife für die Flugroute. In der Iterationsschleife wird jeder der folgenden Schritte durchgeführt. Zunächst erfolgt der Zugriff auf Auftriebsdaten aus einem differenzierten Wettermodell, das zu einem interessierenden geografischen Bereich gehört. Die Auftriebsdaten sind Daten zur Berechnung einer Kraft, die dem Gewicht des Luftfahrzeugs direkt entgegengesetzt ist. Darüber hinaus wird auf Auftriebsdaten zugegriffen, die von Sensoren geliefert werden, die mit dem Luftfahrzeug verbunden sind. Die Auftriebsdaten sind eines oder mehreres aus 1) Thermikdaten, 2) Aufwindauftriebsdaten, 3) Wellenauftriebsdaten, 3) Konvergenzauftriebsdaten und 4) Daten über den dynamischen Auftrieb. Es werden verschiedene Ausführungsformen offenbart.



**Beschreibung****HINTERGRUND**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Flugrouten von Luftfahrzeugen und insbesondere die Flugroute eines segelnden Luftfahrzeugs, während es Auftriebskräfte nutzt.

**[0002]** Ursprünglich wurde das Segeln und Gleiten genutzt, um die Dauer von Flügen zu erhöhen. Bald danach versuchten Piloten jedoch, Flüge abseits des Startplatzes zu unternehmen. Verbesserungen bei der Aerodynamik und ein besseres Verständnis der Wettererscheinungen haben größere Entfernungen und höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten möglich gemacht. Große Entfernungen werden jetzt unter Verwendung der Hauptquellen aufsteigender Luft geflogen: Aufwinde, Thermiken und Leewellen. Unter günstigen Bedingungen können erfahrene Piloten jetzt hunderte Kilometer fliegen, bevor sie zu ihren Heimatflughäfen zurückkehren.

**[0003]** Segelflugzeuge werden für Aufgaben wie Suche und Rettung, Überwachung, Transport sowie in der Freizeit genutzt. Segelflugzeuge sind darauf angewiesen, dass die meteorologischen Bedingungen Auftriebskraft bereitstellen; demzufolge verläuft die optimale Route von A nach B oftmals nicht direkt.

**KURZDARSTELLUNG**

**[0004]** Offenbart werden ein neuartiges System und Verfahren zur Flugroutenberechnung auf der Grundlage differenzierter Wettervorhersagen, Kurzvorhersagen und der Routensuche. Auf der Grundlage kontinuierlich aktualisierter Vorhersagen ermittelt die gegenwärtig beanspruchte Erfindung unter Verwendung differenzierter Informationen über aktuelle und zukünftige Aufwindpositionen und Windrichtung eine Route zum Ziel.

**[0005]** Bei einem Beispiel wird ein mittels Computer realisiertes Verfahren zum Anpassen einer Flugroute eines Luftfahrzeugs beschrieben. Das Verfahren beginnt mit dem Berechnen einer Flugroute eines Luftfahrzeugs von einem Anfangspunkt zu einem Endpunkt unter Einbeziehung vorhergesagter Witterungseinflüsse an unterschiedlichen Punkten in Raum und Zeit. Das Verfahren gelangt in eine Iterationsschleife für die Flugroute. In der Iterationsschleife wird jeder der folgenden Schritte durchgeführt. Zunächst erfolgt der Zugriff auf Auftriebsdaten aus einem differenzierten Wettermodell, das einem interessierenden geografischen Bereich zugeordnet ist. Die Auftriebsdaten werden verwendet, um eine Kraft zu berechnen, die dem Gewicht des Luftfahrzeugs direkt entgegengesetzt ist. Darüber hinaus ist der Zugriff auf Auftriebsdaten möglich, die von Sensoren geliefert werden, die mit dem Luftfahrzeug verbunden

sind. Bei den Auftriebsdaten handelt es sich um eines oder mehreres aus 1) Thermikdaten, wenn Luft aufgrund der Temperatur aufsteigt, 2) Auftriebsdaten aufgrund von Aufwinden, wenn Luft durch einen Hang nach oben geleitet wird, 3) Auftriebsdaten aufgrund von Wellen, wenn ein Berg eine stehende Welle erzeugt, 4) Auftriebsdaten aufgrund von Konvergenzen, wenn zwei Luftmassen aufeinandertreffen, und 5) Daten über den dynamischen Auftrieb, wenn Unterschiede bei den Windgeschwindigkeiten in verschiedenen Höhen verwendet werden.

**[0006]** Anpassungen der Flugroute werden auf der Grundlage einer Kombination aus den Auftriebsdaten aus dem differenzierten Wettermodell und den Auftriebsdaten von Sensoren und anderen Wetterdaten berechnet. Bei einem Beispiel werden auch Crowdsourcing-Daten verwendet (Crowdsourcing = „kollektive Intelligenz“). Diese Berechnungen können in dem Luftfahrzeug, in einem anderen Luftfahrzeug, in Bodenstationen oder in einer Kombination davon durchgeführt werden. Außerdem können Anpassungen der Flugroute auch von anderen Luftfahrzeugen empfangen werden. Die Flugroute wird auf der Grundlage der durchgeführten Anpassungen geändert. Die Flugrouteninformationen werden bei einem weiteren Beispiel mit anderen Luftfahrzeugen gemeinsam genutzt.

**KURZBESCHREIBUNG DER VERSCHIEDENEN ANSICHTEN IN DEN ZEICHNUNGEN**

**[0007]** Die beigelegten Figuren, bei denen gleiche Bezugsnummern in den einzelnen Ansichten identische oder funktional ähnliche Elemente bezeichnen und die zusammen mit der folgenden ausführlichen Beschreibung in die Beschreibung einbezogen sind und einen Teil der Beschreibung bilden, dienen zur weiteren Veranschaulichung verschiedener Ausführungsformen und zur Erläuterung verschiedener Grundprinzipien und Vorteile gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei:

**[0008]** Fig. 1 eine Zeichnung eines segelnden Luftfahrzeugs ist, das Thermikauftrieb nutzt;

**[0009]** Fig. 2 eine Zeichnung eines segelnden Luftfahrzeugs ist, das Aufwindauftrieb nutzt;

**[0010]** Fig. 3 eine Zeichnung eines segelnden Luftfahrzeugs ist, das Konvergenzauftrieb nutzt;

**[0011]** Fig. 4 eine Zeichnung eines segelnden Luftfahrzeugs ist, das Wellenauftrieb nutzt;

**[0012]** Fig. 5 eine Zeichnung eines segelnden Luftfahrzeugs ist, das dynamischen Auftrieb nutzt;

**[0013]** Fig. 6 eine Zeichnung mit drei Luftfahrzeugen ist, die Auftriebsdaten aus verschiedenen Quellen gemeinsam nutzen;

**[0014]** Fig. 7 eine Zeichnung der Hauptquellen von Eingangsdaten für einen Flugroutenprozessor ist;

**[0015]** Fig. 8 eine Tabelle mit Daten aus verschiedenen Quellen, von verschiedenen geografischen Positionen und aus verschiedenen Zeiträumen ist;

**[0016]** Fig. 9 ein Flussdiagramm der Verarbeitung von Auftriebsdaten ist; und

**[0017]** Fig. 10 ein Blockschema eines Informationsverarbeitungssystems ist, dass als Flugroutenprozessor verwendet werden kann.

## AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0018]** Den Anforderungen entsprechend werden hierin ausführlich beschriebene Ausführungsformen offenbart; es versteht sich jedoch, dass die offenbarten Ausführungsformen lediglich Beispiele sind und die nachfolgend beschriebenen Systeme und Verfahren in verschiedenen Formen verkörpert sein können. Daher sind die hierin offenbarten jeweiligen strukturellen und funktionalen Einzelheiten nicht als einschränkend, sondern lediglich als Grundlage für die Ansprüche und als typische Grundlage auszulegen, um dem Fachmann zu vermitteln, dass der vorliegende Gegenstand in verschiedener Weise in praktisch jeder beliebigen, entsprechend detailliert gestalteten Struktur und Funktion realisiert werden kann. Ferner sind die hierin verwendeten Begriffe und Ausdrücke nicht als einschränkend sondern vielmehr als verständliche Beschreibung der Konzepte gedacht.

**[0019]** Die Beschreibung der vorliegenden Erfindung soll der Veranschaulichung und Beschreibung dienen, ist jedoch nicht als erschöpfend gedacht oder auf die Erfindung in der offenbarten Form beschränkt. Für den Fachmann sind viele Modifikationen und Variationen denkbar, ohne dass diese eine Abweichung vom Schutzbereich und Grundgedanken der Erfindung darstellen würden. Die Ausführungsform wurde ausgewählt und beschrieben, um die Grundgedanken und die praktische Anwendung der Erfindung auf bestmögliche Weise zu erklären und anderen Fachleuten ein Verständnis dafür zu ermöglichen, dass verschiedene Ausführungsformen der Erfindung mit verschiedenen Modifikationen denkbar sind, die sich für die jeweils beabsichtigte Verwendung eignen.

**[0020]** Ein wichtiger Bestandteil der beanspruchten Erfindung ist der Begriff „differenzierte Wettervorhersagen“. Das genaue Vorhersagen des Wetters ist bereits ein schwieriges Datenverarbeitungsproblem. Das Vorhersagen des Wetters für eine bestimmte geografische Position bis zu einer Genauigkeit von

einem Quadratkilometer und der Art und Weise, in der sich das Wetter auf die Menschen und die Infrastruktur dort auswirkt, ist ein ganz anderes Problem. Und es ist die Art von „hyperlokaler“ Vorhersage, die Deep Thunder von IBM bereitstellt.

**[0021]** Präzisions-Wettervorhersagen bzw. „differenzierte Wettervorhersagen“ wurden ursprünglich 1996 bei IBM eingerichtet. Gegenwärtig ist die Technologie von IBM unter dem Namen „Deep Thunder“ bekannt, siehe die Online-URL ([en.wikipedia.org/wiki/IBM\\_Deep\\_Thunder](http://en.wikipedia.org/wiki/IBM_Deep_Thunder)). Deep Thunder bietet lokale hochauflösende Wettervorhersagen, die auf bestimmte wetterempfindliche Unternehmensaktivitäten zugeschnitten sind. Beispielsweise könnte es verwendet werden, um 84 Stunden im Voraus die Windgeschwindigkeit auf einer olympischen Tauchplattform oder eine Überflutung vorherzusagen, oder vorherzusagen, wo durch schwere Stürme Schlammlawinen ausgelöst oder Stromleitungen beschädigt werden könnten. Im Gegensatz zu den langfristigen strategischen Wettervorhersagen, die viele Unternehmen zur Planung ihrer Geschäftstätigkeit nutzen, konzentriert sich Deep Thunder auf Wettervorhersagen in einem kleinen geografischen Bereich mit einer sehr feinen zeitlichen Differenzierung. Zum Beispiel hat IBM 2001 im Stadtgebiet von New York ein Versuchsfeld eingerichtet. Es wurde ein 3-D-Gitter aus tausenden Blöcken mit einer Größe von jeweils einem Kubikkilometer Größe eingerichtet. In jedem Würfel des Gitters konnten Berechnungen durchgeführt werden, um sehr örtliche und präzise Vorhersagen zu erzeugen. Darüber hinaus begann das Team, an der Art der Innovationen bei Modellierung, Vorhersage und Datenvisualisierung zu arbeiten, die es einem Unternehmen erleichtern könnten, intelligentere logistische, planerische und betriebliche Entscheidungen in kürzerer Zeit und mit größerer Verlässlichkeit zu treffen.

**[0022]** Die gegenwärtig beanspruchte Erfindung stellt ein neuartiges System und Verfahren zur Flugroutenberechnung auf der Grundlage differenzierter Wettervorhersagen, Kurzvorhersagen und Routensuche bereit. Auf der Grundlage kontinuierlich aktualisierter Vorhersagen kann unter Verwendung differenzierter Informationen über aktuelle und zukünftige Aufwindpositionen und Windrichtung eine Route zum Ziel gefunden werden.

## Nichteinschränkende Definitionen

**[0023]** Die hierin verwendete Terminologie dient ausschließlich zur Beschreibung bestimmter Ausführungsformen und ist nicht als Einschränkung der Erfindung gedacht. In dem hier verwendeten Sinne schließen die Einzahlformen „ein/eine“ und „der/die/das“ auch die Pluralformen ein, sofern im Kontext nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist.

**[0024]** Der Begriff „Luftfahrzeug“ bezeichnet eine Maschine, die mithilfe der Unterstützung durch die Luft fliegen kann. Zu Luftfahrzeugen gehören Segelflugzeuge, Ballons, lenkbare Luftschiffe und Drachen ohne Antrieb. Zu Luftfahrzeugen gehören außerdem Gestaltungsformen mit feststehenden Tragflächen und einem oder mehreren Motoren zur Erzeugung von Vortrieb. Die Motoren können mit Kraftstoff oder mithilfe von Batterien betrieben werden. Zu Luftfahrzeugen gehören ebenfalls angetriebene Drehflügler einschließlich Hubschraubern.

**[0025]** Die Begriffe „weist auf“ bzw. „aufweisen/aufweisend“ bezeichnen das Vorhandensein angegebener Merkmale, Ganzzahlen, Schritte, Operationen, Elemente und/oder Komponenten, schließen jedoch das Vorhandensein oder die Hinzufügung eines bzw. einer oder mehrerer anderer Merkmale, Ganzzahlen, Schritte, Operationen, Elemente, Komponenten und/oder Gruppen davon nicht aus.

**[0026]** Der Begriff „Crowdsourcing-Daten“ bezeichnet Daten von einer Gruppe von Personen, die sich dazu entschieden haben, Daten für eine bestimmte Flugroute gemeinsam zu nutzen.

**[0027]** Der Begriff „differenziertes Wettermodell“, auch als „Mikrometeorologie“ oder „hyperlokales Vorhersagen“ bekannt, bezeichnet ein Wettermodell, mit dem das Wetter in einem bestimmten kleinen geografischen Bereich, d. h. weniger als ein Kilometer, für einen bestimmten Zeitraum vorhergesagt werden kann. Zeiträume von wenigen Sekunden bis wenigen Tagen sind normal. Dieses Modell sagt kleinere Merkmale wie zum Beispiel einzelne Schauer und Gewitter sowie andere Mikroerscheinungen mit ausreichender Genauigkeit voraus. Differenzierte Wettermodelle weisen zwei wichtige Merkmale auf – einen definierten geografischen Bereich und einen definierten Zeitraum. Entnommen von einer Online-URL ([http://en.wikipedia.org/wiki/Microscale\\_meteorology](http://en.wikipedia.org/wiki/Microscale_meteorology)) – „Mikrometeorologie ist die Untersuchung kurzlebiger Atmosphärenerscheinungen mit einer kleineren Ausdehnung als in der Mesometeorologie, d. h. von ca. 1 km oder darunter. Diese beiden Zweige der Meteorologie werden manchmal als „Meso- und Mikrometeorologie“ (MMM) zusammengefasst und dienen zur Untersuchung aller Erscheinungen in einem kleineren als dem synoptischen Maßstab; das heißt, sie untersuchen Merkmale, die im Allgemeinen zu klein sind, um auf einer Wetterkarte dargestellt werden zu können. Hierzu gehören kleine und im Allgemeinen flüchtige Wolkenbildungen und andere Wolkenmerkmale. Mit der Mikrometeorologie werden die wichtigsten Vermischungs- und Auflösungsprozesse in der Atmosphäre überwacht. Zu wichtigen Themengebieten der Mikrometeorologie gehören die Wärmeübertragung und der Gasaustausch zwischen Erdboden, Vegetation und/oder Oberflächengewässern und der Atmosphäre,

der durch bodennahe Turbulenzen verursacht wird. Bei der Messung dieser Transportprozesse werden mikrometeorologische Türme (Flux-Türme) verwendet. Zu häufig gemessenen oder abgeleiteten Werten gehören die Nettostrahlung, messbarer Wärmefluss, latenter Wärmefluss, Wärmespeicherung des Bodens und Ströme von Spurengasen, die wichtig für die Atmosphäre, Biosphäre und Hydrosphäre sind.“

**[0028]** Der Begriff „geografischer Bereich“ bezeichnet einen festgelegten Teil der Welt. Ein Zielbereich könnte ein kleiner vorgegebener geografischer Bereich sein, unter anderem ein Postleitzahlbereich, ein Stadion oder ein durch GPS-Koordinaten (GPS = Global Positioning System, weltweites Navigationssystem) festgelegter Bereich, in dem Auftriebsdaten für eine Flugroute verwendet werden.

**[0029]** Der Begriff „Auftrieb“ ist die Kraft, die dem Gewicht eines Flugzeugs direkt entgegengesetzt ist und das Flugzeug in der Luft hält. Der Auftrieb wird durch jeden Teil des Flugzeugs erzeugt, aber der größte Teil des Auftriebs an einem Flugzeug wird durch die Tragflächen erzeugt. Siehe die Online-Website <http://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/airplane/lift1.html>. Segelnde Luftfahrzeuge und segelnde Vögel nutzen den Auftrieb als Energiequelle, um in der Luft zu bleiben.

**[0030]** Der Begriff „Auftriebsdaten“ bezeichnet Daten von einem Wettersensor und weist Daten auf, wobei die Auftriebsdaten mindestens eines aufweisen aus: 1) Thermikdaten, wenn Luft aufgrund der Temperatur aufsteigt, 2) Auftriebsdaten aufgrund von Aufwinden, wenn Luft durch einen Hang nach oben geleitet wird, 3) Auftriebsdaten aufgrund von Wellen, wenn ein Berg eine stehende Welle erzeugt, 4) Auftriebsdaten aufgrund von Konvergenzen, wenn zwei Luftmassen aufeinandertreffen, und 5) Daten über den dynamischen Auftrieb, wenn Unterschiede bei den Windgeschwindigkeiten in verschiedenen Höhen verwendet werden.

**[0031]** Der Begriff „Sensor“ bezeichnet eine Einheit, die physikalische Attribute der äußeren Umgebung messen und die Messwerte von Licht, Bewegung, Temperatur, Magnetfeldern, Schwerkraft, Luftfeuchte, Nässe, Vibration, Druck, elektrischen Feldern, Schall, und anderen physikalischen Aspekten der äußeren Umgebung in Werte umwandeln kann, die mit Auftriebsdaten zusammenhängen und durch einen Computer verwendet werden können. Auftriebsdaten werden aus der Messung der Wärmeübertragung und des Gasaustauschs zwischen Erdboden, Vegetation und/oder Oberflächengewässern und der Atmosphäre abgeleitet, der durch bodennahe Turbulenzen verursacht wird. Zu häufig gemessenen oder abgeleiteten Werten gehören die Nettostrahlung, messbarer Wärmefluss, latenter Wärmefluss, Wärmespeicherung des Bodens und Ströme

von Spurengasen, die wichtig für die Atmosphäre, Biosphäre und Hydrosphäre sind.

**[0032]** Der Begriff „Zeitraum“ bezeichnet die Dauer, die zum Beispiel in Minuten gemessen wird, während der Auftriebsdaten als relevant angesehen werden.

#### Auftriebsquellen

**[0033]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** ist dort eine Zeichnung **100** eines segelnden Luftfahrzeugs **102** dargestellt, das Thermikauftrieb nutzt. Thermikauftrieb hängt von der Sonnenenergie und der relativen Erwärmung von Oberflächenstrukturen ab. Bei diesem Beispiel ist die allgemeine Windrichtung so dargestellt, dass sich der Wind von links nach rechts **132, 134, 136** bewegt. Drei geografische Merkmale sind dargestellt, ein Bauernhof mit einem gepflügten Feld **120**, ein Sumpfgebiet **122** und eine Stadt **124**. Wie dargestellt wird über einem gepflügten Feld **120** ein besserer Auftrieb **140** vorhergesagt und/oder gemessen. Ein schlechterer Auftrieb wird über dem Sumpfgebiet **122** vorhergesagt und/oder gemessen. Wie dargestellt wird der bessere Auftrieb **144** wieder über einer Stadt **124** vorhergesagt und/oder gemessen. Manchmal kann der Auftrieb auf der Grundlage der Wolkenart vorhergesagt werden. Über jedem geografischen Bereich ist ein Stadium der Formation einer Kumuluswolke dargestellt. Insbesondere weist der geografische Bereich über dem gepflügten Feld **120** eine neue Kumuluswolkenformation **150** auf. Der geografische Bereich über dem Sumpfgebiet **122** veranschaulicht eine zerfallene Kumuluswolkenformation **152**. Und der Bereich über der Stadt **124** veranschaulicht eine vollentwickelte Kumuluswolkenformation **154**.

**[0034]** **Fig. 2** ist eine Zeichnung **200** eines segelnden Luftfahrzeugs **202**, das einen Aufwindauftrieb **240** nutzt, der auch als Hangauftrieb bezeichnet wird. Aufwindauftrieb beruht auf Wind, der gegen ein geografisches Merkmal wie zum Beispiel einen Berg, einen Hügel, eine Felswand oder eine Firstlinie bläst. Um noch einmal darauf hinzuweisen, ist die allgemeine Windrichtung bei diesem Beispiel so dargestellt, dass sich der Wind von links nach rechts **232, 234, 236** bewegt. Bei diesem Beispiel wird der Wind durch die Firstlinie **220** nach oben abgelenkt.

**[0035]** **Fig. 3** ist eine Zeichnung **300** eines segelnden Luftfahrzeugs **302**, das einen Konvergenzauftrieb **340** nutzt. Konvergenzauftrieb beruht auf Wind oder Luftmassen, die sich in unterschiedliche Richtungen bewegen. Bei diesem Beispiel sind zwei Luftmassen **332** und **334** dargestellt, die sich in entgegengesetzte Richtungen bewegen. Während die Luftmassen ineinanderfließen, wird der Konvergenzauftrieb **340** erzeugt. Wie auch bei den anderen hierin erörterten Arten von Auftrieb können Wolkenformationen **350** dazu verwendet werden, die Vorhersage

und/oder Messung dieser Art von Auftrieb zu erleichtern.

**[0036]** **Fig. 4** ist eine Zeichnung **400** eines segelnden Luftfahrzeugs **402**, das Wellenauftrieb nutzt. Wellenauftrieb beruht auf Wind, der normalerweise mit Geschwindigkeiten von über 25 Meilen pro Stunde gegen ein geografisches Merkmal wie zum Beispiel einen Berg, einen Hügel, eine Felswand oder eine Firstlinie bläst. Der Wind **432, 434, 436** bläst über die Spitze des Berges **420** oder eines anderen Hindernisses und auf der entgegengesetzten Seite des Berges nach unten. Die Geschwindigkeit nimmt mit einer Höhe **440** zu. Auf der Leeseite des Berges **420** prallt der Wind an einer Schicht stabiler Luft **430** in der Nähe des Bodens ab und wird bis zu stabiler Luft viele tausend Fuß nach oben abgelenkt **442**, wo er wieder nach unten abgelenkt wird **444**. Diese Wellenaktion kann viele Male nacheinander auftreten **446, 448** und ähnelt sehr stark dem, was man beobachten kann, wenn Wasser über einen Baumstamm fließt, der in einem Fluss liegt.

**[0037]** **Fig. 5** ist eine Zeichnung **500** eines segelnden Luftfahrzeugs **502**, das dynamischen Auftrieb nutzt. Bei Verwendung von dynamischem Auftrieb, der auch als dynamisches Segeln bezeichnet wird, wird Energie durch wiederholtes Überqueren der Grenze zwischen Luftmassen unterschiedlicher horizontaler Geschwindigkeit und nicht durch aufsteigende Luft gewonnen. Derartige Zonen mit einem hohen „Windgradienten“ liegen normalerweise zu nahe am Boden, um in sicherer Weise durch Segelflugzeuge genutzt werden zu können. Bei diesem Beispiel ist die allgemeine Windrichtung so dargestellt, dass sich der Wind von links nach rechts **532, 534, 536** über die Spitze des Aufwinds **520** bewegt. Zu beachten ist, dass der Aufwind **520** optional ist. Wichtig zu beachten ist außerdem, dass die Grenzen zwischen unterschiedlichen Luftmassen ohne diese bergartigen geographischen Merkmale auftreten können. Auf der Leeseite des Berges **524** herrscht in Bodennähe **540** Flaute oder Windstille. Wie dargestellt entsteht zwischen den unterschiedlichen Luftmassenschichten eine Grenze **542**.

#### Flugrouten-Datenaustausch

**[0038]** **Fig. 6** ist ein Beispiel **600** mit drei Luftfahrzeugen **602, 604, 606**, die Auftriebsdaten aus verschiedenen Quellen gemeinsam nutzen. Um zu beginnen, könnte nur eines der Luftfahrzeuge **602, 604, 606** eine Flugroute gemäß der beanspruchten Erfindung aktualisieren. Die anderen Luftfahrzeuge könnten Routen fliegen, auf denen die hierin verwendeten Flugrouteninformationen nicht verwendet werden. Zur Vereinfachung wird angenommen, dass das Luftfahrzeug **602** keine Flugroute verwendet, die durch die gegenwärtig beanspruchte Erfindung ermittelt wird. Stattdessen gibt das Luftfahrzeug **602** Auf-

triebsdaten über eine drahtlose Datenaustauschverbindung **612** zurück an das segelnde Luftfahrzeug **604**, das wiederum Auftriebsdaten über eine drahtlose Datenaustauschverbindung **626** an das Luftfahrzeug **606** übergibt. Die gemeinsam genutzten Informationen können von einem oder mehreren an Bord befindlichen Sensoren (nicht dargestellt) am Luftfahrzeug **602** stammen. Die segelnden Luftfahrzeuge **604** und **606** sind jeweils so dargestellt, dass sie über eine drahtlose Datenaustauschverbindung **624** mit einer Bodenwetterstation **640** und über eine drahtlose Datenaustauschverbindung **630** mit einer Bodenwetterstationen **642** im Datenaustausch stehen. Diese Bodenstationen können auftriebsbezogene Daten einschließlich Wetterdaten bereitstellen. Außerdem ist ein alternativer Datenaustausch mit einem Satelliten **650** über drahtlose Datenaustauschverbindungen **622**, **628** und **634** dargestellt. All dies kann gemeinsam über ein weltweites Netzwerk mit einer Basisstation **662** genutzt werden, um Flugroutenberechnungen und die Speicherung früherer Flugrouten zu unterstützen. Auftriebsdaten können zeitweilig oder dauerhaft bei den Luftfahrzeugen **604** und **606**, Basisstationen **662** oder bei einer Kombination davon gespeichert werden. Wie durch die Pfeile in **Fig. 6** dargestellt, tauschen das Luftfahrzeug **604** und das Luftfahrzeug **606** und die Bodenwetterstationen **640**, **642** während des gesamten Fluges Auftriebsdaten wie bei dem Luftfahrzeug **604** und dem Luftfahrzeug **606** aus. Auftriebsdaten werden aus der Messung der Wärmeübertragung und des Gasaustauschs zwischen Erdboden, Vegetation und/oder Oberflächengewässern und der Atmosphäre abgeleitet, der durch bodennahe Turbulenzen verursacht wird. Zu häufig gemessenen oder abgeleiteten Werten gehören die Nettostrahlung, messbarer Wärmefluss, latenter Wärmefluss, Wärmespeicherung des Bodens und Ströme von Spurengasen, die wichtig für die Atmosphäre, Biosphäre und Hydrosphäre sind.

**[0039]** Außerdem werden Auftriebsdaten von den Bodenstationen **640**, **642** empfangen. Das Luftfahrzeug **604** und das Luftfahrzeug **606** leiten darüber hinaus diese Atmosphärendaten an die Satelliten **650** weiter, die ebenfalls im Datenaustausch mit den Bodenwetterstationen **640**, **642** stehen. Des Weiteren können das Luftfahrzeug **604** und das Luftfahrzeug **606** diese Daten auch an eines oder mehrere Luftfahrzeuge **602** weiterleiten, um Flugrouten und/oder Positionen zu koordinieren, Daten mit Atmosphäreninformationen gemeinsam zu nutzen und um Kollisionen oder die Überfüllung eines Luftraums zu vermeiden. Diese kontinuierliche und zeitweilige Weiterleitung von Atmosphäreninformationen zwischen dem Luftfahrzeug **604** und dem Luftfahrzeug **606**, den Atmosphäreninformationen-Bodenwetterstationen **640**, **642**, dem Satelliten **650** und der Basisstation **662** bildet teilweise ein Atmosphärendatennetzwerk **662**.

**[0040]** **Fig. 7** ist eine Zeichnung **700** der Hauptquellen von Eingangsdaten für einen Flugroutenprozessor **714**. Der Flugprozessor **714** ist über die Netzwerkverbindung **744** mit einer Möglichkeit zum Datenaustausch mit dem Netzwerk **730**, d. h. zum Empfangen, Verarbeiten, Senden, Weiterleiten und dergleichen, versehen.

**[0041]** Auftriebsdaten, die von dem an Bord der Luftfahrzeuge **604** und **606** befindlichen Sensor stammen, sind als mit dem Netzwerk **730** datenübertragungstechnisch verbunden dargestellt. Auftriebsdaten aus den Crowdsourcing-Daten **706** sind ebenfalls mit dem Netzwerk **730** verbunden. Darüber hinaus sind Auftriebsdaten von einem anderen Luftfahrzeug **712** und Auftriebsdaten von einer Bodenwetterstation oder einem Wasserturm **714** dargestellt. Der Flugroutenprozessor **714** ist mit dem Netzwerk **730**, z. B. mit dem Internet oder einem lokalen Netzwerk **730** verbunden.

**[0042]** Die Verbindungen **722**, **724**, **726**, **742**, **744**, **746**, **748**, **750** können direkt oder indirekt mit dem Netzwerk **730** verbunden sein. Es kann sich dabei beispielsweise um eine hartverdrahtete Verbindung oder um eine Verbindung handeln, die über einen drahtlosen Datenaustauschkanal drahtlos mit dem Netzwerk **730** verbunden ist. Obwohl viele Aspekte als diskrete Systeme dargestellt sind, fallen diese ebenfalls unter den eigentlichen Schutzbereich und Grundgedanken der gegenwärtig beanspruchten Erfindung, wenn diese in einem System zusammen gefasst sind.

**[0043]** Zum Flugroutenprozessor **714** können gehören, ohne darauf beschränkt zu sein: ein Personal Computer, ein Server-Computer, eine Reihe von Server-Computern, ein Minicomputer und ein Großrechner. Der Flugroutenprozessor **714** kann ein einzelner Server oder eine Reihe von Servern sein, auf denen ein Netzwerkbetriebssystem ausgeführt wird, zu denen, ohne darauf beschränkt zu sein, beispielsweise Microsoft Windows Server oder Linux gehören können. Der Flugroutenprozessor **714** kann eine Webserver-Anwendung ausführen, zu der, ohne darauf beschränkt zu sein, beispielsweise IBM Websphere oder Apache Webserver™ gehören können, die über das Netzwerk **730** den HTTP-Zugriff (HTTP = HyperText Transfer Protocol) auf andere Systeme ermöglichen. Darüber hinaus kann das Netzwerk **730** mit einem oder mehreren Sekundärnetzwerken, z. B. mit dem Netzwerk **730**, verbunden sein, zu denen beispielsweise, ohne darauf beschränkt zu sein, gehören können: ein lokales Netzwerk; ein Weitverkehrsnetzwerk; oder ein Intranet. Drei wichtige Eingänge **750** in den Flugroutenprozessor **714** sind dargestellt. Bei diesen drei Eingängen handelt es sich um 1) Geografische Position (GL), 2) Geografischer Bereich (GR) und 3) Zeitraum (TP). Der Flugroutenprozessor verwendet diese Eingänge zusammen mit

den Auftriebsdatenquellen 1, 2, 3 ... Zu (LDS1, LDS2, LDS3, ...) in einer Funktion  $f(\text{GL}, \text{GR}, \text{TP}, \text{LDS1}, \text{LDS2}, \text{LDS3}, \dots)$  kann die Verwendung von Verlaufs- und Maschinenlernalgorithmen wie zum Beispiel von Bayesschen Algorithmen und selbstlernenden Netzwerken gehören. Zu den Maschinenlernalgorithmen können sowohl überwachte als auch nicht überwachte Algorithmen gehören.

**[0044]** Der Flugroutenprozessor berechnet Routen wie folgt in drei Hauptschritten:

1) Unter Verwendung des differenzierten Wettermodells Erzeugung von Schätzungen sinnvoller „durchschnittlicher“ Werte für die Steiggeschwindigkeit und maximale Höhe der Thermik. Der Begriff „sinnvoll“ bedeutet, dass alle Werte verworfen werden, die eine vorgegebene Standardabweichung überschreiten. Bei einem konservativen Ansatz sollten diese „durchschnittlichen“ Werte näher am Minimum liegen.

2) Berechnung angenäherter Zeiten, um von einer beliebigen Thermik zum Zielpunkt zu gelangen. Unter Verwendung der Durchschnittswerte für Steiggeschwindigkeit und maximale Höhen Berechnung der Flugzeit zwischen Paaren von Thermiken. Dies umfasst die Zeit zum Steigen auf eine geeignete Höhe bei der ersten Thermik sowie die Flugzeit zur zweiten Thermik. Diese Näherungen legen fest, welche Regionen des Raums am aussichtsreichsten sind, indem die kürzeste Route von jedem Knoten zum Endknoten berechnet wird. Dies kann unter Verwendung einer einzigen Berechnung der kürzesten Route vom Endpunkt erfolgen.

3) Verwendung der angenäherten Zeiten in Verbindung mit Detailinformationen über die Punkte, die räumlich und zeitlich nahe beieinander liegen, um auszuwählen, wohin als Nächstes geflogen werden soll. Während des Flugs zu einer Thermik Berechnung der schnellsten Route von dieser Thermik zum Endpunkt in einem detaillierteren Netz. Dieses detailliertere Netz weist mehrere Knoten für alle Thermiken auf, die in Bezug auf Zeit und Höhen aufgeschlüsselt sind. Die im vorhergehenden Schritt ermittelten Näherungen können zu den gefundenen Routen hinzugefügt werden, um Routen einzustufen und dafür zu sorgen, dass vollständige Routen stets bekannt sind. Wenn eine neue Route benötigt wird, wird die bisher gefundene beste Route verwendet, um die nächste Thermik auszuwählen, zu der geflogen werden soll. Die Auswahl der Flugroute könnte zuvor berechnete Flugrouten einschließen, um eine Flugroutenzuverlässigkeit abzuschätzen.

#### Auftriebsdaten

**[0045]** Fig. 8 ist eine Tabelle **800** mit Auftriebsdaten, die durch den Flugroutenprozessor **714** verwendet werden. Wie dargestellt ist eine Spalte mit einer

Auftriebsdatenquelle **802** eindeutig gekennzeichnet. Eine Spalte enthält die Art des Auftriebs **804** zusammen mit einer geografischen Region **806**, eine Spalte **808** enthält einen geographischen Bereich und eine Spalte **810** ist der Zeitraum der Vorhersage. Beispielsweise ist in Zeile **832** ein WETTERDIENST die Quelle der Auftriebsdaten für einen THERMIKAUFTRIEB, eine bestimmte geographische Position mit einem Bereich von 0,5 km für 300 Minuten. Ebenso ist in Zeile **844** ein WETTERDIENST dargestellt, der den Verlauf der Auftriebsdaten, wobei es sich bei der Art des Auftrieb um einen dynamischen Auftrieb handelt, für dieselbe geografische Position wie in Zeile **832** bereitstellt, der geografische Bereich jedoch nur 0,3 km und die Zeit 30 Minuten beträgt.

#### Flussdiagramm

**[0046]** Fig. 9 ist ein Ablaufplan eines Flussdiagramms **900** zum Verarbeiten von Auftriebsdaten **800** durch den Flugroutenprozessor **714**. Der Prozess beginnt in Schritt **902** und geht sofort zu Schritt **904** über, in dem eine Flugroute eines Luftfahrzeugs von einem Ausgangspunkt zu einem Endpunkt berechnet oder vorberechnet wird, wobei vorausgesagte Wettererscheinungen an unterschiedlichen Punkten in Raum und Zeit einbezogen werden. Schritt **904** ist ein erster Schritt einer Iterationsschleife aus den Schritten **904** bis **916**. Insbesondere wird im ersten Schritt **906** der Iterationsschleife auf Auftriebsdaten aus einem differenzierten Wettermodell zugegriffen, das zu einer interessierenden geografischen Region gehört. Die Auftriebsdaten sind Daten zur Berechnung einer Kraft, die dem Gewicht des Luftfahrzeugs direkt entgegengesetzt ist. Als Nächstes wird in Schritt **908** auf Auftriebsdaten zugegriffen, die von einem oder mehreren Sensoren stammen, die mit dem Luftfahrzeug verbunden sind. In Schritt **910** werden Anpassungen der Flugroute auf der Grundlage einer Kombination aus den Auftriebsdaten aus dem differenzierten Wettermodell und den Auftriebsdaten von den Sensoren berechnet. In Schritt **912** werden Anpassungen der Flugroute auf der Grundlage einer Kombination aus den Auftriebsdaten aus dem differenzierten Wettermodell und den Auftriebsdaten von den Sensoren berechnet. In Schritt **914** wird ein Test durchgeführt, ob der Flug abgeschlossen ist. Wenn der Flug abgeschlossen ist, endet der Prozess in Schritt **916**. Anderenfalls dient, während der Flug noch im Gange ist, der nächste Schritt **918** zum Test, ob der Flug tatsächlich begonnen hat. Wenn in Schritt **918** der Flug begonnen hat, kehrt der Prozess in einer Schleife zu Schritt **904** zurück. Anderenfalls wird, wenn der Flug in Schritt **918** noch nicht begonnen hat, in Schritt **920** ein Test durchgeführt, um festzustellen, ob der Flug startbereit ist. Wenn der Flug nicht startbereit ist, kehrt der Prozess in einer Schleife zu Schritt **904** zurück. Anderenfalls wird der Ablauf fortgesetzt, wobei der Flug in Schritt **924** startet und der Prozess wie

dargestellt zur Iterationsschleife von Schritt **904** zurückkehrt.

#### Informationsverarbeitungssystem

**[0047]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 10** ist diese Figur ein Blockschema **1000**, das ein Informationsverarbeitungssystem veranschaulicht, das bei Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung als Flugroutenprozessor **714** verwendet werden kann. Bei Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann als Informationsverarbeitungssystem **1002** ein beliebiges, in geeigneter Weise konfiguriertes Verarbeitungssystem verwendet werden. Zu den Komponenten des Informationsverarbeitungssystems **1002** können, ohne darauf beschränkt zu sein, ein oder mehrere Prozessoren oder Verarbeitungseinheiten **1004**, ein Systemspeicher **1006** und ein Bus **1008** gehören, der verschiedene Systemkomponenten einschließlich des Systemspeichers **1006** mit dem Prozessor **1004** verbindet. Der Systemspeicher **1006** kann den Computercode für den Flugroutenprozessor **1030** sowie die Auftriebsdatentabelle **1032** aus **Fig. 8** aufweisen.

**[0048]** Der Bus **1008** stellt eine oder mehrere von beliebigen verschiedenen Arten von Busstrukturen dar, zu denen ein Speicherbus oder eine Speichersteuerungseinheit, ein Peripheriebus, ein Accelerated Graphics Port und ein Prozessorbus oder lokaler Bus gehören, die eine beliebige einer Vielfalt von Busarchitekturen nutzen. Als Beispiel und nicht als Einschränkung gedacht gehören zu derartigen Architekturen der ISA-Bus (ISA = Industry Standard Architecture), der MCA-Bus (MCA = Micro Channel Architecture), EISA-Bus (EISA = Enhanced ISA), der lokale VESA-Bus (VESA = Video Electronics Standards Association) und der PCI-Bus (PCI = Peripheral Component Interconnect).

**[0049]** Das Informationsverarbeitungssystem **1002** kann ferner andere auswechselbare/nicht auswechselbare, flüchtige/nichtflüchtige Computersystem-Speichermedien aufweisen. Um lediglich ein Beispiel zu geben, kann ein Speichersystem **1014** zum Lesen von einem und Schreiben auf ein nicht auswechselbares oder auswechselbares, nichtflüchtiges Medium wie zum Beispiel eine oder mehrere Halbleiterspeicher und/oder magnetische Medien (die normalerweise als „Festplatte“ bezeichnet werden) bereitgestellt sein. Ein Magnetplattenlaufwerk kann zum Lesen von und Schreiben auf eine auswechselbare nichtflüchtige Magnetplatte (z. B. eine „Diskette“) und ein optisches Plattenlaufwerk zum Lesen von oder Schreiben auf eine auswechselbare nichtflüchtige optische Platte wie zum Beispiel ein CD-ROM, DVD-ROM oder ein anderes optisches Medium bereitgestellt sein. In solchen Fällen kann jede dieser Einheiten durch eine oder mehrere Datenmedienschnittstellen mit dem Bus **1008** verbunden sein. Der Speicher **1006** kann mindestens ein Pro-

grammprodukt mit einer Gruppe von Programmmodulen aufweisen, die so gestaltet sind, dass die Funktionen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgeführt werden.

**[0050]** Ein Programm/Dienstprogramm **1016**, das eine Gruppe von Programmmodulen **1018** aufweist, kann zum Beispiel und nicht als Einschränkung im Speicher **1006** sowie in einem Betriebssystem, in einem oder mehreren Anwendungsprogrammen oder in anderen Programmmodulen und Programmdateien gespeichert sein. Jedes der Betriebssysteme, des einen oder der mehreren Anwendungsprogramme, der anderen Programmmodule und Programmdateien oder jede einer bestimmten Kombination davon kann eine Realisierungsform einer Vernetzungsumgebung aufweisen. Die Programmmodule **1018** führen üblicherweise die Funktionen und/oder Methodiken von Ausführungsformen der Erfindung wie hierin beschrieben aus.

**[0051]** Das Informationsverarbeitungssystem **1002** kann außerdem mit einer oder mehreren externen Einheiten **1020** Daten austauschen, zum Beispiel mit einer Tastatur, einer Zeigeeinheit, einer Anzeige **1022** usw.; mit einer oder mehreren Einheiten, die es einem Benutzer ermöglichen, mit dem Informationsverarbeitungssystem **1002** zu interagieren; und/oder mit beliebigen Einheiten (z. B. Netzwerkkarte, Modem usw.), die es dem Computersystem/Server **1002** ermöglichen, mit einer oder mehreren anderen Datenverarbeitungseinheiten Daten auszutauschen. Dieser Datenaustausch kann über E/A-Schnittstellen **1024** stattfinden. Darüber hinaus kann das Informationsverarbeitungssystem **1002** über einen Netzwerkadapter **1026** mit einem oder mehreren Netzwerken Daten austauschen, zum Beispiel mit einem lokalen Netzwerk (Local Area Network, LAN), einem allgemeinen Weitverkehrsnetzwerk (Wide Area Network, WAN) und/oder mit einem öffentlichen Netzwerk (z. B. dem Internet). Wie abgebildet tauscht der Netzwerkadapter **1026** über den Bus **1008** Daten mit den anderen Komponenten des Informationsverarbeitungssystems **1002** aus. Andere Hardware- und/oder Softwarekomponenten können ebenfalls im Zusammenhang mit dem Informationsverarbeitungssystem **1002** verwendet werden. Zu Beispielen gehören, ohne darauf beschränkt zu sein: Mikrocode, Gerätetreiber, redundante Verarbeitungseinheiten, externe Festplatten-Arrays, RAID-Systeme (RAID = Redundant Array of Independent Disks), Bandlaufwerke und Speichersysteme zur Datenarchivierung.

#### Nichteinschränkende Beispiele

**[0052]** Wie dem Fachmann klar sein wird, können Aspekte der vorliegenden Erfindung in Form eines Systems, Verfahrens oder Computerprogrammprodukts verkörpert sein. Dementsprechend können As-



pekte der vorliegenden Erfindung die Form einer vollständig in Hardware realisierten Ausführungsform, einer vollständig in Software realisierten Ausführungsform (einschließlich Firmware, residenter Software, Mikrocode usw.) oder einer Ausführungsform annehmen, die Software- und Hardwareaspekte kombiniert, die hierin allgemein als „Schaltung“, „Modul“ oder „System“ bezeichnet werden. Des Weiteren können Aspekte der vorliegenden Erfindung die Form eines Computerprogrammprodukts annehmen, das in einem oder mehreren computerlesbaren Medien verkörpert ist, auf denen computerlesbarer Programmcode verkörpert ist.

**[0053]** Es können beliebige Kombinationen eines oder mehrerer computerlesbarer Medien verwendet werden. Das computerlesbare Medium kann ein computerlesbares Signalmedium oder ein computerlesbares Speichermedium sein. Zu computerlesbaren Speichermedien können beispielsweise, ohne darauf beschränkt zu sein, ein elektronisches, ein magnetisches, ein optisches oder ein elektromagnetisches System bzw. ein Infrarot- oder ein Halbleitersystem bzw. eine derartige Vorrichtung oder Einheit oder eine beliebige geeignete Kombination des Vorstehenden gehören. Zu den genaueren Beispielen (unvollständige Liste) computerlesbarer Speichermedien zählen unter anderem folgende: eine elektrische Verbindung mit einer oder mehreren Leitungen, eine tragbare Computerdiskette, eine Festplatte, ein Direktzugriffsspeicher (RAM), ein Nur-Lese-Speicher (ROM), ein löschbarer programmierbarer Nur-Lese-Speicher (EPROM oder Flash-Speicher), ein Lichtwellenleiter, ein tragbarer Nur-Lese-Speicher in Form einer Compact Disc (CD-ROM), eine optische Speichereinheit, eine magnetische Speichereinheit oder eine beliebige geeignete Kombination des Vorstehenden. Im Kontext dieses Dokuments kann ein computerlesbares Speichermedium jedes beliebige gegenständliche Medium sein, das ein Programm enthalten oder speichern kann, das von oder in Verbindung mit einem System, einer Vorrichtung oder einer Einheit zur Befehlsausführung genutzt werden kann.

**[0054]** Ein computerlesbares Signalmedium kann unter anderem ein im Basisband oder als Teil einer Trägerwelle übertragenes Datensignal mit darin verkörpertem computerlesbarem Programmcode aufweisen. Ein derartiges übertragenes Signal kann eine beliebige Vielfalt von Formen annehmen, einschließlich, ohne darauf beschränkt zu sein, einer elektromagnetischen oder optischen Form oder einer beliebigen geeigneten Kombination davon. Ein computerlesbares Signalmedium kann ein beliebiges computerlesbares Medium sein, bei dem es sich nicht um ein computerlesbares Speichermedium handelt und das ein Programm übertragen, senden oder transportieren kann, das von oder in Verbindung mit einem

System, einer Vorrichtung oder einer Einheit zur Befehlsausführung genutzt werden kann.

**[0055]** Auf einem computerlesbaren Medium verkörperter Programmcode kann unter Verwendung jedes beliebigen geeigneten Mediums, einschließlich, ohne darauf beschränkt zu sein, drahtloser, drahtgebundener Medien, von Lichtwellenleitern, HF usw. oder unter Verwendung einer beliebigen geeigneten Kombination des Vorstehenden übertragen werden.

**[0056]** Computerprogrammcode zum Ausführen von Operationen bei Aspekten der vorliegenden Erfindung kann in einer beliebigen Kombination aus einer oder mehreren Programmiersprachen, darunter in einer objektorientierten Programmiersprache wie Java, Smalltalk, C++ oder dergleichen und in herkömmlichen prozeduralen Programmiersprachen wie „C“ oder ähnlichen Programmiersprachen geschrieben sein. Der Programmcode kann vollständig auf dem Computer des Benutzers, teilweise auf dem Computer des Benutzers, als eigenständiges Softwarepaket, teilweise auf dem Computer des Benutzers und teilweise auf einem entfernt angeordneten Computer oder vollständig auf dem entfernt angeordneten Computer oder Server ausgeführt werden. Beim letztgenannten Szenario kann der entfernt angeordnete Computer mit dem Computer des Benutzers über eine beliebige Art von Netzwerk verbunden sein, unter anderem über ein lokales Netzwerk (LAN) oder über ein Weitverkehrsnetzwerk (WAN), oder die Verbindung kann zu einem externen Computer hergestellt werden (beispielsweise über das Internet unter Nutzung eines Internet-Diensteanbieters (Internet Service Provider)).

**[0057]** Aspekte der vorliegenden Erfindung wurden oben unter Bezugnahme auf Flussdiagramme und/oder Blockschemata von Verfahren, Vorrichtungen (Systemen) und Computerprogrammprodukten gemäß Ausführungsformen der Erfindung erörtert. Es wird klar sein, dass jeder Block der Flussdiagramme und/oder der Blockschemata und Kombinationen von Blöcken in den Flussdiagrammen und/oder Blockschemata durch Computerprogrammanweisungen realisiert werden kann bzw. können. Diese Computerprogrammanweisungen können einem Prozessor eines Mehrzweckcomputers, eines Spezialcomputers oder anderen programmierbaren Datenverarbeitungsvorrichtungen bereitgestellt werden, um eine Maschine zu erzeugen, sodass die Anweisungen, die über den Prozessor des Computers oder anderer programmierbarer Datenverarbeitungsvorrichtungen ausgeführt werden, Mittel zum Realisieren der in einem Block bzw. in den Blöcken der Flussdiagramme und/oder der Blockschemata angegebenen Funktionen/Aktionen schaffen.

**[0058]** Diese Computerprogrammanweisungen können ebenfalls in einem computerlesbaren Medi-

um gespeichert sein, das einen Computer, andere programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtungen oder andere Einheiten anweisen kann, in einer bestimmten Weise zu funktionieren, sodass die im computerlesbaren Medium gespeicherten Anweisungen ein Erzeugnis schaffen, das die Anweisungen aufweist, die in einem Block bzw. in den Blöcken der Flussdiagramme und/oder der Blockschemata angegebene Funktion/Aktion realisieren.

**[0059]** Die Computerprogrammanweisungen können auch in einen Computer, in andere programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtungen oder in andere Einheiten geladen werden, um zu bewirken, dass auf dem Computer, auf anderen programmierbaren Vorrichtungen oder anderen Einheiten eine Reihe von Arbeitsschritten ausgeführt wird, um einen mittels Computer realisierten Prozess zu schaffen, sodass die Anweisungen, die auf dem Computer oder auf anderen programmierbaren Vorrichtungen ausgeführt werden, Prozesse zur Realisierung der in einem Block bzw. in den Blöcken der Flussdiagramme und/oder der Blockschemata angegebenen Funktionen/Aktionen bereitstellen.

**[0060]** Die Beschreibung der vorliegenden Anmeldung soll der Veranschaulichung und Beschreibung dienen, ist jedoch nicht als erschöpfend gedacht oder auf die Erfindung in der offenbaren Form beschränkt. Für den Fachmann sind viele Modifikationen und Variationen denkbar, ohne dass diese eine Abweichung vom Schutzbereich und Grundgedanken der Erfindung darstellen würden. Die Ausführungsform wurde ausgewählt und beschrieben, um die Grundgedanken und die praktische Anwendung der Erfindung auf bestmögliche Weise zu erklären und anderen Fachleuten ein Verständnis dafür zu ermöglichen, dass verschiedene Ausführungsformen der Erfindung mit verschiedenen Modifikationen denkbar sind, die sich für die jeweils beabsichtigte Verwendung eignen.

## **ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### **Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- [en.wikipedia.org/wiki/IBM\\_Deep\\_Thunder](http://en.wikipedia.org/wiki/IBM_Deep_Thunder) [0021]
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Microscale\\_meteorology](http://en.wikipedia.org/wiki/Microscale_meteorology) [0027]
- <http://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/airplane/lift1.html> [0029]

**Patentansprüche**

1. Mittels Computer realisiertes Verfahren zum Anpassen einer Flugroute eines Luftfahrzeugs, wobei das Verfahren aufweist:

Berechnen einer Flugroute eines Luftfahrzeugs von einem Anfangspunkt zu einem Endpunkt unter Einbeziehung vorhergesagter Witterungseinflüsse an unterschiedlichen Punkten in Raum und Zeit;

Durchführen während einer Flugroute von jeweils: des Zugreifens auf Auftriebsdaten aus einem differenzierten Wettermodell, das zu einer interessierenden geografischen Region gehört, wobei die Auftriebsdaten Daten zur Berechnung einer Kraft sind, die dem Gewicht des Luftfahrzeugs direkt entgegengesetzt ist;

des Zugreifens auf Auftriebsdaten von Sensoren, die mit dem Luftfahrzeug verbunden sind;

das Berechnen von Anpassungen der Flugroute auf der Grundlage einer Kombination aus den Auftriebsdaten aus dem differenzierten Wettermodell und den Auftriebsdaten von Sensoren; und

des Anpassens der Flugroute unter Verwendung der Anpassungen, die berechnet wurden.

2. Mittels Computer realisiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Auftriebsdaten mindestens eines aus Thermikauftrieb, Aufwindauftrieb, Wellenauftrieb, Konvergenzauftrieb und dynamischem Auftrieb aufweisen.

3. Mittels Computer realisiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Anpassen der Flugroute auf der Grundlage einer Kombination aus den Auftriebsdaten aus dem differenzierten Wettermodell und den Auftriebsdaten von Sensoren ferner das Verwenden von Crowdsourcing-Daten aufweist.

4. Mittels Computer realisiertes Verfahren nach Anspruch 1, ferner aufweisend: Senden der Flugroute, nachdem sie angepasst wurde, an ein zweites Luftfahrzeug.

5. Mittels Computer realisiertes Verfahren nach Anspruch 4, ferner aufweisend: Empfangen von Anpassungen der Flugroute von dem zweiten Luftfahrzeug, um Kollisionen mit diesem zu vermeiden.

6. Mittels Computer realisiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Berechnen von Anpassungen der Flugroute bei einem zweiten Luftfahrzeug durchgeführt wird.

7. Mittels Computer realisiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei zumindest ein Teil des Berechnens von Anpassungen der Flugroute durch ein zweites Luftfahrzeug durchgeführt wird.

8. Mittels Computer realisiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Luftfahrzeug nicht angetrieben wird.

9. Mittels Computer realisiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Luftfahrzeug nicht durch einen oder mehrere Motoren angetrieben wird.

10. Mittels Computer realisiertes Verfahren nach Anspruch 1, wobei mindestens eines aus dem Berechnen einer Flugroute eines Luftfahrzeugs vom Ausgangspunkt zum Endpunkt; und Anpassen der Flugroute unter Verwendung der Anpassungen, die berechnet wurden, das Verwenden eines Teils der Flugroute aufweist, die zuvor berechnet wurde.

11. Luftfahrzeug-Flugroutenprozessorsystem, aufweisend:

einen Speicher;

einen Prozessor, der datenverarbeitungstechnisch mit dem Speicher verbunden ist, wobei der Prozessor gestaltet ist, um durchzuführen

Berechnen einer Flugroute eines Luftfahrzeugs von einem Anfangspunkt zu einem Endpunkt unter Einbeziehung vorhergesagter Witterungseinflüsse an unterschiedlichen Punkten in Raum und Zeit;

Durchführen während einer Flugroute von jeweils: des Zugreifens auf Auftriebsdaten aus einem differenzierten Wettermodell, das zu einer interessierenden geografischen Region gehört, wobei die Auftriebsdaten Daten zur Berechnung einer Kraft sind, die dem Gewicht des Luftfahrzeugs direkt entgegengesetzt ist;

des Zugreifens auf Auftriebsdaten von Sensoren, die mit dem Luftfahrzeug verbunden sind;

das Berechnen von Anpassungen der Flugroute auf der Grundlage einer Kombination aus den Auftriebsdaten aus dem differenzierten Wettermodell und den Auftriebsdaten von Sensoren; und

des Anpassens der Flugroute unter Verwendung der Anpassungen, die berechnet wurden.

12. Computerprogrammprodukt zum Anpassen der Flugroute eines Luftfahrzeugs, wobei das Computerprogrammprodukt ein computerlesbares Speichermedium mit darauf verkörpertem Programmcode aufweist, wobei der Programmcode auf dem Prozessor ausführbar ist, um durchzuführen:

Berechnen einer Flugroute eines Luftfahrzeugs von einem Anfangspunkt zu einem Endpunkt unter Einbeziehung vorhergesagter Witterungseinflüsse an unterschiedlichen Punkten in Raum und Zeit;

Durchführen während einer Flugroute von jeweils: des Zugreifens auf Auftriebsdaten aus einem differenzierten Wettermodell, das zu einer interessierenden geografischen Region gehört, wobei die Auftriebsdaten Daten zur Berechnung einer Kraft sind, die dem Gewicht des Luftfahrzeugs direkt entgegengesetzt ist;

des Zugreifens auf Auftriebsdaten von Sensoren, die mit dem Luftfahrzeug verbunden sind;  
das Berechnen von Anpassungen der Flugroute auf der Grundlage einer Kombination aus den Auftriebsdaten aus dem differenzierten Wettermodell und den Auftriebsdaten von Sensoren; und  
des Anpassens der Flugroute unter Verwendung der Anpassungen, die berechnet wurden.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

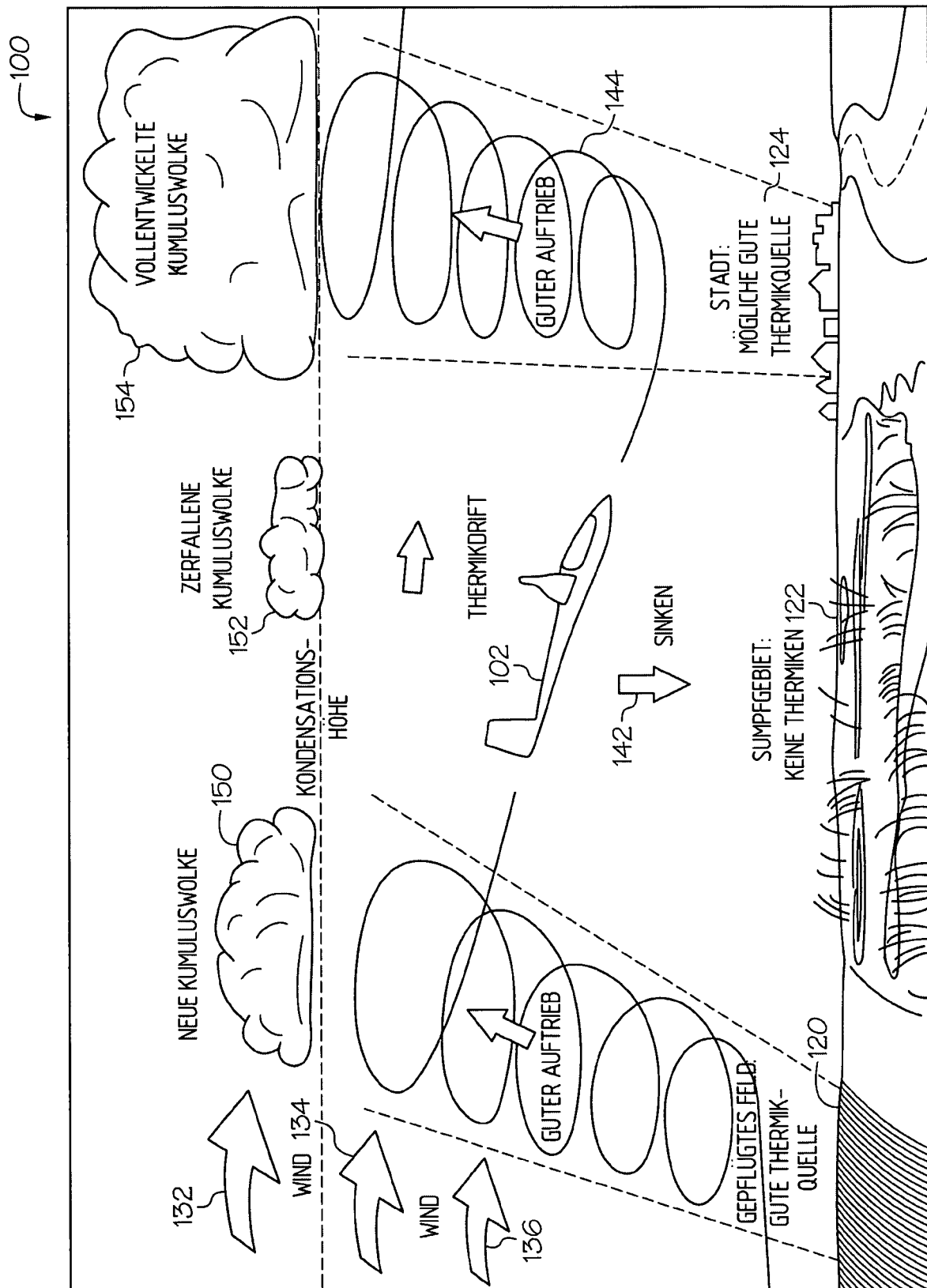


FIG.1

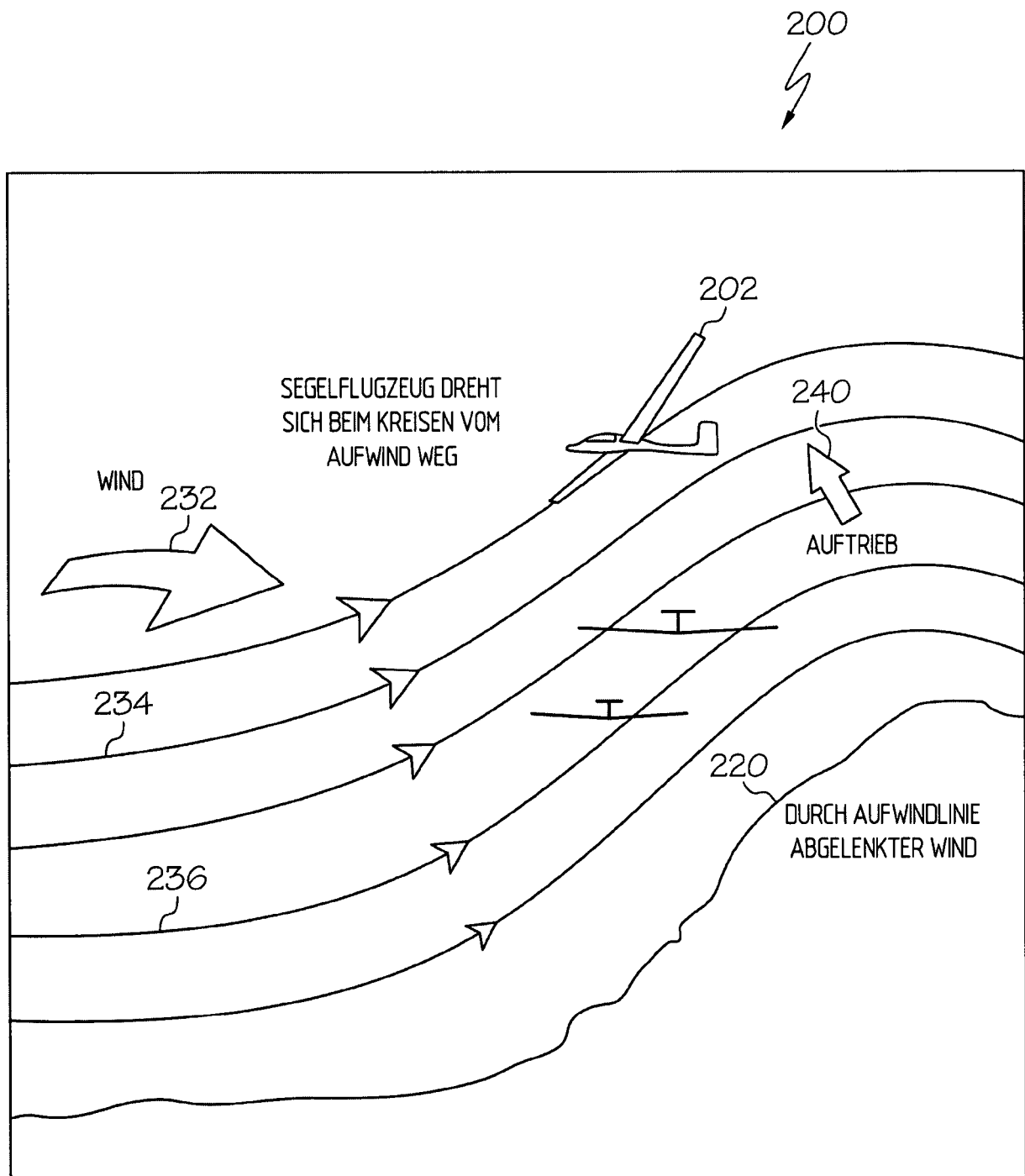


FIG. 2

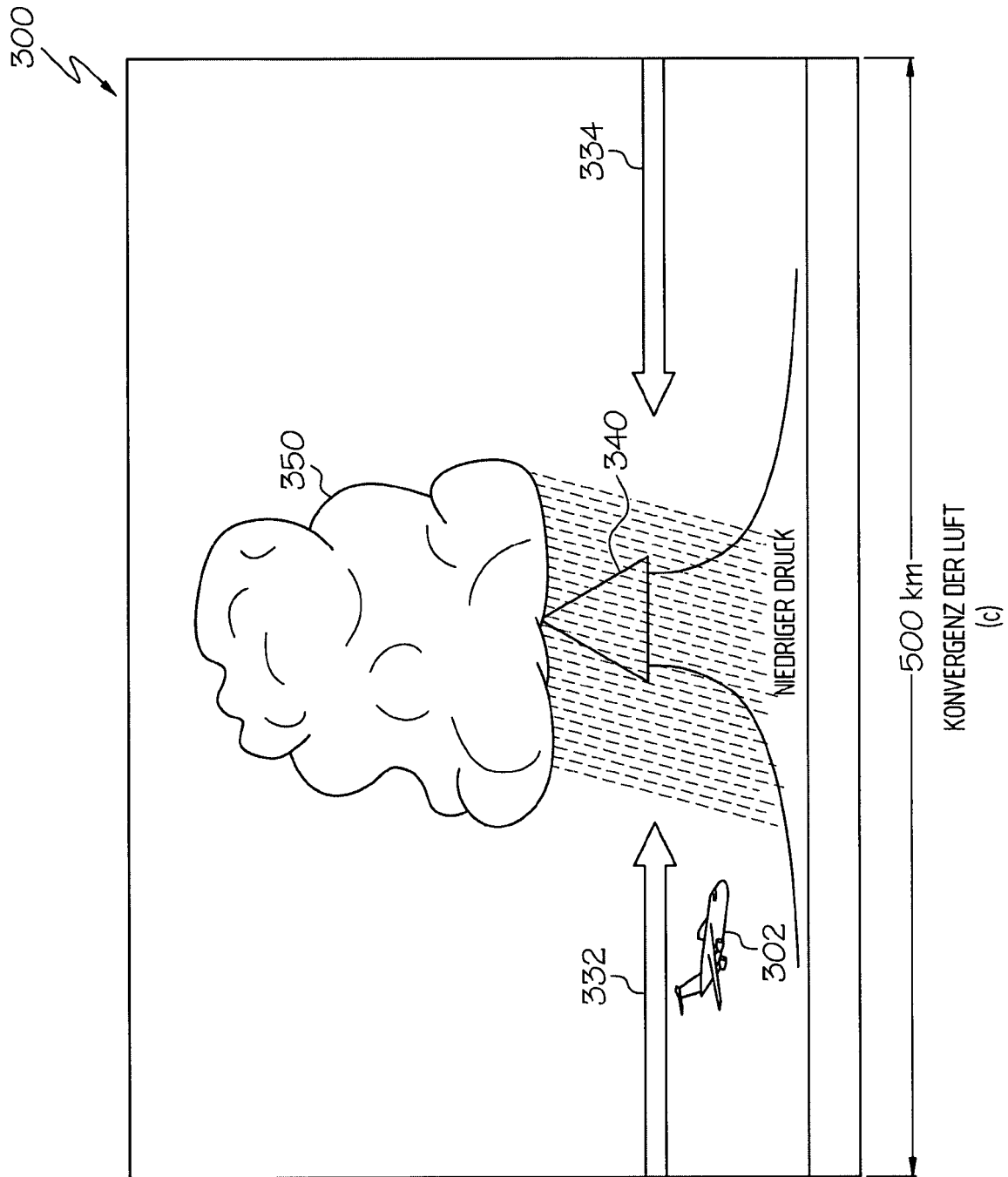


FIG. 3



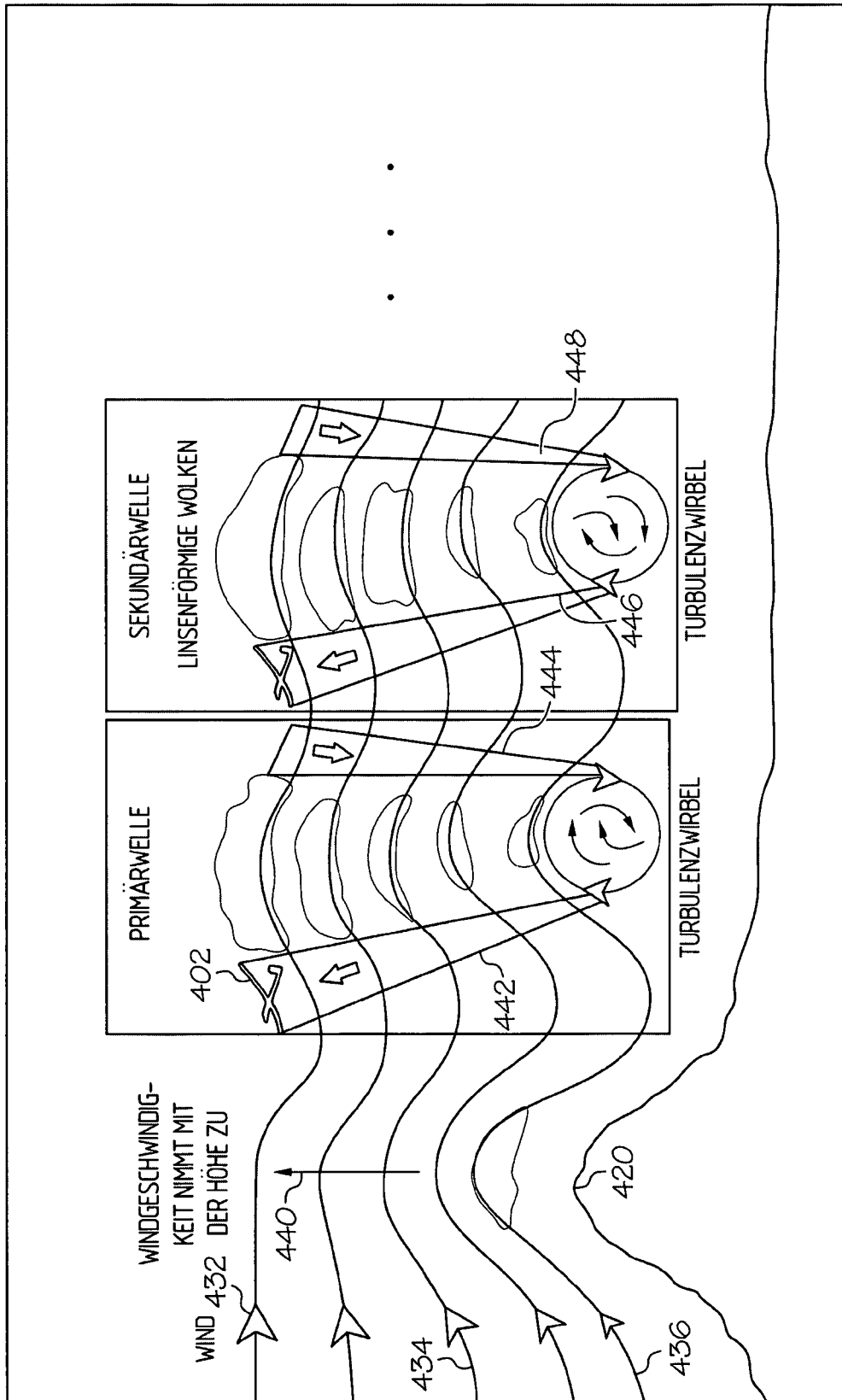


FIG. 4

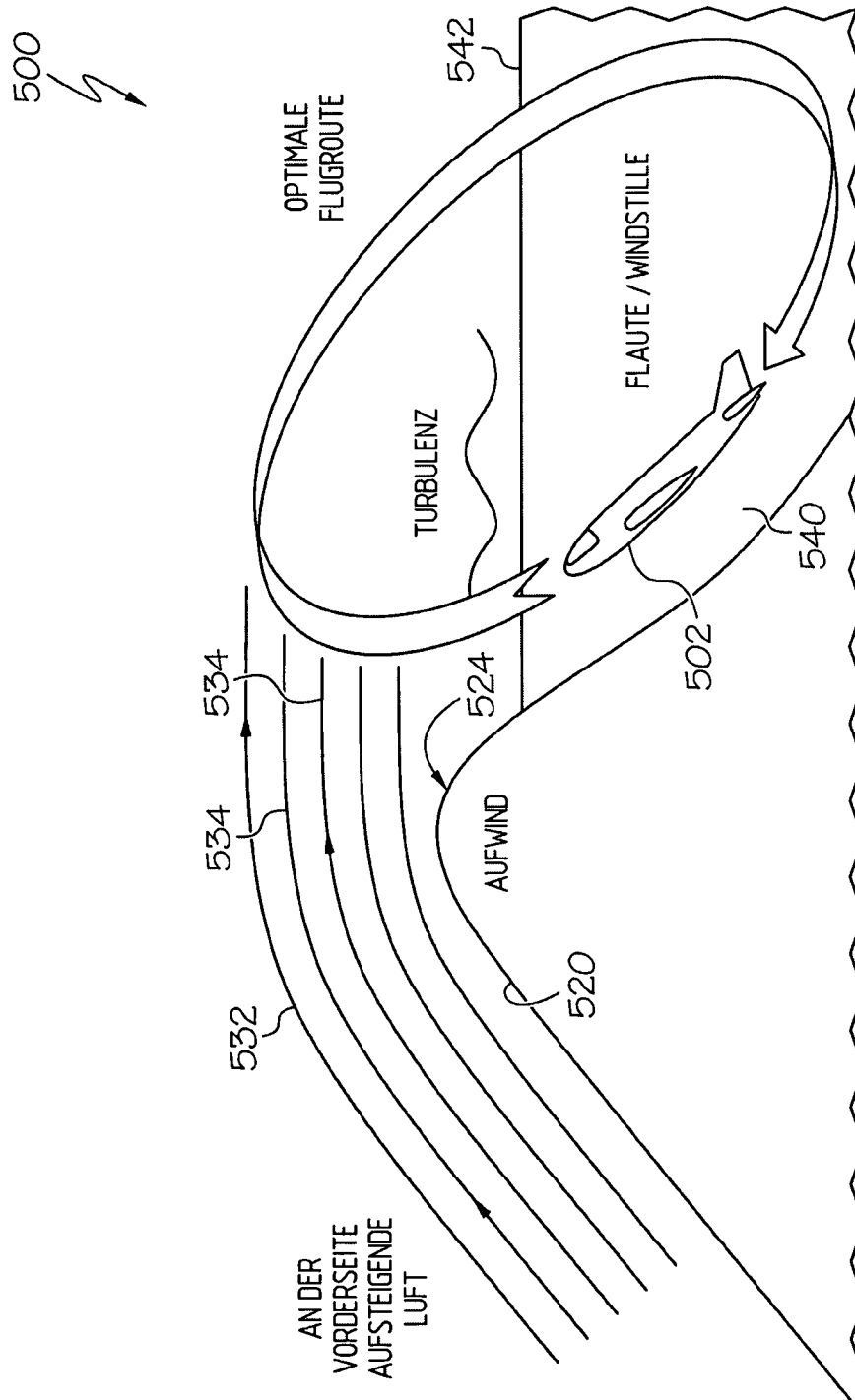


FIG. 5

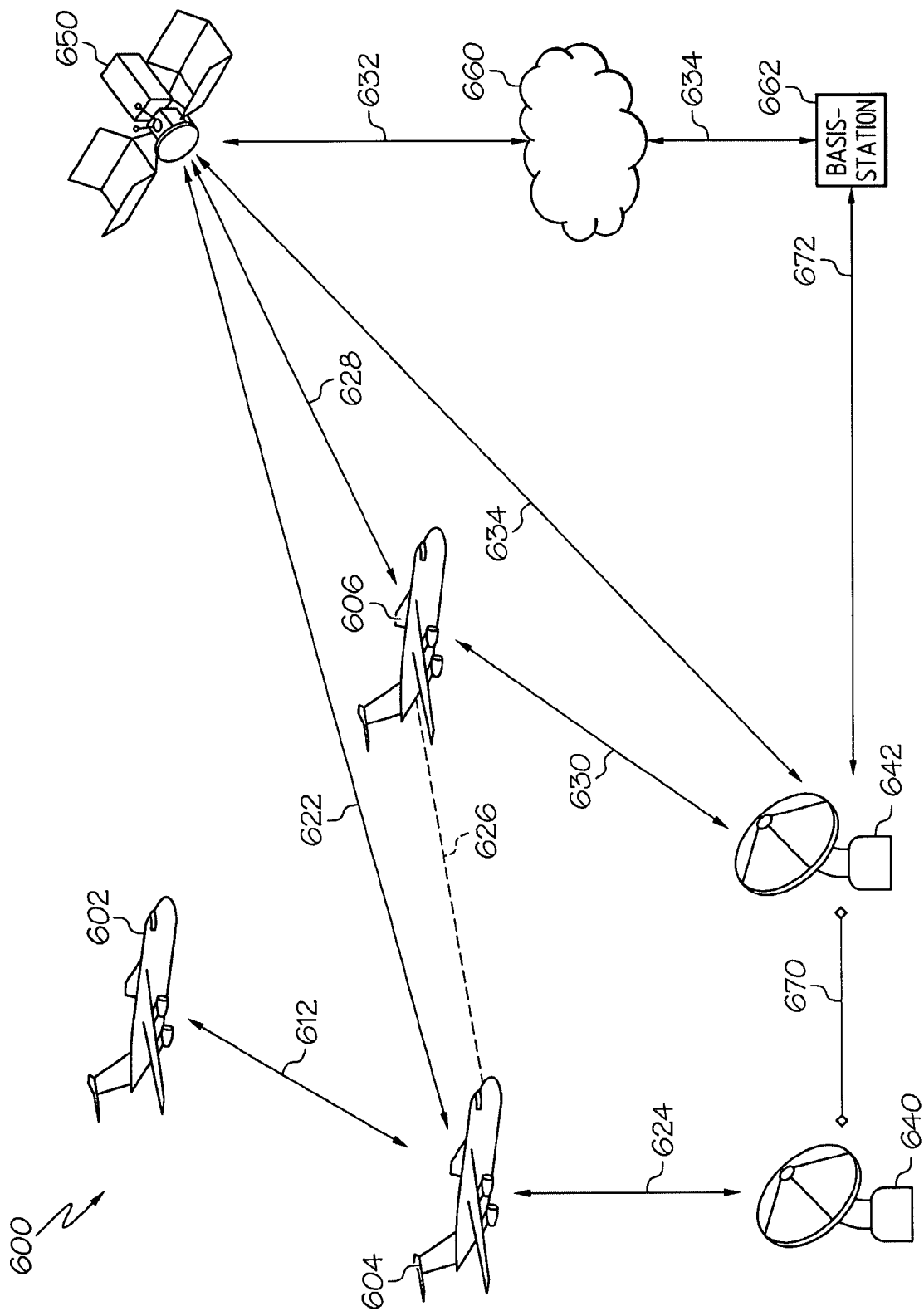


FIG. 6

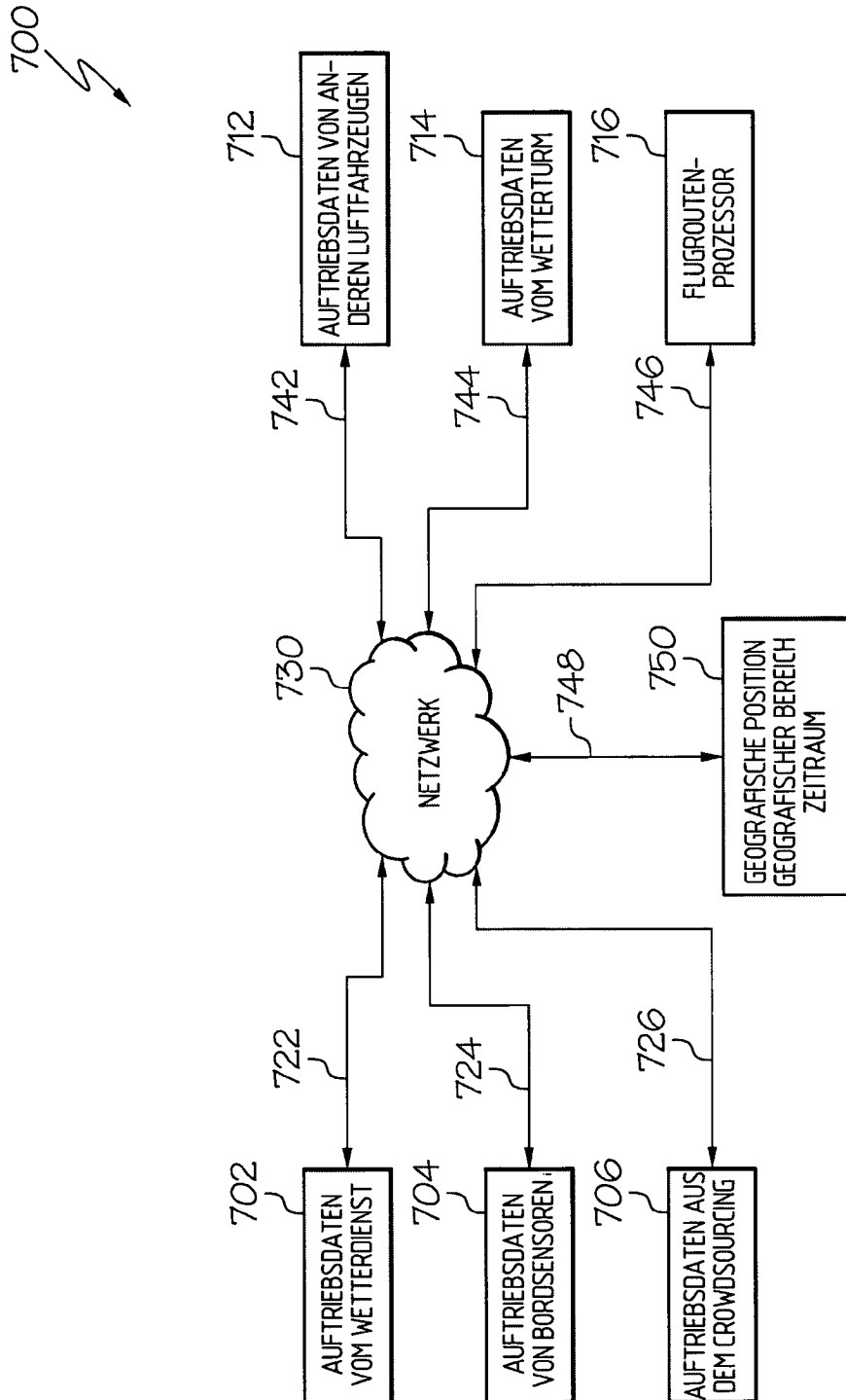


FIG. 7

800

802 AUFTRIEBS- DATENQUELLE	804 AUFTRIEBSART	806 GEOGRAFISCHE POSITION	808 GEOGRAFISCHER BEREICH	810 ZEITRAUM	...
832 WETTERDIENST/ -TURM	THERMIKAUFTRIEB	BREITE: 35.506657 LÄNGE: 146.57959	0,5 KM	291,8 MINUTEN	...
834 BORDSENSOR(EN)	AUFWINDAUFTRIEB	BREITE: 36.614327 LÄNGE: 144.945329	0,2 KM	3,7 MINUTEN	...
836 CROWDSOURCING	KONVERGENZAUFTRIEB	BREITE: 38.484753 LÄNGE: 146.57959	0,6 KM	1,5 MINUTEN	...
838 ANDERE LUFT- FAHRZEUGE	WELLENAUFTRIEB	BREITE: 45.103947 LÄNGE: 156.96581	0,7 KM	12,3 MINUTEN	...
840 ANDERE LUFT- FAHRZEUGE	DYNAMISCHER AUFTRIEB	BREITE: 35.192857 LÄNGE: 146.49959	1,0 KM	240,9 MINUTEN	...
842 BORDSENSOR(EN)	THERMIKAUFTRIEB	BREITE: 35.506657 LÄNGE: 146.57959	0,1 KM	42,1 MINUTEN	...
844 WETTERDIENST/ -TURM	DYNAMISCHER AUFTRIEB	BREITE: 35.506657 LÄNGE: 146.57959	0,3 KM	5,4 MINUTEN	...
...	...	...	...	...	...

FIG. 8

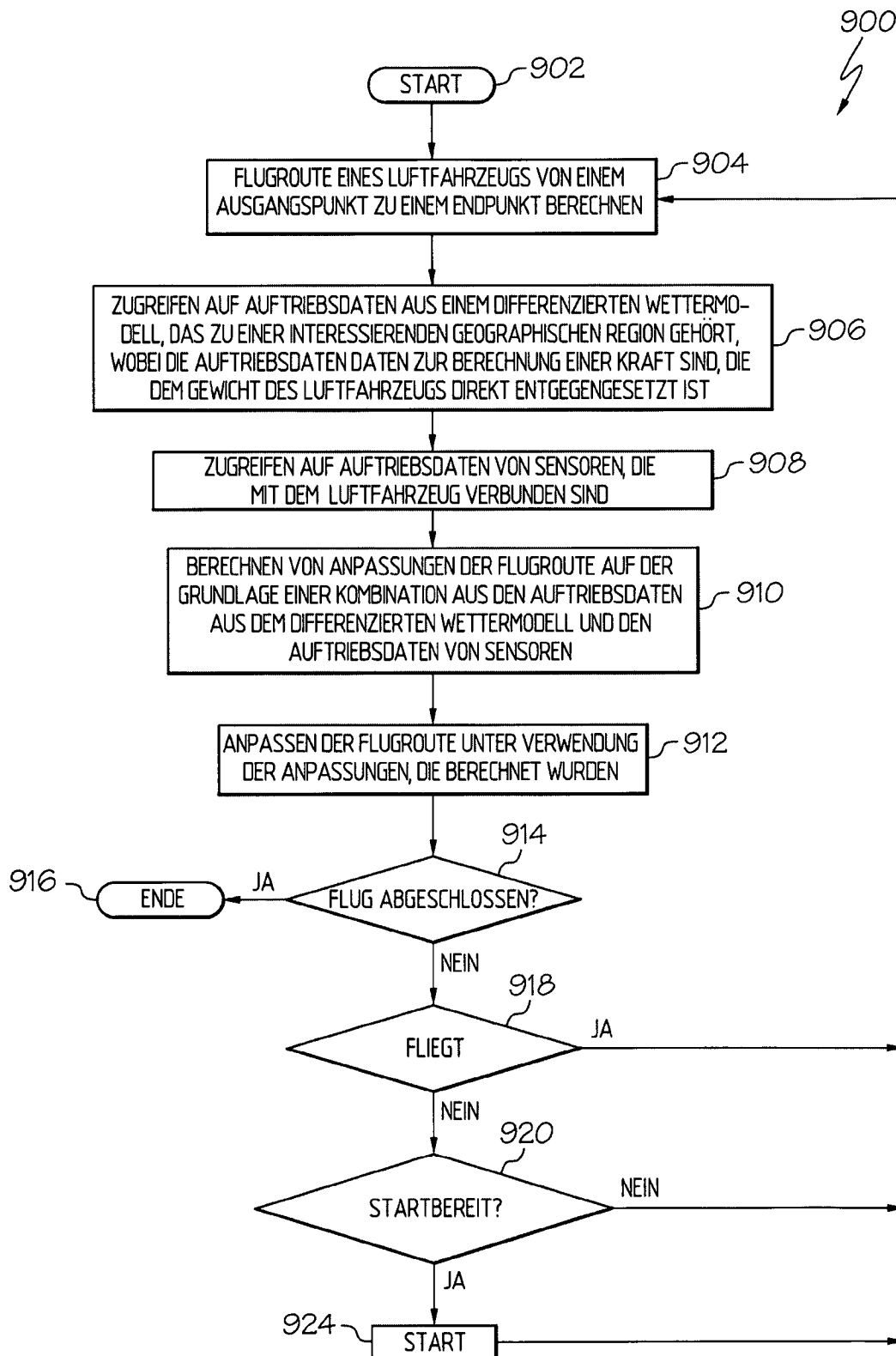


FIG. 9

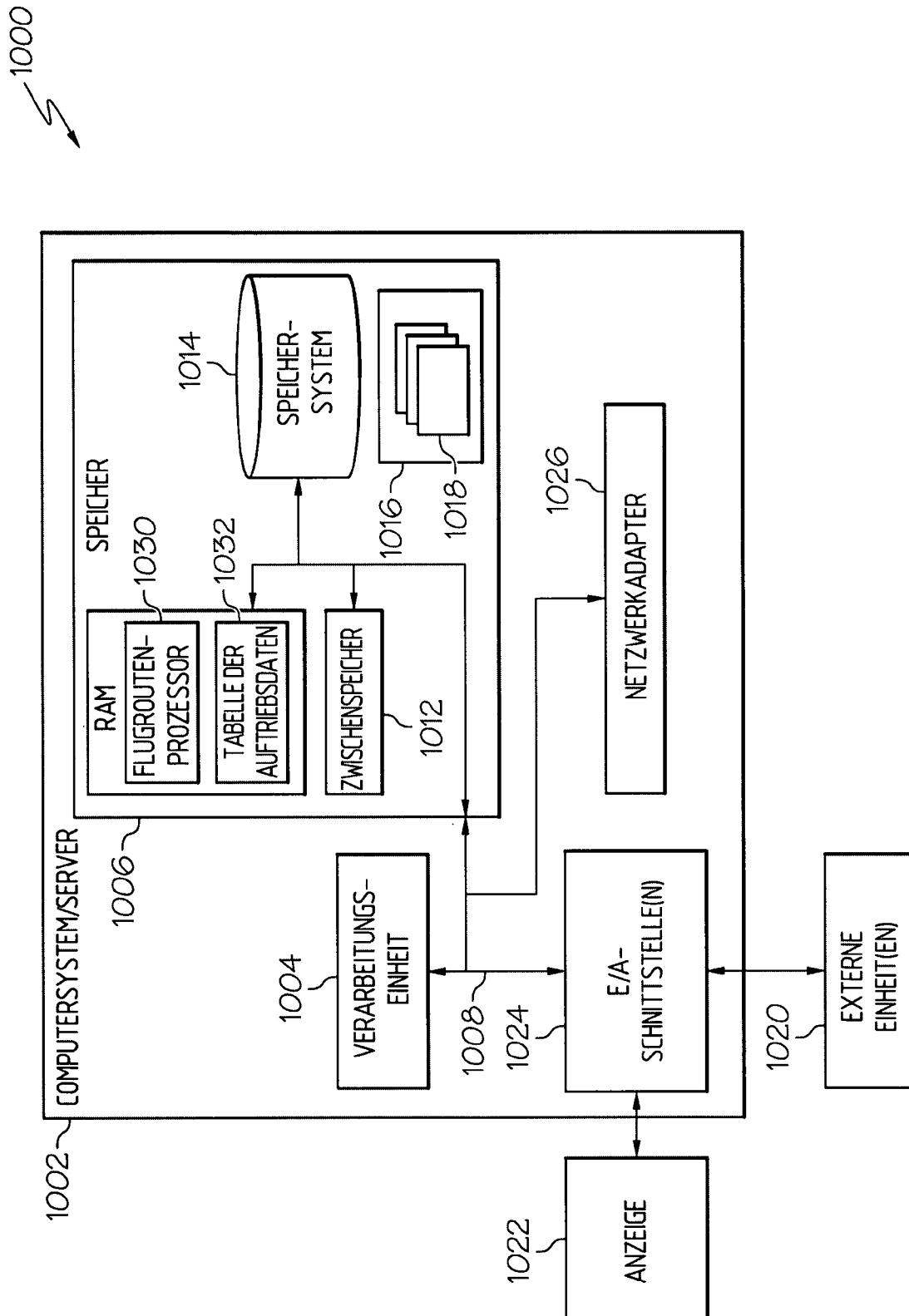


FIG. 10