

(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
23. April 2020 (23.04.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/078697 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01M 5/00 (2006.01) G01C 21/00 (2006.01)
F16L 55/00 (2006.01) G01V 3/16 (2006.01)
G01B 21/08 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/076348

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. September 2019 (30.09.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
18201166.8 18. Oktober 2018 (18.10.2018) EP

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: **BIRCHBAUER, Josef Alois**; Heidenreichstr. 9/13, 8054 Seiersberg (AT). **LIEPE, Mike**; Meisenweg 1, 91334 Hemhofen (DE). **WEISS, Roland**; Görlitzer Str. 12, 91058 Erlangen (DE). **WINDISCH, Claudia**; Köppling 149, 8565 St. Johann (AT).

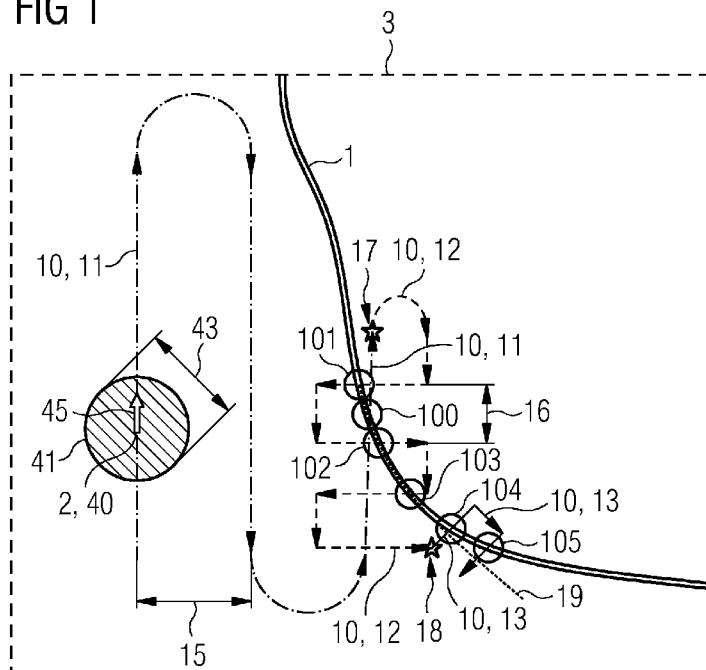
(74) Anwalt: **MAIER, Daniel**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,

(54) Title: METHOD FOR DETECTING THE COURSE OF A PIPELINE LAID UNDERGROUND BY MEANS OF AN AIRBORNE CAPTURE APPARATUS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR DETEKTION DES VERLAUFS EINER UNTERIRDISCH VERLEGTE ROHRLEITUNG MITTELS EINER LUFTGESTÜTZTEN ERFASSUNGSVORRICHTUNG

FIG 1



(57) Abstract: Method for detecting the course of a pipeline (1) laid underground by means of an airborne capture apparatus (2), wherein the capture apparatus (2) moves along a flight trajectory (10-13) and captures measurement data (100-105), each comprising detection information and position information, along the flight trajectory (10-13), wherein the detection information describes the presence of the pipeline (1) at a location, and the position information describes the position of the location, and the flight trajectory (10-13) is defined by a first flight path (11) which allows measurement data (100-105) to be captured within a predefined area (3), and, if the presence of the pipeline (1) is detected by means of corresponding detection information, the first flight path (11) of the flight

KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

trajectory is replaced with a second flight path (12), and the first flight path (11) is effected at a first altitude and the second flight path (12) is effected at a second altitude, and the first altitude is higher than the second altitude.

(57) **Zusammenfassung:** Verfahren zur Detektion des Verlaufs einer unterirdisch verlegten Rohrleitung (1) mittels einer luftgestützten Erfassungsvorrichtung (2), wobei sich die Erfassungsvorrichtung (2) längs einer Flugtrajektorie (10-13) bewegt und entlang der Flugtrajektorie (10-13) Messdaten (100-105), welche jeweils Detektionsinformationen und Positionsinformationen umfassen, erfasst, wobei die Detektionsinformationen das Vorhandensein der Rohrleitung (1) an einem Ort beschreiben, und die Positionsinformationen die Position des Orts beschreiben, und die Flugtrajektorie (10-13) durch eine erste Flugbahn (11) definiert ist, welche die Erfassung von Messdaten (100-105) innerhalb eines vordefinierten Gebiets (3) erlaubt und bei Detektion des Vorhandenseins der Rohrleitung (1) mittels entsprechender Detektionsinformationen die erste Flugbahn (11) der Flugtrajektorie durch eine zweite Flugbahn (12) ersetzt wird, und die erste Flugbahn (11) in einer ersten Flughöhe durchgeführt wird, und die zweite Flugbahn (12) in einer zweiten Flughöhe durchgeführt wird, und die erste Flughöhe höher ist als die zweite Flughöhe.

**Verfahren zur Detektion des Verlaufs einer
unterirdisch verlegten Rohrleitung mittels einer
luftgestützten Erfassungsvorrichtung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion des Ver-
5 laufs einer unterirdisch verlegten Rohrleitung mittels einer
luftgestützten Erfassungsvorrichtung, wobei sich die Erfas-
sungsvorrichtung längs einer Flugtrajektorie bewegt und ent-
lang der Flugtrajektorie Messdaten, welche jeweils Detekti-
10 onsinformationen und Positionsinformationen umfassen, er-
fasst, und die Detektionsinformationen das Vorhandensein der
Rohrleitung an einem Ort beschreiben, und die Positionsinfor-
mationen die Position des Orts beschreiben, und die Flug-
trajektorie durch eine erste Flugbahn definiert ist, welche
15 die Erfassung von Messdaten innerhalb eines vordefinierten
Gebiets erlaubt und bei Detektion des Vorhandenseins der
Rohrleitung mittels entsprechender Detektionsinformatio-
nen die erste Flugbahn der Flugtrajektorie durch eine zweite
Flugbahn ersetzt wird.

Die Erfindung betrifft ferner eine luftgestützte Erfassungs-
20 vorrichtung zur Detektion des Verlaufs einer unterirdisch
verlegten Rohrleitung.

Die Lage von unterirdischen Rohrleitungen wie Pipelines für
liquide Medien wie Gas, Öl, Wasser, etc. muss für Inspekti-
onsaufgaben hochgenau bekannt sein, üblicherweise sind diese
25 Pipelines und insbesondere die Lage ihrer Oberkante nach der
Verlegung und Wiederherstellung des Erdreiches nicht mehr von
außen einsehbar.

Der Grad der Überdeckung, der sogenannte „Depth of Co-
ver“ (DOC) oder Schichtdicke, ist die vertikale Distanz von
30 der Oberseite der Pipeline bis zur Oberfläche des Erdbodens.
Pipelines müssen zum Zeitpunkt ihrer Errichtung minimale ge-
setzliche Vorgaben erfüllen, welche auch die notwendige Über-
deckung regeln können. Jedoch kann sich diese Überdeckung
beispielsweise durch Grabungsarbeiten, Erosion, Kultivierung,
35 Bautätigkeiten, Überschwemmungen, Bodenabsenkungen oder ande-

re Umwelteinflüsse oder Einflüsse des Menschen im Lauf der Zeit ändern.

Bei der Neuverlegung von Pipelines werden diese während der Verlegung, also vor der Wiederaufschüttung des Erdreichs mittels zeitgemäßer Methoden in Katastergenauigkeit eingemessen. Ältere Pipelinebestände wurden bei der Verlegung in der Vergangenheit hingegen nicht in ausreichender Genauigkeit erfasst. Zudem kann es durch instabile Untergründe wie z.B. Moore, Wüstensand, etc. geschehen, dass sich die Lage der Pipeline im eingebetteten Untergrund verändert.

Aus dem Stand der Technik sind Methoden bekannt die Pipeline bzw. ihre metallische Struktur im Erdreich zu orten.

Dies geschieht erdoberflächennah beispielsweise mittels Handmessgeräten, wie sie von der CORROCONT Group vertrieben werden (<http://www.corrocont.com/surveys/pipeline-locating-and-depth-measurement>), was die Übertragung des eingekoppelten Messsignals und somit die Sensitivität der Messung begünstigt.

Weiter bekannte Verfahren für die interne Inspektion von Pipelines nutzen sogenannte Geomolche, die in die Pipeline eingebracht werden und durch den Strom des transportierten Mediums in der Pipeline fortbewegt werden. Die Bestimmung der Position des Geomolchs erfolgt durch Inertial-Messsysteme.

Diese Systeme sind mit dem Nachteil behaftet, dass sie eine Drift des Messergebnisses, also eine Fehlerfortpflanzung durch die inkrementelle Vorschubbestimmung aufweisen.

Dieses Fehlerverhalten kann mangels des Kontaktes zur Außenwelt nicht trivialerweise durch externe und somit absolute Messungen kompensiert werden, wobei insbesondere die zumeist metallische Struktur der Pipeline ein Hindernis darstellt, welche die Übertragung von Funksignalen (elektrischen Feldern) stört (Faraday'scher Käfig).

Bekannt sind aus dem Stand der Technik wie beispielsweise aus <https://en.wikipedia.org/wiki/Pigging> an der Außenhaut der Pipeline angebrachte akustische, magnetische oder auf Funk-

technik beruhende Ortungseinrichtungen, welche die Passage es Geomolchs detektieren können.

Diese Form von Sensorik ist aber gerade bei schlecht eingemessenen Altbeständen nicht vorhanden.

5 Ferner ist die Messgenauigkeit oft nicht ausreichend, um den Grad der Überdeckung der Rohrleitung sehr exakt bestimmen zu können. Die erforderliche Messgenauigkeit kann oft nur mit manuell aufwändigen und daher sehr teuren Mitteln erreicht werden.

10 Außerdem kann beispielsweise aufgrund einer instabilen politischen Situation in einem Land eine manuelle Vermessung für beteiligte Personen mit hohen Risiken beziehungsweise mit zusätzlichem Aufwand für deren Sicherheit verbunden sein.

15 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Stand der Technik weiterzuentwickeln und insbesondere durch den Einsatz einer luftgestützten Erfassungsvorrichtung zur Detektion des Verlaufs einer unterirdisch verlegten Rohrleitung zu verbessern.

20 Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren eingangs genannter Art gelöst, wobei die erste Flugbahn in einer ersten Flughöhe durchgeführt wird, und die zweite Flugbahn in einer zweiten Flughöhe durchgeführt wird, wobei die erste Flughöhe höher ist als die zweite Flughöhe.

25 Dadurch wird erreicht, dass mittels einer autonom fliegenden Erfassungsvorrichtung der Verlauf einer unterirdisch verlegten Rohrleitung auf eine zeit- und kostensparende Weise genau bestimmt werden kann.

30 Ferner wird dadurch erreicht, dass entlang der ersten Flugbahn in der ersten Flughöhe eine erste Auflösung der Messung erzielt wird, und entlang der zweiten Flugbahn in der zweiten Flughöhe eine zweite Auflösung der Messung erzielt wird.

35 Die Auflösung einer Messgröße wird durch einen Erfassungsbereich eines Sensors bestimmt, welcher bei optischen Sensoren meist pyramidenförmig ist oder bei Radarsensoren meist keulenförmig ist. Es kann daher meist ein Öffnungswinkel für den

Sensor angegeben werden, aus welchem sich in Abhängigkeit mit der Entfernung des zu erfassenden, in einer Bildebene gelegenen Objekts eine Auflösung in der Erfassung der Messgröße ergibt, da die Bildebene entfernungsabhängig unterschiedlich groß ist und die zweite Auflösung daher größer ist, als die erste Auflösung.

Die luftgestützte Erfassungsvorrichtung kann beispielsweise ein unbemannt fliegendes Luftfahrzeug sein, welches in der Lage ist, autark - also ohne Steuerung von außen - eine Mission zu erfüllen. Als Mission wird allgemein eine Aufforderung zu einer bestimmten Handlung verstanden. Im gegenwärtigen Zusammenhang ist dies die Detektion des Verlaufs einer unterirdisch verlegten Rohrleitung mit einer hohen Genauigkeit.

Unbemannt fliegende Luftfahrzeuge können sogenannte „Micro Air Vehicles“ (MAV) sein, also Kleindrohnen, die über genügend Tragkraft verfügen, um Bildaufzeichnungsgeräte oder andere Sensoren zu transportieren. Sie haben einen Aktionsradius von einigen Kilometern und können eine Flughöhe von mehreren hundert Metern erreichen.

Insbesondere „Vertical Take-Off and Landing Unmanned Aerial Vehicles“ (VTOL UAV: Senkrecht startendes und landendes UAV) sind für derartige Missionen besonders gut geeignet. Durch die VTOL-Fähigkeit werden weder eine Start- bzw. Landebahn noch spezielle Start- oder Landevorrichtungen benötigt. Gleichzeitig ergibt sich oftmals die Möglichkeit zwischen- durch zu schweben oder sogar zu landen um zu beobachten („hover and stare“).

Zur Erfassung von Detektionsinformationen können beispielsweise Magnetsensoren oder Infrarot-Sensoren eingesetzt werden. Weitere Sensortypen sind im Stand der Technik bekannt.

Rohrleitungen wie Pipelines für liquide Medien wie beispielsweise Öl, Wasser oder Gas sind meist aus einem metallischen Material hergestellt, welches mit einem, außerhalb der Rohrleitung angelegten Magnetfeld interagiert. Ferner kann durch Aufbringen eines Stromes auf die metallische Struktur der

Pipeline ein Magnetfeld erzeugt werden, welches wiederum von einem Magnetsensor erfasst werden kann. Je nach Messverfahren kann sowohl ein Gleichstrom als auch ein Wechselstrom eingesetzt werden.

5 Infrarot-Sensoren können einen thermischen Unterschied zwischen der Rohrleitung, welche durch das durchströmende Medium eine Rohrtemperatur aufweist, und dem Erdreich, in welchem die Rohrleitung eingebettet ist und welches eine Bodentemperatur aufweist, den Verlauf der Rohrleitung im Boden detek-
10 tieren beziehungsweise erfassen.

Zur Erfassung von Positionsinformationen der luftgestützten Erfassungsvorrichtung kann beispielsweise ein satellitengestütztes Positionierungssystem wie GPS und/oder Galileo mit entsprechenden Empfängern eingesetzt werden, aber auch Posi-
15 tionierungssysteme, welche auf der Verwendung von lokalen Funknetzwerken beruhen, und differenzielle Positionsdaten ergänzen, um die Positionierungsgenauigkeit zu verbessern.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, dass die erste Flugbahn und/oder die zweite Flugbahn automatisch
20 bestimmt wird. Mit anderen Worten kann die Bestimmung der ersten und/oder zweiten Flugbahn autonom in einer Rechenvorrichtung der Erfassungsvorrichtung erfolgen. Alternativ kann die erste Flugbahn einer Mission von einer Bodeneinheit bestimmt werden und anschließend an die luftgestützte Erfas-
25 sungsvorrichtung durch ein drahtloses Kommunikationsmittel übertragen werden. Dabei kann die Mission eine ungefähre Eingrenzung des zu untersuchenden Gebiets vorsehen („geo fence“), um die Mission auf ein Gebiet einzuengen, in welchem die Rohrleitung vermutet wird. Die Erfassungsvorrichtung kann
30 ein Positionierungssystem mit einem entsprechenden Empfänger umfassen, wobei das Positionierungssystem eine jeweilige Position der Erfassungsvorrichtung in der geographischen Länge, Breite und Höhe während einer Mission bestimmt und die Rechenvorrichtung die aktuelle Position mit einem „geo fence“
35 abgleicht und somit entsprechende Lenkung der Erfassungsvorrichtung angesteuert. Häufig wird eine Höhe über dem Meeres-

spiegel angegeben und nicht die Höhe über der Bodenoberfläche.

Es ist besonders günstig, wenn die zweite Flugbahn mittels einer Rechenvorrichtung der Erfassungsvorrichtung automatisch
5 bestimmt wird. Dadurch kann die Erfassungsvorrichtung autonom und auf besonders einfache Weise eine Mission durchführen.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, dass entlang der ersten Flugbahn eine Vielzahl an Messdaten erfasst werden, deren jeweilige Positionen untereinander einen
10 durchschnittlichen ersten Abstand aufweisen, und entlang der zweiten Flugbahn eine Vielzahl an Messdaten erfasst werden, deren jeweilige Positionen untereinander einen durchschnittlichen zweiten Abstand aufweisen, wobei der erste Abstand größer als der zweite Abstand ist.

15 Dadurch wird erreicht, dass entlang der ersten Flugbahn eine erste Auflösung der Messung erzielt werden kann, und entlang der zweiten Flugbahn eine zweite Auflösung der Messung erzielt werden kann. Folglich kann die zweite Auflösung größer als die erste Auflösung sein.

20 In einer Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, dass entlang der Flugtrajektorie eine Vielzahl an Messdaten erfasst werden, aus deren jeweiligen Detektionsinformationen bei Überschreiten eines jeweiligen Grenzwerts das Vorhandensein der Rohrleitung detektiert wird und aus den entsprechenden
25 Positionen der Verlauf der Rohrleitung ermittelt wird, vorzugsweise mittels einem statistischen Verfahren.

Dadurch wird erreicht, dass mehrere einzelne Messdaten erfasst werden und mittels einer gemeinsamen Analyse der Verlauf der Rohrleitung ermittelt werden kann. Dadurch wird die
30 Messung robuster gegenüber einzelnen Messungenauigkeiten.

Es ist günstig, wenn aus dem ermittelten Verlauf der Rohrleitung der weitere Verlauf der Rohrleitung prädiziert beziehungsweise extrapoliert wird und daraus eine dritte Flugbahn festgelegt wird, und die erste Flugbahn oder die zweite Flugbahn
35 durch die dritte Flugbahn ersetzt wird.

Dadurch wird erreicht, dass aus dem prädizierten Verlauf das Suchgebiet für die Rohrleitung eingegrenzt wird und das Detektions-Verfahren dadurch schneller ausgeführt werden kann. Ferner kann das Such-Verfahren dadurch robuster gegenüber
5 einzelnen Fehlern oder Ungenauigkeiten bei der Erfassung der Messdaten sein.

Es ist besonders günstig, wenn die dritte Flugbahn automatisch festgelegt wird. Besonders bevorzugt erfolgt dies autonom mittels einer Rechenvorrichtung der Erfassungsvorrichtung.
10 tung.

Die Erfassungsvorrichtung umfasst bevorzugt einen Speicher, in welchem eine Umgebungskarte gespeichert ist.

Die Positionsdaten der Erfassungsvorrichtung können die geographische Länge, Breite und Höhe, sowie die Roll-, Nick- und Gier-Winkel der Erfassungsvorrichtung um deren Längs-, Quer- und Vertikalachse umfassen.
15

In einer Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Flugtrajektorie keine Winkeländerungen hinsichtlich der Orientierung der Erfassungsvorrichtung aufweist.

Dadurch wird erreicht, dass insbesondere mittels VTOL UAVs auf einfache Weise und mittels effizienter Suchmuster ein zu untersuchendes Gebiet vermessen können. Außerdem kann ein von der luftgestützten Erfassungsvorrichtung umfasster Sensor besser an die Durchführung der Detektion der Rohrleitung angepasst werden, beispielsweise durch eine Ausrichtung des
20 Sensors in einem günstigen Winkel bezüglich des bereits detektierten Verlaufs der Rohrleitung, sowie in einem günstigen Winkel hinsichtlich der Fluglage der Erfassungsvorrichtung. Die Fluglage kann von der Fluggeschwindigkeit oder einem
25 Flugmanöver abhängen. Die Erfassungsgenauigkeit kann dadurch weiter verbessert werden, da das Erfassungssichtfeld des Sensors optimal an die Fluglage und die Lage der Rohrleitung angepasst werden kann.
30

In einer Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Flugtrajektorie nur Winkeländerungen hinsichtlich der Orientierung der Erfassungsvorrichtung um ihre Vertikalachse
35

aufweist. Mit anderen Worten sind keine Roll- und Nick-Winkel der luftgestützten Erfassungsvorrichtung vorgesehen, was beispielsweise von einer Helikopter-Drohne mit mehreren Rotoren sehr einfach ausgeführt werden kann. Durch die Drehung der Orientierung der Erfassungsvorrichtung um ihre Vertikalachse kann erreicht werden, dass das Erfassungssichtfeld des vorher genannten Sensors besser an die Flugtrajektorie angepasst werden kann.

Dadurch wird erreicht, dass ein von der luftgestützten Erfassungsvorrichtung umfasster Sensor, welcher entlang der Flugtrajektorie bewegt wird, noch besser an die Detektionsaufgabe angepasst werden kann und die Erfassungsgenauigkeit weiter verbessert werden kann. Ferner ist keine aufwendige Kompensation der Lage des Sensors erforderlich, welche durch Fluglagen mit entsprechenden Roll- und Nick-Winkeln entstehen können.

Die Erfindung kann weiterentwickelt werden, indem entlang der Flugtrajektorie Messdaten mit der jeweiligen Flughöhe der Erfassungsvorrichtung mittels einer Höhenmessvorrichtung erfasst werden, und aus den Messdaten die Schichtdicke der Bedeckung der Rohrleitung bestimmt wird.

Dadurch wird erreicht, dass aus der gemessenen Flughöhe und der detektieren Lage der Rohrleitung auf eine einfache Weise die Schichtdicke mit hoher Genauigkeit bestimmt werden kann, welche die Rohrleitung überdeckt.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird auch durch eine Luftgestützte Erfassungsvorrichtung eingangs genannter Art gelöst, wobei die Erfassungsvorrichtung eine Sensorvorrichtung und eine Positionierungsvorrichtung umfasst, und dazu eingerichtet ist, das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche auszuführen und mittels der Sensorvorrichtung und der Positionierungsvorrichtung Messdaten, welche jeweils Detektionsinformationen und Positionsinformationen umfassen, zu erfassen.

Die Messdaten können in einem Speicher der Erfassungsvorrichtung gespeichert werden oder an eine Bodenstation durch ein drahtloses Kommunikationsmittel übertragen werden.

Die Erfindung kann weiterentwickelt werden, indem die Erfassungsvorrichtung ferner eine Rechenvorrichtung umfasst, welche dazu eingerichtet ist, die erste Flugbahn und/oder die zweite Flugbahn automatisch zu bestimmen.

Dadurch wird erreicht, dass die Detektion rasch und auf eine einfache Weise erfolgen kann.

10 In einer Weiterbildung der Erfindung umfasst die Erfassungsvorrichtung ferner eine Höhenmessvorrichtung, welche dazu eingerichtet ist, die Flughöhe der Erfassungsvorrichtung über der Bodenoberfläche zu erfassen und als Messdaten gespeichert werden.

15 Dadurch wird erreicht, dass aus der gemessenen Flughöhe und der detektieren Lage der Rohrleitung die Schichtdicke bestimmt werden kann, welche die Rohrleitung überdeckt. Die Berechnung der Schichtdicke kann durch eine Rechenvorrichtung der Erfassungsvorrichtung, als auch durch eine nachfolgende
20 Auswertung der Messdaten außerhalb der Erfassungsvorrichtung erfolgen.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Erfassungsvorrichtung dazu eingerichtet ist, aus den Messdaten jeweils die Schichtdicke der Überdeckung der Rohrleitung zu bestimmen.

25 Dadurch wird erreicht, dass die Schichtdicke auf eine einfache Weise mittels der Erfassungsvorrichtung mit hoher Genauigkeit bestimmt wird.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird auch durch ein System zur Bestimmung der Schichtdicke der Überdeckung einer Rohrleitung
30 gelöst, wobei das System eine erfindungsgemäße Erfassungsvorrichtung umfasst, welche außerdem eine Höhenmessvorrichtung aufweist, die dazu eingerichtet ist, die Flughöhe der Erfassungsvorrichtung über der Bodenoberfläche zu erfassen und als
35 Messdaten zu speichern, und das System ferner dazu eingerich-

tet ist, aus den Messdaten jeweils die Schichtdicke der Überdeckung der Rohrleitung zu bestimmen.

Dadurch wird erreicht, dass aus der gemessenen Flughöhe und der detektieren Lage der Rohrleitung die Schichtdicke bestimmt werden kann, welche die Rohrleitung überdeckt. Die Berechnung der Schichtdicke kann durch eine Rechenvorrichtung der Erfassungsvorrichtung, als auch durch eine nachfolgende Auswertung der Messdaten außerhalb der Erfassungsvorrichtung, beispielsweise von einer Bodenstation, welche mittels eines drahtlosen Kommunikationsmittels mit der Erfassungsvorrichtung zum Empfangen der Messdaten verbunden ist, oder auch offline, das heißt nach einer erfolgten Mission werden die Messdaten anschließend durch eine Auswertungsvorrichtung ausgewertet, erfolgen.

Die Erfindung wird anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen beispielhaft:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer Flugtrajektorie einer luftgestützten Erfassungsvorrichtung in einer schematischen Darstellung in einer Ansicht von oben,

Fig. 2 einen Ausschnitt der Flugtrajektorie nach Fig. 1 in einer Seitenansicht,

Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel für Messdaten in einer schematischen Darstellung in einer Ansicht von oben,

Fig. 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Flugtrajektorie in einer schematischen Darstellung in einer Ansicht von oben

Fig. 5 eine symbolische Darstellung einer Ausführungsform für die luftgestützte Erfassungsvorrichtung,

Fig. 6 die Lage von Rotationsachsen einer luftgestützten Erfassungsvorrichtung.

In Fig. 1 und 2 ist ein Ausführungsbeispiel für das erfindungsgemäße Verfahren zur Detektion des Verlaufs einer unterirdisch verlegten Rohrleitung 1 mittels einer luftgestützten Erfassungsvorrichtung 2 dargestellt. Es ist ein Beispiel ei-

ner Flugtrajektorie 10-13 schematisch dargestellt, welche von der luftgestützten Erfassungsvorrichtung 2 abgeflogen wird.

Die Erfassungsvorrichtung 2 folgt einer Flugtrajektorie 10, welche aus mehreren Flugbahnen 11-13 zusammengesetzt ist, welche automatisch während der Mission bestimmt werden.

Als Mission wird die Detektion des Verlaufs einer unterirdisch verlegten Rohrleitung mit einer hohen Genauigkeit verstanden.

Entlang der Flugtrajektorie 10 erfasst die Erfassungsvorrichtung 2 Messdaten 100-105, welche jeweils Detektionsinformationen und Positionsinformationen umfassen.

Die Detektionsinformationen beschreiben jeweils das Vorhandensein der Rohrleitung 1 an einem Ort, und Positionsinformationen beschreiben die Position des Orts.

Das Vorhandensein der Rohrleitung kann beispielsweise durch ein Messwert-Maximum eines entsprechenden Sensorsignals eines Sensors beschrieben werden, welches Sensorsignal bei Überfliegen der Rohrleitung 1 von der Erfassungsvorrichtung erfasst und aufgezeichnet wird und an einem Ort des Sensors vertikal über der Rohrleitung 1 ein Maximum erreicht.

Die Flugtrajektorie 10 ist vorerst durch eine erste Flugbahn 11 definiert, welche die Erfassung von Messdaten 100-105 innerhalb eines vordefinierten Gebiets 3 erlaubt und die erste Flugbahn 11 in einer ersten Flughöhe 31 durchgeführt wird. Die Flugtrajektorie 10 hat in diesem Beispiel einen mäanderförmigen Verlauf, um das Gebiet 3 effizient durch die luftgestützte Erfassung der Messdaten 100-105 abzufliegen.

Die erste Flugbahn 11 kann nach einer Festlegung des Gebiets 3 automatisch berechnet werden, und entweder durch die Erfassungsvorrichtung 2 selbst oder an diese übertragen werden.

Während des Betriebs der luftgestützten Erfassung entlang der ersten Flugbahn 11 werden kontinuierlich Messdaten erfasst, deren jeweilige Positionsinformationen untereinander einen durchschnittlichen ersten Abstand 15 aufweisen.

Der erste Abstand 15 bezeichnet benachbart liegende Messpunkte 100-105 auf der ersten Flugbahn 11, welche nicht im kontinuierlichen Verlauf der Messung aufeinander folgen. Mit anderen Worten kann der Abstand 15 quer zur mäanderförmigen ersten Flugbahn 11, gemessen werden.

Bei Detektion des Vorhandenseins der Rohrleitung 1 mittels entsprechender Detektionsinformationen wird die erste Flugbahn 11 der Flugtrajektorie 10 durch eine zweite Flugbahn 12 ersetzt. Die Detektionsinformationen repräsentieren beispielsweise eine Information eines magnetischen Sensors, welcher von der Erfassungsvorrichtung 2 umfasst ist. Dabei kann die Detektionsinformationen ein maximaler Sensorwert sein, wenn die Rohrleitung 1 überflogen wird. Bei Überschreiten beispielsweise eines vordefinierten Grenzwerts für den Sensorwert erfolgt eine Detektion.

Entlang der Flugtrajektorie 10-13 werden somit Messdaten 100-105 erfasst, aus deren jeweiligen Detektionsinformationen bei Überschreiten eines Grenzwerts das Vorhandensein der Rohrleitung 1 detektiert wird. Aus den entsprechenden Positionsinformationen kann der Verlauf der Rohrleitung 1, beispielsweise mittels eines statistischen Verfahrens, ermittelt werden.

Wie in Fig. 1 und 2 dargestellt, werden zunächst Messdaten 100 durch Detektion erfasst, wobei der Ort der Detektion der Messdaten 100 ein erster Flugbahnwechsellpunkt 17 ist, an welchem von der ersten Flugbahn 11 in die zweite Flugbahn 12 gewechselt wird.

Die Flugbahnen 11, 12 unterscheiden sich jeweils im Verlauf und in der Flughöhe 20.

Die zweite Flugbahn 12 wird in diesem Beispiel in einer zweiten Flughöhe 22 durchgeführt, wobei die erste Flughöhe 21 höher ist als die zweite Flughöhe 22. Die zweite Flugbahn 12 beginnt am Ort der Detektion der Messdaten 100, also am ersten Flugbahnwechsellpunkt 17.

Der Sensor 40 weist einen Sensormessbereich 41 mit einem Öffnungswinkel des Messbereichs 42 auf, welcher in Aufsicht durch eine kreisrunde Detektions-Charakteristik beschrieben

werden kann. Je nach aktueller Flughöhe 20 entlang der Flug-
trajektorie 10-13 in Bewegungsrichtung des Sensors 45 ist der
Durchmesser des Boden-Messbereichs 43, 44 auf der Bodenober-
fläche 25 und je nach verwendetem Sensortyp für den Sensor 40
5 kann die Messempfindlichkeit und/oder Messgenauigkeit unter-
schiedlich groß sein.

Entlang der zweiten Flugbahn 12 werden kontinuierlich Messda-
ten 100-105 erfasst, deren jeweilige Positionsinformationen
untereinander einen durchschnittlichen zweiten Abstand 16
10 aufweisen.

Der erste Abstand 15 ist in diesem Beispiel größer als der
zweite Abstand 16.

Durch den engeren Verlauf der mäanderförmigen zweiten Flug-
bahn 12 kann das Gebiet um den ersten detektierten Ort mit
15 Messdaten 101 genauer untersucht und erfasst werden.

Im gezeigten Beispiel werden die Messdaten 101-105 jeweils
durch Detektion, das heißt wenn die Messdaten 101-105 einen
vordefinierten Grenzwert überschreiten, erfasst.

Erfolgt über eine vordefinierte Entfernung entlang der zwei-
20 ten Flugbahn 12 keine weitere Erfassung von Messdaten, so
kann eine neue Suchstrategie ermittelt werden. Beispielsweise
kann aus dem bisher ermittelten Verlauf der Rohrleitung 1 der
weitere Verlauf 19 der Rohrleitung 1 extrapoliert werden.

Damit wird eine dritte Flugbahn 13 ab einem zweiten Flugbahn-
25 wechsellpunkt 18 festgelegt, und die zweite Flugbahn 12 durch
die dritte Flugbahn 13 am zweiten Flugbahnwechsellpunkt 18 er-
setzt. In diesem Beispiel bleibt die Flughöhe 20 der dritten
Flugbahn 13 gegenüber der Flughöhe 22 der zweiten Flugbahn 12
unverändert.

30 Die dritte Flugbahn 13 kann beispielsweise ein weiterer mäan-
derförmiger Verlauf sein, welcher jedoch einen geänderten
Winkel der dritte Flugbahn 13 gegenüber der vorhergehenden
zweiten Flugbahn 12 aufweist, beispielsweise um 45° oder 90°
ab dem zweiten Flugbahnwechsellpunkt 18. Ferner kann der Bahn-
35 abstand der mäanderförmigen Flugbahn neuerlich verringert

werden. Dadurch kann erreicht werden, dass die Rohrleitung bezüglich des von der Erfassungsvorrichtung umfassten Sensors eine verbesserte Lage zueinander aufweist und der Sensor ein verbessertes Messergebnis mittels der Messdaten 100-105 liefern kann.

Für eine präzise Erfassung der Messdaten 100-105 mittels des genannten Sensors weist die Flugtrajektorie 10-13 keine Winkeländerungen hinsichtlich der Orientierung der Erfassungsvorrichtung 2 auf. Dies ist insbesondere dann günstig, wenn als Erfassungsvorrichtung 2 ein VTOL-UAV, beispielsweise ein Drehflügler in Form eines Quadcopters, eingesetzt wird. Somit kann die Flugtrajektorie 10-13 nur Winkeländerungen hinsichtlich der Orientierung der Erfassungsvorrichtung 2 um ihre Vertikalachse 62, der Gierachse 62, aufweisen, was die Präzision besonders unterstützt, da die Mess- oder Detektionsgenauigkeit bei der sensorischen Erfassung der Messdaten 100-105 auch von der Bewegungs- beziehungsweise Flugrichtung des Sensors abhängen kann. Folglich wird das VTOL-UAV bei jeder Änderung der Flugbahn um die Gierachse 62 gedreht, um den Sensor für eine präzise Messung auszurichten.

Die Beträge für den Rollwinkel 71, den Nickwinkel 72 und den Gierwinkel 73 im Flug hängen von der Art der luftgestützten Plattform der Erfassungsvorrichtung 2 ab. Bei VTOL-UAVs können der Rollwinkel 71 und der Nickwinkel 72 in einer horizontalen Ebene gelegen sein.

Fig. 3 zeigt eine Darstellung von mehreren Messdaten 106-109 über die geographische Breite 31 und die geographische Länge 32. Dabei können die Messdaten 106-109 innerhalb einer Ellipse 90 gruppiert werden. Aus der Darstellung kann die Hauptachse der Ellipse 90 ermittelt werden, welche zur Extrapolation eines weiteren Verlaufs von Messdaten 106-109 gemäß den vorhergehenden Ausführungen zur Bestimmung der Verlaufs 19 verwendet werden kann. Natürlich sind andere bekannte Verfahren zur statistischen Extrapolation einsetzbar.

Fig. 4 zeigt eine Flugbahn 14, die automatisch von der Rechenvorrichtung 4 ermittelt werden kann, indem in einer si-

nusförmigen Flugbahn 14 mit einer Suchbreite 26 und einer Suchtiefe 27 der weitere Verlauf der Rohrleitung 1 durch Messdaten 110-115 ermittelt wird. Die Suchbreite 26 und die Suchtiefe 27 beschreiben die Einhüllende der Flugbahn 14 innerhalb eines Zyklus, welcher im Zuge der Suche beispielsweise entlang eines prognostizierten Verlaufs 19 wiederholt wird.

Fig. 5 stellt die luftgestützte Erfassungsvorrichtung 2 in Form eines MAV dar, welche eine Sensorvorrichtung 40 und eine Positionierungsvorrichtung 50 umfasst. Am MAV sind Rotorflügel erkennbar, welche schematisch einen autonom fliegenden Quadcopter darstellen sollen.

Mittels der Sensorvorrichtung 40 und der Positionierungsvorrichtung 50 können Messdaten 100-115, welche jeweils Detektionssinformationen und Positionsinformationen umfassen, erfasst werden.

Die Sensorvorrichtung 40 ist beispielsweise ein Magnetsensor, welcher dazu eingerichtet ist, ein von der Rohrleitung 1 erzeugtes Magnetfeld zu erfassen. Die Positionierungsvorrichtung 50 ist beispielsweise ein GPS-Satellitenempfänger zum Empfang eines GPS-Signals 51. Zur Erhöhung der Positionierungsgenauigkeit kann zusätzlich ein differenzielles Subsystem zur Positionierung (Differential GPS) eingesetzt werden, welches von der Positionierungsvorrichtung 50 umfasst ist.

Die Erfassungsvorrichtung 2 umfasst ferner eine Rechenvorrichtung 4, welche dazu eingerichtet ist, die Flugbahn 10-14 automatisch zu bestimmen.

Außerdem umfasst die Erfassungsvorrichtung 2 eine Höhenmessvorrichtung 52, beispielsweise ein Laserhöhenmesser, welcher mittels einem Höhenmess-Signal 53 die Flughöhe 20-22 über der Bodenoberfläche 25 bestimmt und als Messdaten 100-115 gespeichert werden.

Die Messdaten 100-115 können in einem Speicher (in der Figur nicht dargestellt) der Erfassungsvorrichtung 2 gespeichert werden oder an eine Bodenstation durch ein drahtloses Kommu-

nikationsmittel übertragen werden (in der Figur nicht dargestellt).

Aus der gemessenen Flughöhe und der detektieren Lage der Rohrleitung 1 kann die Schichtdicke der Schicht bestimmt werden kann, welche die Rohrleitung 1 überdeckt. Die Berechnung der Schichtdicke kann automatisch durch die Rechenvorrichtung 4 der Erfassungsvorrichtung 2 erfolgen. Dazu kann es vorgesehen sein, dass von der Erfassungsvorrichtung 2 eine Karte abrufbar ist, welche Informationen bezüglich der Bodenbeschaffenheit im Gebiet der Rohrleitung 1 aufweist, um eine entsprechende Berechnung mit hoher Genauigkeit durchzuführen.

Fig. 6 zeigt die Lage von Rotationsachsen einer luftgestützten Erfassungsvorrichtung 2, wobei ein Rollwinkel 70 um eine Längsachse 60, ein Nickwinkel 71 um eine Querachse 61 und ein Gierwinkel 72 um eine Vertikalachse 62 erkennbar ist. Die Achsen 60, 61 und 62 schneiden sich in einem Schwerpunkt 80.

Für die Erfindung sind sowohl Drehflügelflugzeuge als auch Flugzeuge ohne Rotorflügel geeignet.

Bezugszeichenliste:

	1	Rohrleitung
	2	Erfassungsvorrichtung
	3	Gebiet
5	4	Rechenvorrichtung
	10-14	Flugtrajektorie, Flugbahn
	15, 16	Abstand
	17, 18	Flugbahnwechsellpunkt
	19	Extrapolierter Verlauf
10	20-22	Flughöhe
	25	Bodenoberfläche
	26	Suchbreite
	27	Suchtiefe
	30	Entfernung, zurückgelegte Distanz
15	31	geographische Breite
	32	geographische Länge
	40	Sensor
	41	Sensormessbereich, Aufsicht
	42	Öffnungswinkel des Messbereichs
20	43, 44	Messbereich, Durchmesser am Boden
	45	Bewegungsrichtung des Sensors
	46	Sensor-Signal
	50	GPS-Positionierungsempfänger
	51	GPS-Signal
25	52	Höhenmessvorrichtung
	53	Höhenmess-Signal
	60	Längsachse
	61	Querachse
	62	Vertikalachse
30	70	Rollwinkel
	71	Nickwinkel
	72	Gierwinkel
	80	Schwerpunkt
	90	Ellipse
35	100-115	Messdaten

Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion des Verlaufs einer unterirdisch verlegten Rohrleitung (1) mittels einer luftgestützten Erfassungsvorrichtung (2),
5 wobei sich die Erfassungsvorrichtung (2) längs einer Flugtrajektorie (10-14) bewegt und entlang der Flugtrajektorie (10-14) Messdaten (100-115), welche jeweils Detektionsinformationen und Positionsinformationen umfassen, erfasst,
10 und die Detektionsinformationen das Vorhandensein der Rohrleitung (1) an einem Ort beschreiben, und die Positionsinformationen die Position des Orts beschreiben,
und die Flugtrajektorie (10-14) durch eine erste Flugbahn (11) definiert ist, welche die Erfassung von Messdaten (100-115) innerhalb eines vordefinierten Gebiets (3) erlaubt und bei Detektion des Vorhandenseins der Rohrleitung (1) mittels entsprechender Detektionsinformationen die erste Flugbahn (11) der Flugtrajektorie durch eine zweite Flugbahn (12) ersetzt wird,
15 **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Flugbahn (11) in einer ersten Flughöhe (21) durchgeführt wird,
und die zweite Flugbahn (12) in einer zweiten Flughöhe (22) durchgeführt wird,
20 und die erste Flughöhe (21) höher ist als die zweite Flughöhe (22).
2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die erste Flugbahn (11) und/oder die zweite Flugbahn (12) automatisch bestimmt wird.
- 30 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei entlang der ersten Flugbahn (11) Messdaten (100-115) erfasst werden, deren jeweilige Positionsinformationen untereinander einen durchschnittlichen ersten Abstand (15) aufweisen,

und entlang der zweiten Flugbahn (12) Messdaten (100) erfasst werden, deren jeweilige Positionsinformationen untereinander einen durchschnittlichen zweiten Abstand (16) aufweisen,

5 wobei der erste Abstand (15) größer als der zweite Abstand (16) ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei entlang der Flugtrajektorie (10-14) Messdaten (100-115) erfasst werden, aus deren jeweiligen Detektionsinformationen bei Überschreiten eines jeweiligen Grenzwerts das
10 Vorhandensein der Rohrleitung (1) detektiert wird und aus den entsprechenden Positionsinformationen der Verlauf der Rohrleitung (1) ermittelt wird, vorzugsweise mittels einem statistischen Verfahren.

15 5. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei aus dem ermittelten Verlauf der Rohrleitung (1) der weitere Verlauf (19) der Rohrleitung (1) extrapoliert wird und daraus eine dritte Flugbahn (13) festgelegt wird, und die erste Flugbahn (11) oder die zweite Flugbahn (12) durch
20 die dritte Flugbahn (13) ersetzt wird, bevorzugt automatisch und besonders bevorzugt mittels einer Rechenvorrichtung (4) der Erfassungsvorrichtung (2).

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Flugtrajektorie (10-14) keine Winkeländerungen hinsichtlich der Orientierung der Erfassungsvorrichtung (2)
25 aufweist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Flugtrajektorie (10-14) nur Winkeländerungen hinsichtlich der Orientierung der Erfassungsvorrichtung (2)
30 um ihre Vertikalachse (62) aufweist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei entlang der Flugtrajektorie (10-14) Messdaten (100-115) mit der jeweiligen Flughöhe (20-22) der Erfassungsvorrichtung (2) mittels einer Höhenmessvorrichtung (52) erfasst werden, und aus den Messdaten (100-115) die
35

Schichtdicke der Bedeckung der Rohrleitung (1) bestimmt wird.

9. Luftgestützte Erfassungsvorrichtung (2) zur Detektion des Verlaufs einer unterirdisch verlegten Rohrleitung (1),
5 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erfassungsvorrichtung (2) eine Sensorvorrichtung (40) und eine Positionierungsvorrichtung (50) umfasst, und dazu eingerichtet ist, das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche auszuführen und mittels der Sensorvorrichtung (40) und
10 der Positionierungsvorrichtung (50) Messdaten (100-115), welche jeweils Detektionsinformationen und Positionsinformationen umfassen, zu erfassen.
10. Erfassungsvorrichtung (2) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Erfassungsvorrichtung (2) ferner eine
15 Rechenvorrichtung (4) umfasst, welche dazu eingerichtet ist, die erste Flugbahn (11) und/oder die zweite Flugbahn (12) automatisch zu bestimmen.
11. Erfassungsvorrichtung (2) nach den Ansprüchen 10 oder 11, wobei die Erfassungsvorrichtung (2) ferner eine Höhenmessvorrichtung (51) umfasst, welche dazu eingerichtet
20 ist, die Flughöhe (20, 21, 22) der Erfassungsvorrichtung (2) über der Bodenoberfläche (25) zu erfassen und als Messdaten (100-115) gespeichert werden.
12. Erfassungsvorrichtung (2) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Erfassungsvorrichtung (2) dazu eingerichtet
25 ist, aus den Messdaten (100-115) jeweils die Schichtdicke der Überdeckung der Rohrleitung (1) zu bestimmen.
13. System zur Bestimmung der Schichtdicke der Überdeckung einer Rohrleitung (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** das
30 System eine Erfassungsvorrichtung (2) nach Anspruch 12 umfasst, und das System dazu eingerichtet ist, aus den Messdaten (100-115) jeweils die Schichtdicke der Überdeckung der Rohrleitung (1) zu bestimmen.

FIG 1

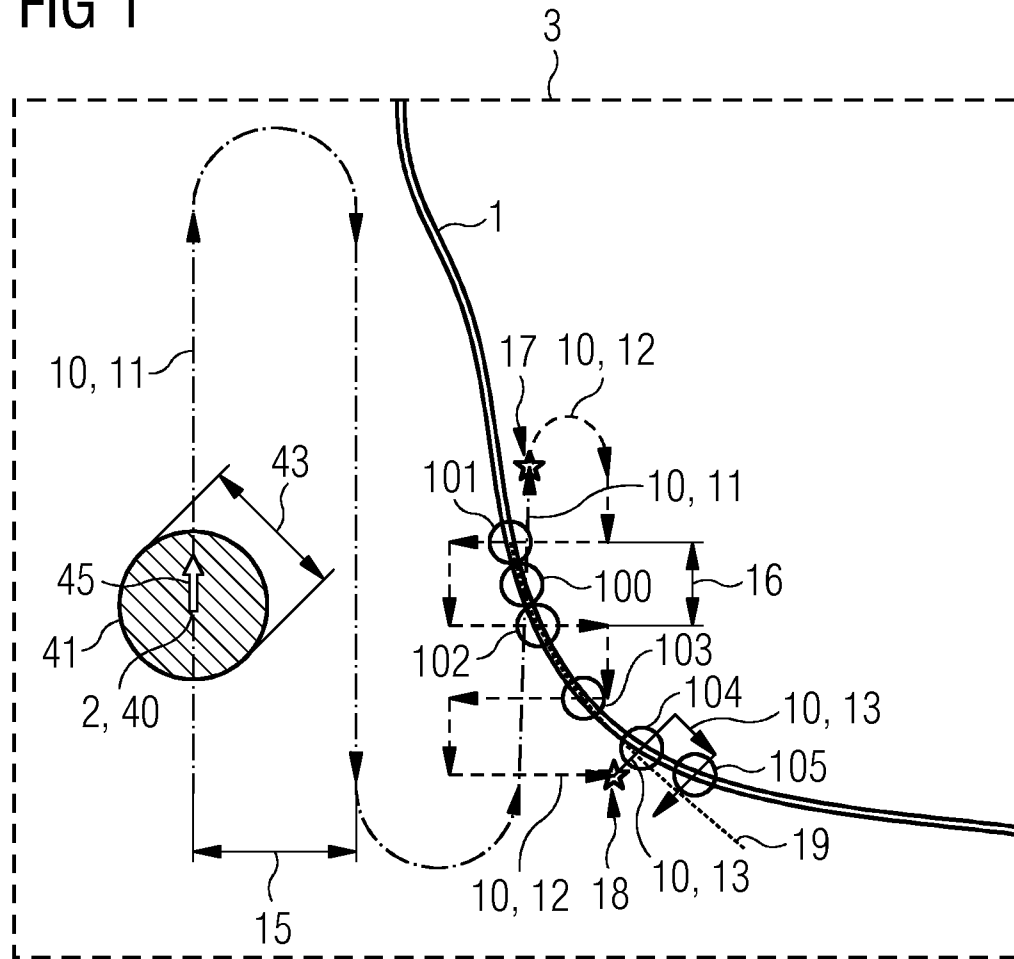


FIG 2

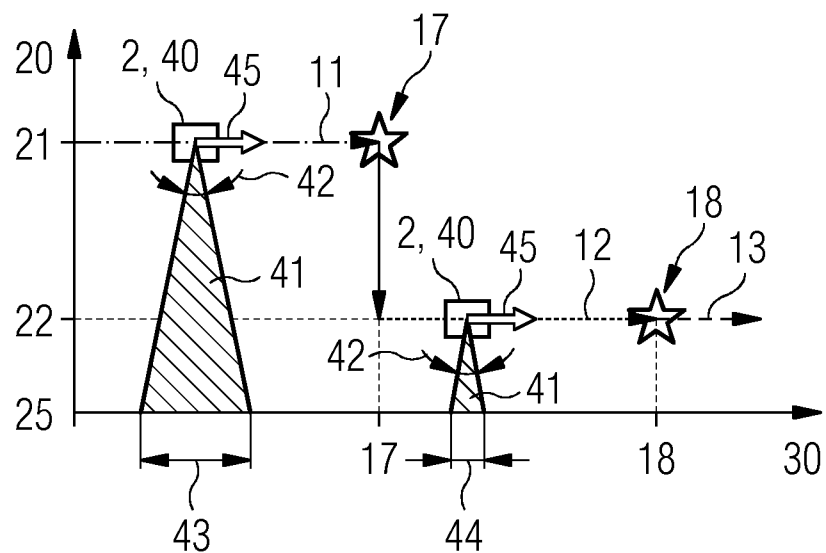


FIG 3

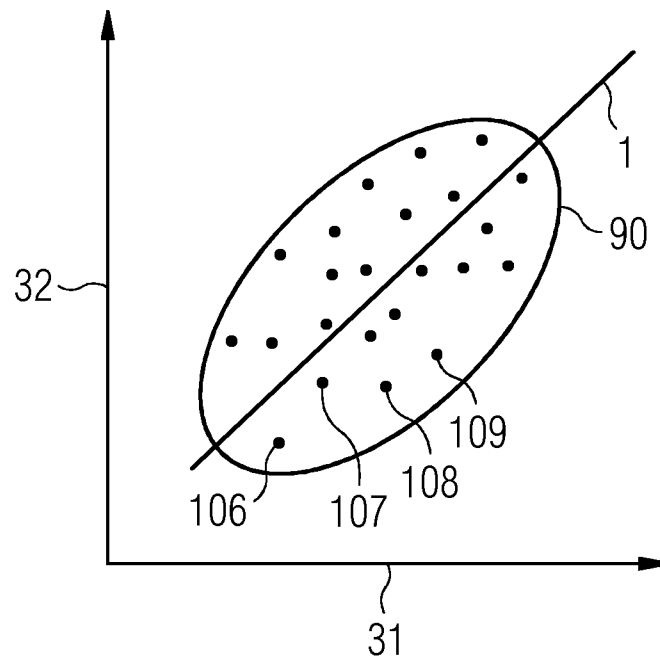


FIG 4

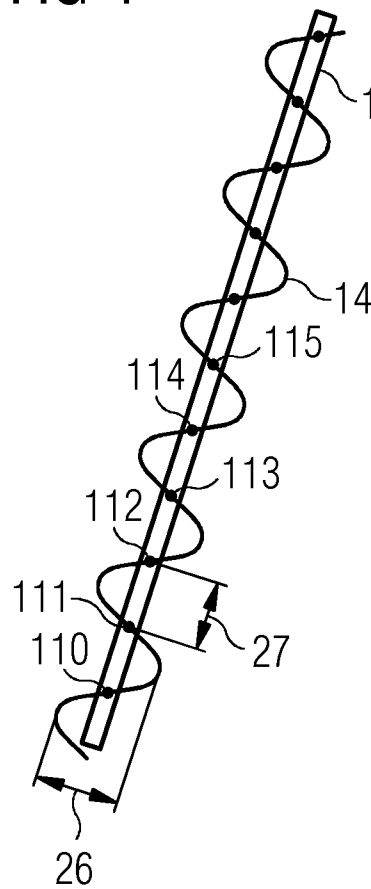


FIG 5

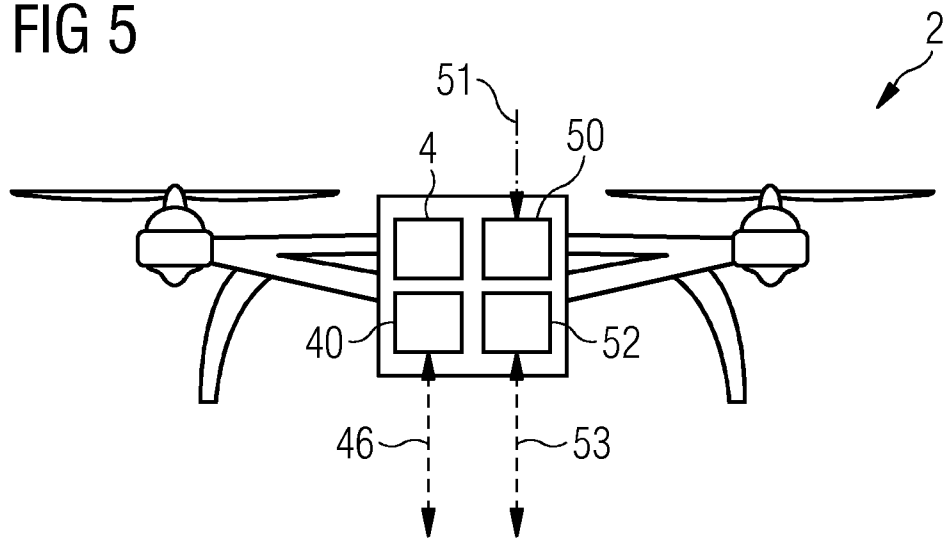
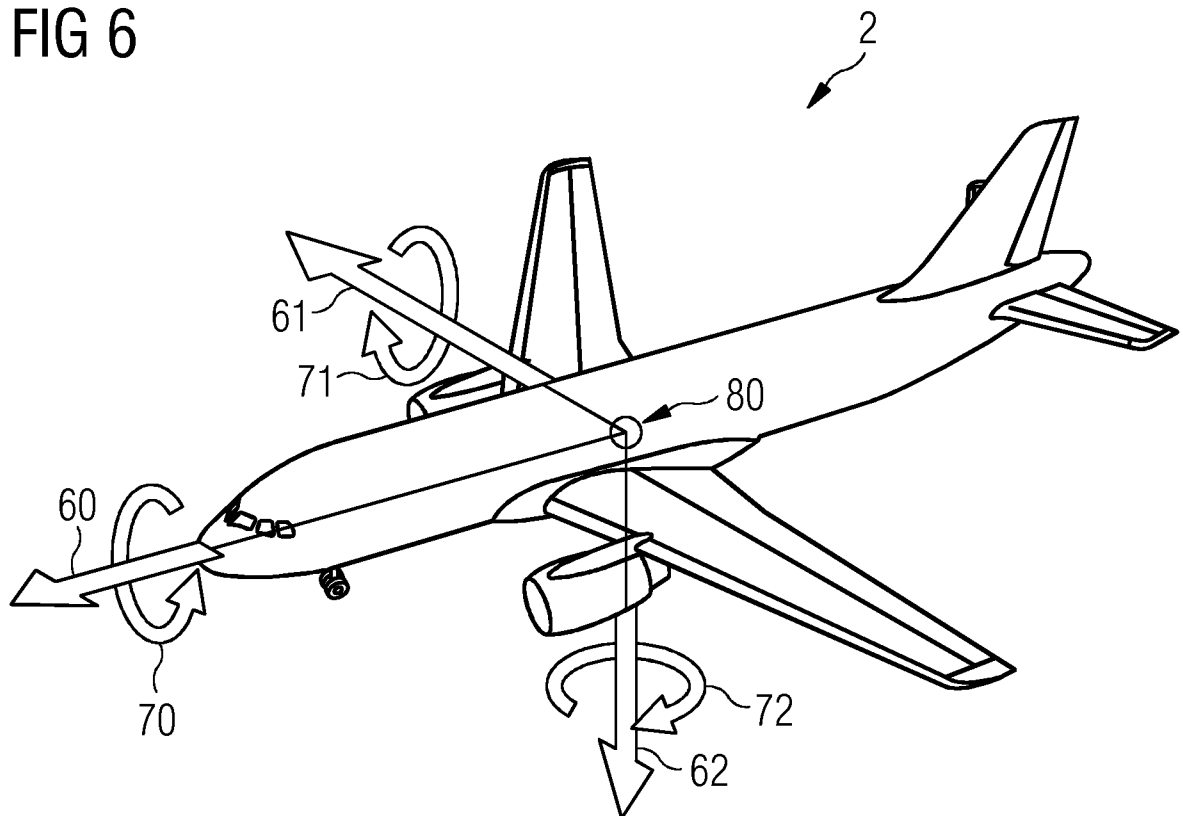


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/076348

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*G01M 5/00*(2006.01)i; *F16L 55/00*(2006.01)i; *G01B 21/08*(2006.01)i; *G01C 21/00*(2006.01)i; *G01V 3/16*(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01M; F16L; G01C; G01B; G01V

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

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

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2017299755 A1 (COLE SCOTT B [US] ET AL) 19 October 2017 (2017-10-19) paragraph [0013] - paragraph [0041]; figures 1-7	1-13
X	US 2017108609 A1 (HADDY ALAN [US]) 20 April 2017 (2017-04-20) paragraph [0017] - paragraph [0055]; figures 1-6	1-13
X	XIAOQIAN HUANG ET AL. "Variant PID controller design for autonomous visual tracking of oil and gas pipelines via an unmanned aerial vehicle" 2017 17TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTROL, AUTOMATION AND SYSTEMS (ICCAS), INSTITUTE OF CONTROL, ROBOTICS AND SYSTEMS - ICROS, 18 October 2017 (2017-10-18), pages 368-372 DOI: 10.23919/ICCAS.2017.8204467 XP033269408 the whole document	1-13
X	DE 102016015194 A1 (TRACTO TECHNIK [DE]) 21 June 2018 (2018-06-21) paragraph [0008] - paragraph [0026]; figures 1,2	1-13
X	US 2018292374 A1 (DITTBERNER MATTHIAS [DE] ET AL) 11 October 2018 (2018-10-11) paragraph [0020] - paragraph [0080]; figures 1-9	1-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 January 2020

Date of mailing of the international search report

03 February 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Gruss, Christian

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/076348

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2001035836 A1 (MICELI GILBERT [US] ET AL) 01 November 2001 (2001-11-01) the whole document	1-13
A	DE 102016223774 A1 (SIEMENS AG [DE]) 30 May 2018 (2018-05-30) the whole document	1-13
A	EP 3228980 A1 (SIEMENS AG [DE]) 11 October 2017 (2017-10-11) the whole document	1-13
A	KUMAR. "A LiDAR and IMU Integrated Indoor Navigation System for UAVs and Its Application in Real-Time Pipeline Classification" <i>SENSORS</i> , CH, Vol. 17, No. 6, 02 June 2017 (2017-06-02), page 1268 DOI: 10.3390/s17061268 ISSN: 1424-8220, XP055579799 the whole document	1-13
A	YOUNGJUN CHOI ET AL. "A Framework for Unmanned Aerial Systems Selection and Trajectory Generation for Imaging Service Missions" <i>2018 AVIATION TECHNOLOGY, INTEGRATION, AND OPERATIONS CONFERENCE, AIAA - AMERICAN INSTITUTE OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS, RESTON, VA, US</i> , Vol. 6, No. AIAA 2018-4244, 25 June 2018, Revised 29 June 2018. , page 16pp DOI: 10.2514/6.2018-4244 ISBN: 978-1-62410-556-2. XP009512537 the whole document	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/076348

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2017299755	A1	19 October 2017	NONE			
US	2017108609	A1	20 April 2017	NONE			
DE	102016015194	A1	21 June 2018	AU	2017381932	A1	04 July 2019
				DE	102016015194	A1	21 June 2018
				EP	3559410	A1	30 October 2019
				WO	2018115334	A1	28 June 2018
US	2018292374	A1	11 October 2018	US	2018292286	A1	11 October 2018
				US	2018292374	A1	11 October 2018
US	2001035836	A1	01 November 2001	NONE			
DE	102016223774	A1	30 May 2018	CA	3043138	A1	07 June 2018
				CN	110023791	A	16 July 2019
				DE	102016223774	A1	30 May 2018
				EP	3513223	A1	24 July 2019
				US	2020012005	A1	09 January 2020
				WO	2018099699	A1	07 June 2018
EP	3228980	A1	11 October 2017	CA	3020208	A1	12 October 2017
				EP	3228980	A1	11 October 2017
				EP	3400415	A1	14 November 2018
				PL	3228980	T3	29 March 2019
				US	2019154434	A1	23 May 2019
				WO	2017174426	A1	12 October 2017

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV. G01M5/00	F16L55/00	G01B21/08 G01C21/00 G01V3/16
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
G01M F16L G01C G01B G01V		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2017/299755 A1 (COLE SCOTT B [US] ET AL) 19. Oktober 2017 (2017-10-19) Absatz [0013] - Absatz [0041]; Abbildungen 1-7	1-13
X	US 2017/108609 A1 (HADDY ALAN [US]) 20. April 2017 (2017-04-20) Absatz [0017] - Absatz [0055]; Abbildungen 1-6 ----- -/-	1-13
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
6. Januar 2020		03/02/2020
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Gruss, Christian

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	XIAOQIAN HUANG ET AL: "Variant PID controller design for autonomous visual tracking of oil and gas pipelines via an unmanned aerial vehicle", 2017 17TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTROL, AUTOMATION AND SYSTEMS (ICCAS), INSTITUTE OF CONTROL, ROBOTICS AND SYSTEMS - ICROS, 18. Oktober 2017 (2017-10-18), Seiten 368-372, XP033269408, DOI: 10.23919/ICCAS.2017.8204467 das ganze Dokument	1-13
X	----- DE 10 2016 015194 A1 (TRACTO TECHNIK [DE]) 21. Juni 2018 (2018-06-21) Absatz [0008] - Absatz [0026]; Abbildungen 1,2	1-13
X	----- US 2018/292374 A1 (DITTBERNER MATTHIAS [DE] ET AL) 11. Oktober 2018 (2018-10-11) Absatz [0020] - Absatz [0080]; Abbildungen 1-9	1-13
A	----- US 2001/035836 A1 (MICELI GILBERT [US] ET AL) 1. November 2001 (2001-11-01) das ganze Dokument	1-13
A	----- DE 10 2016 223774 A1 (SIEMENS AG [DE]) 30. Mai 2018 (2018-05-30) das ganze Dokument	1-13
A	----- EP 3 228 980 A1 (SIEMENS AG [DE]) 11. Oktober 2017 (2017-10-11) das ganze Dokument	1-13
A	----- KUMAR: "A LiDAR and IMU Integrated Indoor Navigation System for UAVs and Its Application in Real-Time Pipeline Classification", SENSORS, Bd. 17, Nr. 6, 2. Juni 2017 (2017-06-02), Seite 1268, XP055579799, CH ISSN: 1424-8220, DOI: 10.3390/s17061268 das ganze Dokument	1-13
	----- -/--	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	YOUNGJUN CHOI ET AL: "A Framework for Unmanned Aerial Systems Selection and Trajectory Generation for Imaging Service Missions", 2018 AVIATION TECHNOLOGY, INTEGRATION, AND OPERATIONS CONFERENCE, AIAA - AMERICAN INSTITUTE OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS, RESTON, VA, US, Bd. 6, Nr. AIAA 2018-4244, 25. Juni 2018 (2018-06-25), - 29. Juni 2018 (2018-06-29), Seite 16pp, XP009512537, DOI: 10.2514/6.2018-4244 ISBN: 978-1-62410-556-2 das ganze Dokument -----	1-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/076348

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2017299755 A1	19-10-2017	KEINE	
US 2017108609 A1	20-04-2017	KEINE	
DE 102016015194 A1	21-06-2018	AU 2017381932 A1	04-07-2019
		DE 102016015194 A1	21-06-2018
		EP 3559410 A1	30-10-2019
		WO 2018115334 A1	28-06-2018
US 2018292374 A1	11-10-2018	US 2018292286 A1	11-10-2018
		US 2018292374 A1	11-10-2018
US 2001035836 A1	01-11-2001	KEINE	
DE 102016223774 A1	30-05-2018	CA 3043138 A1	07-06-2018
		CN 110023791 A	16-07-2019
		DE 102016223774 A1	30-05-2018
		EP 3513223 A1	24-07-2019
		WO 2018099699 A1	07-06-2018
EP 3228980 A1	11-10-2017	CA 3020208 A1	12-10-2017
		EP 3228980 A1	11-10-2017
		EP 3400415 A1	14-11-2018
		PL 3228980 T3	29-03-2019
		US 2019154434 A1	23-05-2019
		WO 2017174426 A1	12-10-2017