

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 51024/2017 (51) Int. Cl.: **B64D 1/12** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 11.12.2017 A01G 23/00 (2006.01)  
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2019 G01C 11/00 (2006.01)  
G01S 1/00 (2006.01)  
G01C 21/00 (2006.01)  
G01H 9/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
WO 0168447 A2  
WO 2017073300 A1  
US 9457900 B1  
US 2017334561 A1  
EP 3165945 A1  
EP 2743788 A2  
US 2017036777 A1

(71) Patentanmelder:  
UMWELTDATA G.M.B.H.  
3012 Wolfsgraben (AT)

(72) Erfinder:  
Bronner Günther Dipl.Ing.  
3013 Tullnerbach (AT)

(74) Vertreter:  
Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag.  
1080 Wien (AT)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ERFASSUNG EINES FORSTBESTANDES**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erfassung eines Forstbestandes, wobei die Vorrichtung ein unbemanntes Luftfahrzeug, sowie ein Sensormodul umfasst. Weiters betrifft die Erfindung ein dazugehöriges Verfahren. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens und einer Vorrichtung die auch in dichtestem Wald punktuelle Messungen ermöglicht und das Risiko der Beschädigung oder des Verlustes minimiert. Diese Aufgabe wird durch die Vorrichtung und das Verfahren dadurch gelöst, dass eine Seilwinde am unbemannten Luftfahrzeug vorgesehen ist und das Sensormodul über die Seilwinde von dem unbemannten Luftfahrzeug absenkbar ist.

## Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erfassung eines Forstbestandes, wobei die Vorrichtung ein unbemanntes Luftfahrzeug, sowie ein Sensormodul umfasst. Weiters betrifft die Erfindung ein dazugehöriges Verfahren. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens und einer Vorrichtung die auch in dichtestem Wald punktuelle Messungen ermöglicht und das Risiko der Beschädigung oder des Verlustes minimiert. Diese Aufgabe wird durch die Vorrichtung und das Verfahren dadurch gelöst, dass eine Seilwinde am unbemannten Luftfahrzeug vorgesehen ist und das Sensormodul über die Seilwinde von dem unbemannten Luftfahrzeug absenkbar ist.

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erfassung eines Forstbestandes, wobei die Vorrichtung ein unbemanntes Luftfahrzeug, sowie ein Sensormodul umfasst. Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Erfassung eines Forstbestandes mit einer Vorrichtung zur Erfassung, welche ein unbemanntes Luftfahrzeug, sowie ein Sensormodul umfasst, und das unbemannte Luftfahrzeug in einem Abstand zum Kronendach des Forstbestandes fliegt.

Unter einem unbemannten Luftfahrzeug verstehen sich hier Drohnen, beispielsweise in Quadrocopterbauweise. Das Sensormodul umfasst zumindest einen Sensor. Beispielsweise könnte das Sensormodul einen optischen Sensor aufweisen.

In ebenen Lagen in seit Jahrzehnten bewirtschafteten Forstflächen ist es einigermaßen einfach eine Erfassung des Forstbestandes durchzuführen. Dort ist eine Fahrt mit einem geländegängigen Automobil auf Waldwegen im Wesentlichen gut möglich. Die Inspektion kann dort direkt durch den Förster durchgeführt werden. Dieser kontrolliert beispielsweise in regelmäßigen Abständen das Wachstum der Bäume und misst dazu in einer Höhe von 1,30 m den Umfang der Bäume. Weiters stellt er Baumarten und Baumzustand anhand der Rinde fest und hat somit immer eine genaue Vorstellung vom Zustand des Forstbestandes.

Komplizierter stellt sich diese Inspektion in Hanglagen dar und in anderem unwegsamem Gelände. Dabei stellt einfaches Hindurchmarschieren schon ein Problem dar. Oftmals sind die Forstbestände nicht auf einfache Art und Weise zu erreichen und das Unterholz und Sträucher machen die Fortbewegung und ein Vorankommen, sowie eine Messung unmöglich.

Um trotzdem einen Überblick über den Zustand der nicht einfach zugänglichen Holzbestände zu erhalten, wurden mehrere Möglichkeiten zur Inspektion entwickelt. Eine sehr teure und umständliche Methode, stellt die Messung mit einem Flugzeug oder mit einem Hubschrauber aus der Luft dar. Dabei wird Laserscanning eingesetzt um von der Position über dem Forstbestand Daten zu erheben. Dabei können gute Messungen hauptsächlich im Winter aufgenommen werden, da das Kronendach während des restlichen Jahres verhindert, dass eine Messung bis zum Stamm der

Bäume vordringt. Ultraschall oder Radarmessimpulse werden vom Blätterdach reflektiert und das Messergebnis zeigt somit teilweise nur die Baumkronen.

Eine weitere Möglichkeit stellt die Messung mit Hilfe von stationär aufgestellten Messgeräten dar, die in regelmäßigen Abständen eine Messung in ihrer Umgebung durchführen. Nachteilig dabei ist, dass diese Messgeräte an dem Ort verbleiben müssen und der Gefahr der Beschädigung im Lauf des Jahres ausgesetzt sind. Weiters ist die Reichweite für Messungen nur sehr beschränkt, da die Geräte auf ihren Standort beschränkt sind.

Aus der EP 2772814 A2 ist ein Erfassungssystem für einen Forstbestand bekannt, das eine Drohne aufweist, die mit zahlreichen Sensoren ausgestattet ist, wie LiDAR, Stereokamera und TOF-Kamera und Laserhöhenmesser. Die Drohne wird dabei durch den Wald gesteuert und erfasst Standorte und Durchmesser der Bäume. Sie erkennt dabei Hindernisse auf ihre Route und kann diesen ausweichen. Das ist in einem Forstbestand mit homogener Struktur und genügend großen Lücken zwischen den Bäumen gut und einfach möglich. Allerdings stellt beispielsweise ein Waldstück ein Problem dar, in welchem Nadelbäume oder Laubbäume sehr dicht gedrängt stehen und keine Lücken für eine Drohne vorhanden sind. Wenn die Drohne sich verheddert kann sie sich nicht mehr befreien und es kann zur Beschädigung und zum Verlust dieser kommen.

Beim Flugzeuglaserscanning werden Laserpulse aus mehreren hundert Metern Höhe über dem Boden nahezu senkrecht zur Erdoberfläche gesendet, dem entsprechend gibt es im Wald Echos von Baumkronen, von Ästen und vom Boden, aber nur ein ganz geringer Prozentsatz wird dabei von den Stämmen reflektiert. Beim Drohnenlaserscanning werden die Laserpulse in der Regel nicht nur nach unten, sondern auch seitlich (waagrecht) oder schräg nach oben gesendet, um beispielsweise Hausfassaden in Häuserschluchten erfassen zu können. Wenn man mit einer derartigen Drohne knapp über den Baumkronen fliegt, treffen nur jene Laserpulse, die etwa in  $10^{\circ}$ - $25^{\circ}$  seitlicher Neigung, gemessen von der Senkrechten, ausgesendet werden, mit einem hohen Prozentsatz auf den unteren Teil der Baumstämme. Schräger einfallende Pulse werden überwiegend von den Baumkronen abgeschattet, bevor sie von einem Stamm reflektiert werden könnten, und senkrecht ausgesendete Pulse treffen den Stamm, der selbst eine überwiegend senkrechte Geometrie hat, so gut wie nie.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es eine Vorrichtung zur Erfassung eines Forstbestandes und ein dazugehöriges Verfahren anzugeben, das diese Nachteile verhindert und auch in dichtestem Wald punktuelle Messungen ermöglicht und das Risiko der Beschädigung oder des Verlustes minimiert.

Diese Aufgabe wird durch eine eingangs erwähnte Vorrichtung zur Erfassung des Forstbestandes erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine Seilwinde am unbemannten Luftfahrzeug vorgesehen ist und das Sensormodul über die Seilwinde von dem unbemannten Luftfahrzeug absenkbar ist.

Außerdem wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Erfassung eines Forstbestandes dadurch gelöst, dass das Sensormodul während des Fluges mit einer Seilwinde vom unbemannten Luftfahrzeug in eine Lücke eines Kronendachs des Forstbestandes abgeseilt wird und Messungen mit dem Sensormodul durchgeführt werden.

Dadurch ist das unbemannte Luftfahrzeug vor Beschädigung und vor Verlust weitgehend geschützt. Weiters wird durch das Absenken des Sensormoduls das Kronendach, das zur Reflektion von Messimpulsen bei einer Messung oberhalb des Kronendaches führen würde mit dem Sensormodul durchdrungen und die Baumstämme werden von den Messimpulsen erreicht.

Eine günstige Ausführungsform sieht dabei vor, dass eine Außenkontur eines Gehäuses des Sensormoduls im Wesentlichen schraubenförmig ist und wenn das Verfahren vorsieht, dass das Sensormodul in Rotation versetzt und sich das Sensormodul vorzugsweise durch seine schraubenförmige Außenkontur aktiv aus Hindernissen befreit. Der Verlust des Sensormoduls durch das Verheddern in Baumkronen oder Gestrüpp kann somit weitgehend vermieden werden und eine Befreiung einfach erwirkt werden.

Um eine Messung zu erleichtern und die Genauigkeit weitest gehend zu erhöhen, ist es günstig, wenn das Sensormodul eine Schwungmasse zur Stabilisation aufweist, die vorzugsweise als Akkumulator ausgebildet ist und wenn die Schwungmasse das unbemannte Luftfahrzeuge während des Fluges stabilisiert.

Um den Energiebedarf des Sensormoduls zu minimieren ist es günstig, wenn beim Absenken des Sensormoduls frei werdende Energie in Rotation der Schwungmasse umgewandelt wird.

Zur Überwachung der Höhe des Luftfahrzeugs über dem Waldboden, ist es günstig wenn es an einer Unterseite eine Abstandsmessungsvorrichtung aufweist, die vorzugsweise ein Laserdistanzmessungsmodul und/oder Ultraschalldistanzmessungsmodul aufweist und wenn während des Fluges des unbemannten Luftfahrzeuges Abstandsmessungen von dem unbemannten Luftfahrzeug zum Boden und/oder zum Kronendach des Forstbestandes durchgeführt werden.

Besonders hochwertige und gute Messergebnisse lassen sich erzielen, wenn das Sensormodul ein Lasermodul zur Bestimmung der Geometrie und der Lage der Baumoberflächen in hoher Auflösung aufweist und zumindest eine Laseraustrittsöffnung vorgesehen ist, wobei sich der Effekt erhöht, wenn das Lasermodul im Inneren einen rotierenden Laserpulsgeber aufweist, so dass Lasermesspulse in hoher Auflösung in alle Richtungen ( $360^\circ$  in einer waagrechten Ebene) abgebar sind.

Weiters lassen sich gute Messergebnisse erzielen, wenn eine Laseraustrittsrichtung im Lasermodul vorgesehen ist, die von einer Waagrechten einen Winkel aufweist, der zwischen  $0^\circ$   $45^\circ$  beträgt. Dabei ist diese Laseraustrittsrichtung als Schwinkel des Lasermoduls zu verstehen.

Um die Position des unbemannte Luftfahrzeuges jederzeit bestimmen zu können und dem Benutzer die Steuerung zu erleichtern und einfacher zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, wenn es ein globales Navigationssatellitensystem (GNSS) und zumindest ein Kreiselinstrument aufweist und mit dessen Hilfe navigiert wird und die Position des unbemannten Luftfahrzeuges bestimmt wird.

Eine für den Menschen besonders einfach auszuwertende Messung kann mit Hilfe einer Kamera durchgeführt werden, wobei diese vorzugsweise mit zumindest einem Laserprojektor ausgestattet ist, wobei die Kamera besonders bevorzugt eine Stereokamera ist, um schon während der Absenkung, in mehrere Richtungen – bevorzugt in jeder Orientierung – Bilder vom Forstbestand aufzuzeichnen. Besonders günstig ist es, wenn zwei Kameras in Stereoanordnung zur Aufnahme vorgesehen sind.

Mit dem Laserprojektor ist es möglich, während der Fotoaufnahmen Lichtpunkte auf die Umgebung zu projizieren und durch die Lichtpunkte in den Aufnahmen ein

Image-Matching-Verfahren zu ermöglichen. Dadurch können die Aufnahmen einander automatisch zugeordnet werden.

Es ist besonders vorteilhaft, wenn aus den Bildern Geometrie und Lage der Baumoberflächen, sowie das Aussehen der Baumoberfläche stereophotogrammetrisch ausgewertet werden.

Um genaue Aufzeichnungen auch bei schlechten Sichtverhältnissen zu ermöglichen, sieht eine besondere Ausführung vor, dass das Sensormodul ein Radarmodul und/oder ein Ultraschallmodul aufweist. Mit diesen beiden Modulen werden die Geometrie und die Lage der Baumoberflächen des Forstbestandes aufgenommen.

Eine einfache Bedienung wird erwirkt, wenn die Seilwinde fernsteuerbar ist. Die Fernsteuerung kann erleichtert werden, sowie das Risiko der Beschädigung des Sensormoduls kann verringert werden, wenn das unbemannte Luftfahrzeug zumindest eine erste Videokamera zur Überwachung der Absenkung des Sensormoduls aufweist, wobei die erste Videokamera in Richtung des Sensormoduls orientiert ist und Bilder zur Überwachung einem Empfänger möglicherweise per Funk sendet. Unter Empfänger versteht sich hier der Pilot des unbemannten Luftfahrzeuges.

Die Überwachung ist besonders einfach möglich, wenn das Sensormodul zumindest eine zweite Videokamera zur Überwachung der Absenkung des Sensormoduls aufweist, wobei die zweite Videokamera mit einem Empfänger verbunden ist und dieser die Daten von der zweiten Videokamera empfängt. Anhand der übermittelten Bilder der zweiten Videokamera sieht der Empfänger, der Pilot einfach mögliche Hindernisse während der Absenkung des Sensormoduls. Beispielsweise können im Weg befindliche Äste direkt erkannt werden, welche vom Luftfahrzeug aus nicht sichtbar oder erkennbar sind.

In einer besonderen Ausführung, weist das Sensormodul zumindest einen Distanzsensor auf, der nach unten gerichtet ist. Dadurch lässt sich leicht die Position des Sensormoduls feststellen und die Entfernung zum Waldboden überwachen.

Um Energie bei der Manipulation des Sensormoduls mit der Seilwinde zu sparen, ist es vorteilhaft, wenn die Seilwinde eine mechanische Spiralfeder aufweist, die bei

angehobenem Sensormodul entspannt ist. Weiter steigern lässt sich dieser Effekt, wenn die Seilwinde einen Rekuperator aufweist, der beim Absenken des Sensormoduls freiwerdende Energie in einen Akkumulator speist.

Eine besonders vorteilige Anordnung ergibt sich, wenn das Sensormodul einen Hyperspektralsensor zur visuellen und automatischen Erkennung von Baumarten, Baumvitalität oder Baumschäden aufweist.

Während des Fluges kann es unter Umständen zum Verfangen des Sensormoduls im Geäst oder in Strauchwerk kommen. Um den Verlust des unbemannten Luftfahrzeuges dadurch zu verhindern ist eine Trennvorrichtung in einer möglichen Ausführungsvariante vorgesehen, die zum Abkoppeln des Sensormoduls dient. Das Sensormodul wird dabei mit der Trennvorrichtung vom Luftfahrzeug abgekoppelt, wenn sich das Sensormodul oder das Seil der Seilwinde verhakt hat.

In der Folge kann das Sensormodul über einen Peilsender aufgefunden werden. Somit können das teure Luftfahrzeug und das Sensormodul vor Verlust oder Beschädigung bewahrt werden.

Eine besonders ressourcenschonende Vorgehensweise stellt die Möglichkeit dar, wenn zuerst eine Waldfläche zumindest teilweise erfasst wird – durch Fernerkundungsmethoden von Sensoren an Flugzeugen und Satelliten - und die Waldfläche anhand geostatistischer Verfahren in Segmente unterteilt wird, so dass der Wald innerhalb des Segmentes möglichst homogene Eigenschaften aufweist, anschließend werden vom unbemannten Luftfahrzeug aus stichprobenartige Messungen optimal auf die Segmente verteilt durchgeführt – vorzugsweise in einem zentralen Bereich des jeweiligen Segments – wobei die Verteilung dieser Messungen mittels statistischer Verfahren so optimiert wird, dass innerhalb einer möglichst kurzen Flugstrecke ein Maximum an Informationen gesammelt wird.

Idealerweise wird aus bereits vorhandenen Dateien, oder dem Wissen des Försters ein Modell des Waldes erstellt und der Wald, der Forstbestand in homogene Segmente zerteilt. Wobei die Eigenschaften, die zur Unterteilung des Waldes in Segmente führen, je nach Bedarf unterschiedlich sein können. Anschließend werden innerhalb dieser Segmente ideale Messpunkte identifiziert und die Drohne, das unbemannte Luftfahrzeug wird in optimaler Weise von einem Messpunkt zu einem nächsten Messpunkt geschickt. Dabei kann ein Teil anhand statistisch sinnvoll

erscheinender Kriterien aus den Messpunkten ausgewählt werden, oder es können alle angeflogen werden. Die Steuerung kann entweder automatisch erfolgen oder sie wird von einem Piloten übernommen.

An diesen Messpunkten angelangt wird günstigerweise eine Lücke im Kronendach des Forstbestandes aufgesucht. Diese kann durch die nach unten blickende erste Videokamera mit Funkverbindung zum Piloten, dem Empfänger identifiziert werden. Dann startet die Absenkung des Sensormoduls mithilfe der Seilwinde, wobei einerseits die Höhe des Luftfahrzeuges und andererseits die Höhe des Sensormoduls über dem Waldboden überwacht werden. Der Pilot sieht mit Hilfe der zweiten Videokamera am Sensormodul mögliche Hindernisse, wodurch die Absenkung des Sensors mit der Seilwinde und die Positionierung des Sensors in einer Lücke des Kronendaches in Echtzeit überwacht werden kann. Die Pendelbewegung des Seils und des Sensormoduls kann mit der ersten Videokamera beobachtet werden. Wenn sich das Sensormodul in geeigneter Höhe zwischen den Stämmen befindet, wird das Sensormodul durch die Schwungmasse stabilisiert und die Messung beginnt.

Die Messwerte werden wiederum an einen Empfänger übermittelt, lokal am Sensormodul oder am Luftfahrzeug gespeichert. Es können dann mittels der Rindentextur die Baumart und allfällige Schäden durch äußere Einflüsse erkannt und quantitativ stereo-photogrammetrisch ausgewertet werden.

Verfängt sich das Sensormodul oder das Seil im Astwerk der Bäume, so dient die schraubenförmige Außenkontur des Gehäuses des Sensormoduls zur aktiven Befreiung

Bei Wind und starker Pendelbewegung des Sensormoduls oder wenn ein Aufrollen des Seiles aus anderen Gründen unmöglich ist und somit ein Bewegen des Sensormoduls zum Luftfahrzeug nicht mehr möglich ist, kann das Luftfahrzeug einfach mit ausgelenkter Seilwinde aufsteigen und so aus dem Wald entfernt werden.

Das Lasermessmodul (oder auch andere Module des Sensormoduls) kann beispielsweise aus einem rotierenden Sensor bestehen, andererseits können mehrere Sensoren eingesetzt werden, die sich einen Winkelbereich (in der Waagrechten) aufteilen.

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Vorrichtung zur Erfassung eines Forstbestandes, wobei die Vorrichtung ein unbemanntes Luftfahrzeug, sowie ein Sensormodul umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass eine Seilwinde am unbemannten Luftfahrzeug vorgesehen ist und das Sensormodul über die Seilwinde von dem unbemannten Luftfahrzeug absenkbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Außenkontur eines Gehäuses des Sensormoduls im Wesentlichen schraubenförmig ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul eine Schwungmasse zur Stabilisation aufweist, die vorzugsweise als Akkumulator ausgebildet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das unbemannte Luftfahrzeug an einer Unterseite eine Abstandsmessungsvorrichtung aufweist, die vorzugsweise ein Laserdistanzmessungsmodul und/oder Ultraschalldistanzmessungsmodul aufweist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul ein Lasermodul zur Bestimmung der Geometrie und der Lage der Baumoberflächen in hoher Auflösung aufweist und zumindest eine Laseraustrittsöffnung vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Lasermodul im Inneren einen rotierenden Laserpulsgeber aufweist, so dass Lasermesspulse in hoher Auflösung in alle Richtungen ( $360^\circ$  in einer waagrechten Ebene) abgebar sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Laseraustrittsrichtung im Lasermodul vorgesehen ist, die von einer Waagrechten einen Winkel aufweist, der zwischen  $0^\circ$  bis  $45^\circ$  aufweist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das unbemannte Luftfahrzeug ein globales Navigationssatellitensystem (GNSS) und zumindest ein Kreiselinstrument aufweist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul zumindest eine Kamera, vorzugsweise eine Digitalkamera umfasst und die Kamera vorzugsweise mit zumindest einem Laserprojektor ausgestattet ist, wobei die Kamera besonders bevorzugt eine Stereokamera ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul ein Radarmodul aufweist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul ein Ultraschallmodul aufweist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Seilwinde fernsteuerbar ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das unbemannte Luftfahrzeug zumindest eine erste Videokamera zur Überwachung der Absenkung des Sensormoduls aufweist, wobei die erste Videokamera in Richtung des Sensormoduls orientiert ist und mit einem Empfänger verbunden ist
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul zumindest eine zweite Videokamera zur Überwachung der Absenkung des Sensormoduls aufweist wobei die zweite Videokamera mit einem Empfänger verbunden ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul zumindest einen Distanzsensor aufweist, der nach unten gerichtet ist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Seilwinde eine mechanische Spiralfeder aufweist, die bei angehobenem Sensormodul entspannt ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Seilwinde einen Rekuperator aufweist, der beim Absenken des Sensormoduls freiwerdende Energie in einen Akkumulator speist.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul einen Hyperspektralsensor zur visuellen und automatischen Erkennung von Baumarten, Baumvitalität oder Baumschäden aufweist.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass eine Trennvorrichtung vorgesehen ist zum Abkoppeln des Sensormoduls.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul einen Peilsender aufweist.
21. Verfahren zur Erfassung eines Forstbestandes mit einer Vorrichtung zur Erfassung, welche ein unbemanntes Luftfahrzeug, sowie ein Sensormodul umfasst, und das unbemannte Luftfahrzeug in einem Abstand zum Kronendach des Forstbestandes fliegt, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul während des Fluges mit einer Seilwinde vom unbemannten Luftfahrzeug in eine Lücke eines Kronendachs des Forstbestandes abgeseilt wird und Messungen mit dem abgeseilten Sensormodul durchgeführt werden.
22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass eine Schwungmasse das unbemannte Luftfahrzeuge während des Fluges stabilisiert.
23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass beim Absenken des Sensormoduls frei werdende Energie in Rotation der Schwungmasse umgewandelt wird.
24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwungmasse das Sensormodul in Rotation versetzt und sich das Sensormodul vorzugsweise durch seine schraubenförmige Außenkontur eines Gehäuses aktiv aus Hindernissen befreit.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass während des Fluges des unbemannten Luftfahrzeuges Abstandsmessungen von dem unbemannten Luftfahrzeug zum Boden und/oder zum Kronendach des Forstbestandes durchgeführt werden.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet, die Geometrie und die Lage der Baumoberflächen in hoher Auflösung von einem Lasermodul aufgenommen wird.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass das unbemannte Luftfahrzeug mit Hilfe eines globalen Navigationssatellitensystem (GNSS) und mit zumindest einem Gyroskop navigiert und die Position des unbemannten Luftfahrzeuges bestimmt wird.
28. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass mit zumindest einer Kamera vorzugsweise schon während der Absenkung und/oder mit einer Stereokamera, in mehrere Richtungen – bevorzugt in jeder Orientierung – Bilder vom Forstbestand aufgezeichnet werden.
29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Laserprojektor während der Fotoaufnahmen Lichtpunkte auf die Umgebung projiziert und durch die Lichtpunkte in den Aufnahmen ein Image-Matching-Verfahren durchgeführt wird.
30. Verfahren nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, dass aus den Bildern Geometrie und Lage der Baumoberflächen, sowie das Aussehen der Baumoberfläche stereo-photogrammetrisch ausgewertet werden.
31. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Radarmodul die Geometrie und die Lage der Baumoberflächen des Forstbestandes aufgenommen wird.
32. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Ultraschallmodul die Geometrie und die Lage der Baumoberflächen des Forstbestandes aufgenommen wird.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Seilwinde von einem Benutzer ferngesteuert wird.
34. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine erste Videokamera des unbemannten Luftfahrzeuges die Absenkung des Sensormoduls und die Positionierung überwacht und Daten - vorzugsweise per Funk - an einen Empfänger sendet und die Absenkung durch den Empfänger überwacht wird.
35. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Absenkung durch eine zweite Videokamera am Sensormodul überwacht wird und Daten - vorzugsweise per Funk - an einen Empfänger sendet und die Absenkung durch den Empfänger überwacht wird.
36. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand vom Sensormodul zum Boden mit einem Distanzsensor des Sensormoduls während der Absenkung gemessen wird und vorzugsweise an einen Empfänger weitergegeben wird.
37. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Seilwinde eine mechanische Spiralfeder aufweist, die beim Absenken des Sensormoduls gespannt wird und sich beim Hochziehen wieder entspannt, wodurch der Energiebedarf für das Hochziehen reduziert wird.
38. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass freiwerdende Energie beim Absenken des Sensormoduls durch einen Rekuperator in einen Akkumulator eingespeist wird.
39. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul Baumarten, Baumvitalität oder Baumschäden mithilfe eines Hyperspektralsensor automatisch erkennt.
40. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul mit einer Trennvorrichtung abgekoppelt wird, wenn sich das Sensormodul oder ein Seil der Seilwinde verhakt hat.

41. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul nach dem Abwurf mit einem Peilsender detektiert wird.
42. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass zuerst eine Waldfläche zumindest teilweise erfasst wird – durch Fernerkundungsmethoden von Sensoren an Flugzeugen und Satelliten - und die Waldfläche anhand geostatistischer Verfahren in Segmente unterteilt wird, so dass der Wald innerhalb des Segmentes möglichst homogene Eigenschaften aufweist, anschließend werden vom unbemannten Luftfahrzeug aus stichprobenartige Messungen optimal auf die Segmente verteilt durchgeführt – vorzugsweise in einem zentralen Bereich des jeweiligen Segments – wobei die Verteilung dieser Messungen mittels statistischer Verfahren so optimiert wird, dass innerhalb einer möglichst kurzen Flugstrecke ein Maximum an Informationen gesammelt wird.

11.12.2017

WR

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:  
**B64D 1/12** (2006.01); **A01G 23/00** (2006.01); **G01C 11/00** (2006.01); **G01S 1/00** (2006.01); **G01C 21/00** (2006.01); **G01H 9/00** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:  
**B64C 2201/127** (2013.01); **B64C 2201/123** (2013.01); **B64D 1/12** (2013.01); **A01G 23/00** (2013.01); **G01C 11/00** (2018.01); **G01S 1/00** (2013.01); **G01C 21/00** (2013.01); **G01H 9/00** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):  
 A01G, G01C, G01S, G01H, B64D, B64C

Konsultierte Online-Datenbank:  
 EPODOC, WPIAP

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **11.12.2017** eingereichten Ansprüchen **1-42** erstellt.

Kategorie <sup>1)</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	WO 0168447 A2 (SKY CALYPSO INC [US]) 20. September 2001 (20.09.2001)  Zusammenfassung; Beschreibung S.12 Z.11-21, S.25 Z.5-12, S.27 Z.15-18, S.28 Z.25-29, S.30 Z.10f, S.32 Z.10-13, S.33 Z.4-7; Ansprüche 3, 5; Figuren 1-5	1, 3, 8-10, 12-15, 19
Y	Zusammenfassung; Beschreibung S.12 Z.11-21, S.25 Z.5-12, S.27 Z.15-18, S.28 Z.25-29, S.30 Z.10f, S.32 Z.10-13, S.33 Z.4-7; Ansprüche 3, 5; Figuren 1-5	4-6, 11, 16, 18, 20-22, 26-29, 31, 33-36, 39, 41-42
X	WO 2017073300 A1 (PRODRONE CO LTD [JP]) 04. Mai 2017 (04.05.2017)  Zusammenfassung; Detailed Description Of The Preferred Embodiments Abs. 2, 7, 12, 25; Figuren 1, 3, 6	1, 8-9, 12
X	US 9457900 B1 (JONES KEVIN D [US], DOBROKHODOV VLADMIR N [US]) 04. Oktober 2016 (04.10.2016)  Figuren 1B, 3A, 3B; Beschreibung Sp.1 Z.55-58, Sp.2 Z.36-39; Sp.4 Z.52-64	1
Y	US 2017334561 A1 (SOPPER CLARK [US], PRAGER ANDRÉ [US]) 23. November 2017 (23.11.2017)  Figuren 7A-7C; Beschreibung S.1 Abs.[0005], S.2 Abs.[0020] und [0023], S.4 Abs.[0049], S.6 Abs.[0071] und [0076], S.7 Abs.[0079]-[0080], [0082]-[0083] und [0087], S.8 Abs.[0091], S.9f Abs.[0112], S.10 Abs.[0115], [0117]-[0118] und [0122], S.11 Abs.[0131]	5, 11, 16, 20
Y	EP 3165945 A1 (LEICA GEOSYSTEMS AG [CH]) 10. Mai 2017 (10.05.2017)  Beschreibung Sp.2 Sp.25-35, Sp.3 Z.41-54, Sp.5 Z.3-10, Sp.5 Z.49 - Sp.6 Z.12, Sp.8 Z.26-30	4-6

Datum der Beendigung der Recherche: 14.06.2018	Seite 1 von 2	Prüfer(in): HUBER Julia
---	---------------	----------------------------

<sup>1)</sup> <b>Kategorien</b> der angeführten Dokumente: <b>X</b> Veröffentlichung von <b>besonderer Bedeutung</b> : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. <b>Y</b> Veröffentlichung von <b>Bedeutung</b> : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese <b>Verbindung für einen Fachmann naheliegend</b> ist.	<b>A</b> Veröffentlichung, die den allgemeinen <b>Stand der Technik</b> definiert. <b>P</b> Dokument, das von <b>Bedeutung</b> ist (Kategorien X oder Y), jedoch <b>nach dem Prioritätstag</b> der Anmeldung veröffentlicht wurde. <b>E</b> Dokument, das von <b>besonderer Bedeutung</b> ist (Kategorie X), aus dem ein „ <b>älteres Recht</b> “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). <b>&amp;</b> Veröffentlichung, die Mitglied der selben <b>Patentfamilie</b> ist.
---	--

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y	<p>EP 2743788 A2 (BOEING CO [US]) 18. Juni 2014 (18.06.2014)</p> <p>Figur 1 Beschreibung Sp.1 Abs.[0001], Sp.7 Z.17-18, Sp.9 Abs.[0051], Sp.14 Abs.[0084], Sp.17f Abs.[0106], Sp.21f Abs.[0122], Sp.24 Z.46-49</p>	<p>18, 21-22, 26-29, 31, 33-36, 39, 41-42</p>
A	<p>US 2017036777 A1 (MARTIN RICHARD GEORGE [US], VAUGHN BRAD LEE [US]) 09. Februar 2017 (09.02.2017)</p> <p>Beschreibung S.1 Abs.[0007], S.4f Abs.[0057-0059], S.5f Abs.[0065]-[0066]</p>	<p>24</p>

## ( n e u e ) P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Erfassung eines Forstbestandes mit einer Vorrichtung zur Erfassung, welche eine Drohne, sowie ein Sensormodul umfasst, und die Drohne in einem Abstand über dem Kronendach des Forstbestandes fliegt, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul während des Fluges mit einer Seilwinde von der Drohne in eine Lücke eines Kronendachs des Forstbestandes abgeseilt wird und Messungen mit dem abgeseilten Sensormodul durchgeführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Schwungmasse die Drohne während des Fluges stabilisiert.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass beim Absenken des Sensormoduls freiwerdende Energie in Rotation der Schwungmasse umgewandelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwungmasse das Sensormodul in Rotation versetzt und sich das Sensormodul vorzugsweise durch seine schraubenförmige Außenkontur eines Gehäuses aktiv aus Hindernissen befreit.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass während des Fluges der Drohne Abstandsmessungen von der Drohne zum Boden und/oder zum Kronendach des Forstbestandes durchgeführt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, die Geometrie und die Lage der Baumoberflächen von einem Lasermodul aufgenommen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Drohne mit Hilfe eines globalen Navigationssatellitensystem (GNSS) und mit zumindest einem Gyroskop navigiert und die Position der Drohne bestimmt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mit zumindest einer Kamera vorzugsweise schon während der Absenkung und/oder mit einer Stereokamera, in mehrere Richtungen – bevorzugt in jeder Orientierung – Bilder vom Forstbestand aufgezeichnet werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Laserprojektor während der Fotoaufnahmen Lichtpunkte auf die Umgebung projiziert und durch die Lichtpunkte in den Aufnahmen ein Image-Matching-Verfahren durchgeführt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass aus den Bildern Geometrie und Lage der Baumoberflächen, sowie das Aussehen der Baumoberfläche stereo-photogrammetrisch bestimmt werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Radarmodul die Geometrie und die Lage der Baumoberflächen des Forstbestandes aufgenommen werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Ultraschallmodul die Geometrie und die Lage der Baumoberflächen des Forstbestandes aufgenommen werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Seilwinde von einem Benutzer ferngesteuert wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine erste Videokamera der Drohne die Absenkung des Sensormoduls und die Positionierung aufnimmt und Daten - vorzugsweise per Funk - an einen Empfänger sendet und die Absenkung durch den Empfänger überwacht wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Absenkung durch eine zweite Videokamera am Sensormodul aufgenommen wird und Daten - vorzugsweise per Funk - an einen Empfänger sendet und die Absenkung durch den Empfänger überwacht wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand vom Sensormodul zum Boden mit einem Distanzsensor des Sensormoduls während der Absenkung gemessen wird und vorzugsweise an einen Empfänger weitergegeben wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Seilwinde eine mechanische Spiralfeder aufweist, die beim Absenken des Sensormoduls gespannt wird und sich beim Hochziehen wieder entspannt, wodurch der Energiebedarf für das Hochziehen reduziert wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass freiwerdende Energie beim Absenken des Sensormoduls durch einen Rekuperator in einen Akkumulator eingespeist wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul Baumarten, Baumvitalität oder Baumschäden mithilfe eines Hyperspektralsensors automatisch erkennt.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul mit einer Trennvorrichtung abgekoppelt wird, wenn sich das Sensormodul oder ein Seil der Seilwinde verhakt hat.
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul nach dem Abwurf mit einem Peilsender detektiert wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass zuerst eine Waldfläche zumindest teilweise erfasst wird – durch Fernerkundungsmethoden von Sensoren an Flugzeugen und Satelliten - und die Waldfläche anhand geostatistischer Verfahren in Segmente unterteilt wird, so dass der Wald innerhalb des Segmentes möglichst homogene Eigenschaften aufweist, anschließend werden von der Drohne aus stichprobenartige Messungen optimal auf die Segmente verteilt durchgeführt – vorzugsweise in einem zentralen Bereich des jeweiligen Segments – wobei die Verteilung dieser Messungen mittels statistischer Verfahren so optimiert wird, dass innerhalb einer möglichst kurzen Flugstrecke ein Maximum an Informationen gesammelt wird.

23. Vorrichtung zur Erfassung eines Forstbestandes gemäß dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, wobei die Vorrichtung eine Drohne, sowie ein Sensormodul umfasst, wobei eine Seilwinde an der Drohne vorgesehen ist und das Sensormodul über die Seilwinde von der Drohne absenkbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul ein Lasermodul zur Bestimmung der Geometrie und der Lage der Baumoberflächen aufweist und zumindest eine Laseraustrittsöffnung vorgesehen ist.
24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass eine Außenkontur eines Gehäuses des Sensormoduls im Wesentlichen schraubenförmig ist.
25. Vorrichtung nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul eine Schwungmasse zur Stabilisation aufweist, die vorzugsweise als Akkumulator ausgebildet ist.
26. Vorrichtung nach Anspruch 23, 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Drohne an einer Unterseite eine Abstandsmessungsvorrichtung aufweist, die vorzugsweise ein Laserdistanzmessungsmodul und/oder Ultraschalldistanzmessungsmodul aufweist.
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass das Lasermodul im Inneren einen rotierenden Laserpulsgeber aufweist, so dass Lasermesspulse in alle Richtungen ( $360^\circ$  in einer waagrechten Ebene) abgebbar sind.
28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass eine Laseraustrittsrichtung im Lasermodul vorgesehen ist, die von einer Waagrechten einen Winkel aufweist, der zwischen  $0^\circ$  bis  $45^\circ$  aufweist.
29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Drohne ein globales Navigationssatellitensystem (GNSS) und zumindest ein Kreiselinstrument aufweist.
30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul zumindest eine Kamera, vorzugsweise eine Digitalkamera umfasst und die Kamera vorzugsweise mit zumindest einem

Laserprojektor ausgestattet ist, wobei die Kamera besonders bevorzugt eine Stereokamera ist.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul ein Radarmodul aufweist.
32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul ein Ultraschallmodul aufweist.
33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Seilwinde fernsteuerbar ist.
34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Drohne zumindest eine erste Videokamera zur Überwachung der Absenkung des Sensormoduls aufweist, wobei die erste Videokamera in Richtung des Sensormoduls orientiert ist und mit einem Empfänger verbunden ist
35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul zumindest eine zweite Videokamera zur Überwachung der Absenkung des Sensormoduls aufweist wobei die zweite Videokamera mit einem Empfänger verbunden ist.
36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul zumindest einen Distanzsensor aufweist, der nach unten gerichtet ist.
37. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Seilwinde eine mechanische Spiralfeder aufweist, die bei angehobenem Sensormodul entspannt ist.
38. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass die Seilwinde einen Rekuperator aufweist, der beim Absenken des Sensormoduls freiwerdende Energie in einen Akkumulator speist.
39. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul einen Hyperspektralsensor zur visuellen und

automatischen Erkennung von Baumarten, Baumvitalität oder Baumschäden aufweist.

40. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass eine Trennvorrichtung vorgesehen ist zum Abkoppeln des Sensormoduls.
41. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul einen Peilsender aufweist.

04. Februar 2019

WR