

(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
10. Oktober 2019 (10.10.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/192636 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B64C 33/00 (2006.01) B64C 31/04 (2006.01)
B64C 39/02 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2019/000101
- (22) Internationales Anmeldedatum:
08. April 2019 (08.04.2019)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2018 002 782.2
06. April 2018 (06.04.2018) DE
- (72) Erfinder; und
(71) Anmelder: JÜSTEL, Peter [DE/DE]; Ampferweg 1, 65527 Niedermhausen (DE).
- (74) Anwalt: SACHS, Rudolf, Erhardt; SACHS-PATENT Patentanwaltskanzlei, Am Bachwinkel 6, 85417 Marzling (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, 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, 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,

(54) Title: FLIGHT SYSTEM

(54) Bezeichnung: FLUGSYSTEM

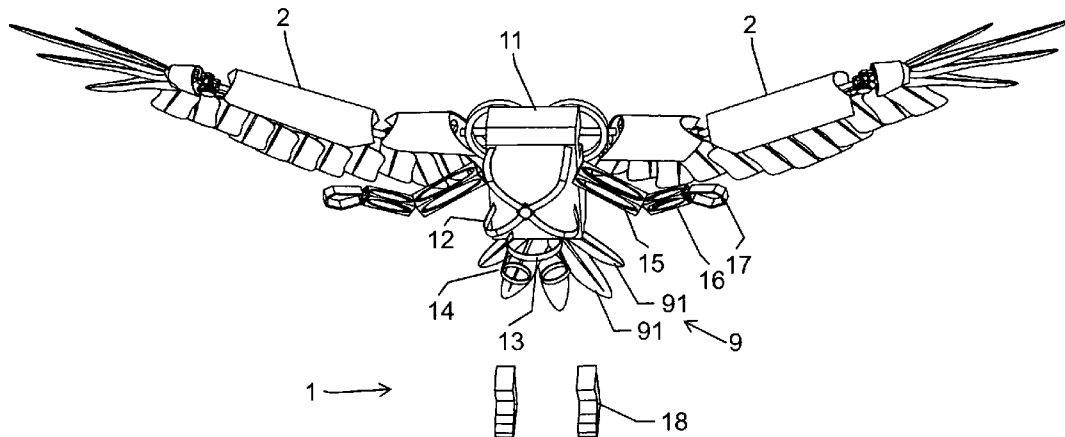


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a flight system having at least two actuated flapping wings (2), an actuated tail unit (9), a control device and an exoskeleton (1) for at least one person. The exoskeleton (1) is movable independently of the flapping wings (2). The control device is configured to receive motion sensor signals from the exoskeleton (1) and to use the motion sensor signals to define specified movement signals and to control the flapping wings (2) and/or the tail unit (9) by way of the specified movement signals. The specified movement signals can be defined such that the movements of the flapping wings (2) and/or of the tail unit (9) follow those of the exoskeleton (1).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Flugsystem, mit mindestens zwei aktuierten Schlagflügeln (2), einem aktui-



WO 2019/192636 A1

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)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

ten Leitwerk (9), einem Steuergerät und einem Exoskelett (1) für mindestens eine Person. Das Exoskelett (1) ist unabhängig von den Schlagflügeln (2) beweglich. Das Steuergerät ist ausgebildet, um Bewegungssensorsignale des Exoskeletts (1) zu empfangen und anhand der Bewegungssensorsignale Bewegungsvorgabesignale festzulegen und die Schlagflügel (2) und/oder das Leitwerk (9) mit den Bewegungsvorgabesignalen anzusteuern. Die Bewegungsvorgabesignale können so festgelegt werden, dass die Bewegungen der Schlagflügel (2) und/oder des Leitwerks (9) denen des Exoskeletts (1) folgen.

5

10

Flugsystem

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Flugsystem mit aktuierten Schlagflügeln und einem aktuierten Leitwerk.

Aus der DE-PS 652 170 ist ein durch Muskelkraft antreibbares Schwingensegelflugzeug bekannt, bei welchem durch Muskelkraft bewegte Schwingen durch Gummiseile mit dem Rumpf verbunden sind, wodurch die Kräfte des Fliegers unterstützt werden sollen, wobei die Schwingen mittels von Hand einschaltbarer Klinken festgestellt werden können und das Flugzeug ohne Kraftaufwand als Segelflugzeug weiter benutzt werden kann.

Aus der DE-PS 173 926 ist ein Flugapparat mit Schlagflügeln bekannt, die über ein Rahmengestell durch die Arme des Piloten bei gebeugtem Arm betätigbar sind, wobei die Ellbogen jeweils in einem Widerlager ruhen und die Hände jeweils an einem gebogenen Handgriff angreifen, dessen verschiedenen Angriffsbereiche unterschiedliche Hebelarme zum Antrieb der Flügel ermöglichen.

Ein Schwebegleiter mit motorisch unterstützten Schwingen ist aus der WO 2014/028083 A2 bekannt. Die Schwingen können unter Verwendung von Handklauen bzw. -kardanringen, die an einem inneren Flügelholmabschnitt angeordnet sind, betätigt und gesteuert werden. Ein fächerartiges Ruder kann mit dem Fuß bedient werden.

35

Keines der theoretisch erdachten Schlagflüglersysteme konnte bisher zur Praxistauglichkeit gebracht werden. Alternativ haben Gleitdrachen bzw. -schirme und Ultraleicht-Flugsysteme eine gewisse Verbreitung gefunden. Gleitdrachen/-schirme sind

sind jedoch aus eigener Kraft nicht steigfähig, sondern zum Höhengewinn auf die Ausnutzung von Aufwinden bzw. Thermiken angewiesen, und gleichen darin Segelflugzeugen, weisen aber deutlich geringere Gleitzahlen auf. Dem Segelflugzeug, mit dem gleitend beträchtliche Strecken zurückgelegt werden können, fehlen dagegen
5 die Dynamik und das unmittelbare Erlebnis, welches den Gleitdrachen und –schirmen zu eigen ist. Ultraleicht-Flugsysteme nutzen eine Luftschraube zum Antrieb und können als motorisierte Gleitdrachen-/schirm ausgeführt sein oder eine Kabine und Starrflügel aufweisen.

10 Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein praxistaugliches Flugsystem mit Schlagflügeln bereitzustellen. Das Flugsystem soll auch ein ergonomisches, sicheres und ermüdungsarmes Fliegen ermöglichen.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und bevorzugte Ausführungsformen sind in den Unteran-
15 sprüchen beschrieben.

Die vorliegende Erfindung gemäß Anspruch 1 beschreibt somit ein Flugsystem aus aktuierten bzw. aktuierbaren Schlagflügeln und einem aktuierten bzw. aktuierbaren
20 Leitwerk, welche von einem Piloten gesteuert werden können. In der erfindungsgemäßen Ausführung benutzt der Pilot hierfür ein Exoskelett, welches funktional mit Flügeln und Leitwerk gekoppelt ist, aber unabhängig davon beweglich ist. Die funktionale Kopplung wird durch das Steuergerät erreicht, das die Bewegungen der Schlagflügel und/oder des Leitwerks anhand der Bewegungen des Exoskeletts steu-
25 ert. In einer bevorzugten Ausführungsform gemäß Anspruch 2 kann das Steuergerät auch Rückkopplung auf das Exoskelett anhand der an den Schlagflügeln und/oder dem Leitwerk vorherrschenden Wirkungen wie etwa Kräfte, Beschleunigungen, Geschwindigkeiten steuern. In einer bevorzugten Ausführungsform gemäß Anspruch 3 können die Freiheitsgrade der Schlagflügel den Armen und/oder Händen des Piloten
30 zugeordnet sein und können die Freiheitsgrade des Leitwerks den Beinen und/oder Füßen des Piloten zugeordnet sein.

Die Schlagflügel können dabei äußerlich denen der Vögel oder Fledermäuse ähnlich
35 sein. Das heißt, sie können eine bewegliche, tragende Struktur und eine passende, aerodynamisch gestaltete Oberfläche neben Sensoren und Aktoren aufweisen. In einer bevorzugten Ausführungsform gemäß Anspruch 13 können die Schlagflügel mehrere zueinander bewegliche und aktuierte Flügelglieder aufweisen, und wobei vorzugsweise an Grenzen zwischen zwei Flügelgliedern und/oder zwischen einem

Flügelglied und einem Geräteträger dehnbares Material und/oder überlappende räumliche Flächen vorgesehen sind. Als Geräteträger ist dabei eine zentrale Struktur zu versehen, an welchem die Schlagflügel bzw. deren jeweils erste Flügelglieder und/oder das Leitwerk angelenkt sind. Der Geräteträger kann beispielsweise die Form eines von dem Piloten zu tragenden Rucksacks aufweisen. Der Geräteträger kann auch Subsysteme des Flugsystems wie etwa Energiespeicher und -wandler, Steuergeräte, Schnittstellen, Ventile, Sensoren, Leitungen, Hilfsaggregate etc. aufnehmen.

Das Leitwerk kann ebenfalls äußerlich vergleichbar den Schwanzfedern der Vögel ausgeführt sein bzw. solche Schwanzfedern aufweisen, wie es in einer bevorzugten Ausführungsform gemäß Anspruch 14 vorgesehen ist. Andere Konfigurationen, wie etwa in der Form eines herkömmlichen Flugzeugleitwerks, sind allerdings auch denkbar.

Das Exoskelett ist im Sinne der Erfindung ein System, welches in der Lage ist, Kräfte und Bewegungen des in ihm befindlichen Körpers zu messen, und seinerseits auf den Körper Kräfte auszuüben. Seine aktuierten Freiheitsgrade sind deshalb als Steuerelement mit Force-Feedback einsetzbar.

Die Erfindung beschreibt eine Kombination von aktuierten Flügeln/Leitwerk und einem Exoskelett unter Einbeziehung einer Flugsteuerung bzw. eines Steuergeräts: Zustandsgrößen, wie z.B. Kräfte und Positionen der Gliedmaßen und deren Gelenke, die allgemein als Bewegungssensorsignale bezeichnet werden können, werden über das Exoskelett aufgenommen, um als Reglereingangsgroßen zu dienen. Das Steuergerät verarbeitet diese Größen dann mit einem Algorithmus weiter zu Reglerausgangsgroßen, welche den Bewegungen des Flügel- und Leitwerkssystems in Form von Bewegungsvorgabesignalen als Sollwert-Signale dienen. Im Gegenzug können Zustandsgrößen des Flügelsystems in Form von Bewegungswirkungssignalen sensiert werden, welche dem Exoskelettsystem als Reglereingangsgroßen dienen. Das Steuergerät generiert daraus Sollwert-Signale für die Exoskelettaktoren in Form von Rückkopplungsvorgabesignalen. Es entsteht ein neuartiges Flugsystem, welches auch die Konzepte aus der Telepräsenz und Telerobotik nutzen kann. Mit ihm kann der Pilot die Flügel und somit den Flug kontrollieren, sowie die Fluglage „erspüren“. In der Konsequenz kann es dem Piloten voraussichtlich ermöglicht werden, das Fliegen intuitiv zu erlernen. Exoskelett und Flügelsystem sind dabei im bevorzugten Fall körperlich miteinander verbunden, können sich jedoch auch wie in der Telerobotik

üblich an physisch getrennten Orten aufhalten. Da aber jedenfalls das Exoskelett und die Schlagflügel/das Leitwerks unabhängig voneinander beweglich sind, d.h. mechanisch entkoppelt sind, kann der Pilot stets eine angenehme Körperhaltung bzw. eine solche, in der seine Bewegungen optimiert sind, einnehmen. Außerdem kann eine Kraftübersetzung der Bewegungen des Piloten in Bewegungen der Schlagflügel/des Leitwerks sowie eine Rückkopplung an den Piloten an die tatsächliche Körperkraft des Piloten angepasst werden.

Es versteht sich, dass neben den erwähnten Komponenten auch Subsysteme vorhanden sein können oder müssen, wie beispielsweise Energiequelle (Batterie, Turbine o.a.), Energiewandler (Hydraulikmotoren, Kompressoren o.a.), Verteilungssystem, usw. Das Exoskelett kann physisch von den Schlagflügeln trennbar sein, sodass man z.B. die Schlagflügel fernsteuern kann, oder sie in einer Notsituation in der Luft abwerfen kann.

Die Hauptflügel bzw. Schlagflügel sollen mit den Armen und Händen steuerbar sein. Die Schwanzfedern bzw. das Leitwerk sollen mit den Beinen oder den Füßen steuerbar sein. Außerdem kann jede Kopplung einzeln ad hoc deaktivierbar sein.

Die Flügel und das Leitwerk könnten auch anders als durch das Exoskelett gesteuert werden, bzw. die Steuerung der Flügel muss nicht ausschließlich über das Exoskelett erfolgen. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform gemäß Anspruch 6 kann beispielsweise eine weitere Eingabeeinrichtung vorgesehen sein, um Bewegungen von Schlagflügeln und/oder Leitwerk vorzugeben, wobei die weitere Eingabeeinrichtung insbesondere Analog-sticks, Schalter und Tasten und/oder eine Gehirn-Computer-Schnittstelle aufweist. Denkbar wäre z.B. ein Controller ganz ähnlich einem Spielecontroller. Er hätte beispielsweise zwei Analog-Sticks, mit denen vor und zurück, sowie nicken und rollen kontrolliert würde. Außerdem könnte er einen Knopf aufweisen, um einen Flügelschlag zu veranlassen. Fliegen könnte man dann ähnlich wie bei Flappybird. Gehirn-Computer-Schnittstellen sind ebenfalls bereits in der Entwicklung. Wenn die Bewegungen von Schlagflügeln und/oder Leitwerk nicht oder nicht nur durch ein Exoskelett vorgegeben werden, sondern mit einer anderen Eingabemethode, wie Analog-Sticks, Schaltern und Tasten und/oder einem Gehirn-Computer-Schnittstelle, eingegeben werden, können die Bewegungsvorgaben für die Systembauteile in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform gemäß Anspruch 5 auch automatisch anhand einer für das Gesamtsystem vorgegebenen Bewegungsrichtung oder eines Bewegungsmusters berechnet werden.

Der spezielle Mechanismus der Handschwingen in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform gemäß Anspruch 4 kann auch bei Vögeln beobachtet werden. Wenn sie senkrecht starten, erzeugen sie mit den Handschwingen auch beim Aufschlag Schub. Dazu wird ein Flügelendglied bzw. die einzelne Handschwinge nach hinten/oben geschlagen/geklappt, und die Luft wird dadurch nach hinten unten weggedrückt bzw. beschleunigt.

Mit einer Einstellung der Verhältnisse von Reglereingangsgroßen und Reglerausgangsgroßen in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform gemäß Anspruch 7 kann auch die Stärke der Feedbackkraft eingestellt werden, und die Winkelgeschwindigkeiten von Armen und Flügeln müssen nicht immer gleich sein. Außerdem können die Bewegungen von Exoskelett und Flügeln entkoppelt werden, damit man „die Hände frei hat“. Es können zudem Vereinfachungen möglich sein, z.B. indem manche Freiheitsgrade zusammengefasst werden, sodass nur einer gesteuert werden muss. D.h., Sollwert und Regelgröße müssen keinen direkten Bezug zueinander haben.

Durch die in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform gemäß Anspruch 10 vorgesehenen Gyroskope können zusätzlich zu den Luftkräften, Momente erzeugt werden. Dadurch kann der Pilot vermutlich andere Manöver fliegen. Außerdem könnte das für die Flugregelung nützlich sein.

Eine Notfall-Konfiguration, wie sie in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform gemäß Anspruch 11 vorgesehen ist, kann das Flugsystem gegenüber technischen Problemen oder körperlichen und/oder geistigen Ausfällen des Piloten sicherer machen. Zu diesem Zweck können beispielsweise vorgespannte Energiespeicher mit den Aktoren des Flugsystems verbunden sein, oder Airbags, Retrorockets, Sprengfallschirme oder dergleichen zum Einsatz kommen.

Zusätzliche Antriebselemente, wie sie in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform gemäß Anspruch 12 vorgesehen sind, können beispielsweise für den Schnellflug, oder zur Erholung des Piloten verwendet werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Figur 1 zeigt eine Vorderansicht eines Flugsystems gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Figur 2 zeigt eine perspektivische Vorderansicht eines Teils des Flugsystems von Fig. 1;

5 Figur 3 zeigt einen Ausschnitt einer Skelettstruktur des Flugsystems von Fig. 2;

Figur 4 zeigt eine Rückansicht des Ausschnitts von Fig. 3;

10 Figur 5 zeigt ein Blockschaltbild eines Flugsystems gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Detaillierte Beschreibung

15 Im Folgenden wird ein bevorzugtes, nicht ausschließliches Ausführungsbeispiel des Patentinhalts beschrieben. In den Fig. 1 bis 4 ist das bevorzugte Ausführungsbeispiel schematisch dargestellt. Verbindungselemente, Sensoren, Leitungen und andere Details sind nicht dargestellt. In Fig. 3 und 4 ist die Darstellung der Übersichtlichkeit halber auf die Skelettstruktur und die bevorzugte Ausführung der Mechanik der
20 Flügel reduziert. Fig. 5 zeigt eine mögliche Blockdarstellung der Einzelsysteme im Gesamtsystem.

Das Flugsystem dieses Ausführungsbeispiels weist ein Exoskelett 1, eine Schlagflügelanordnung mit zwei Schlagflügeln 2 sowie ein Leitwerk 9 auf (Fig. 1).

25

Das Exoskelett 1 weist einen Geräterucksack 11, ein Brustgeschirr 12, einen Leibgurt 13, eine Oberschenkelmanschette 14 für jeden Oberschenkel eines hier nicht näher dargestellten Piloten, ferner für jeden Arm des Piloten eine Oberarmmanschette 15, eine Unterarmmanschette 16 und einen Handschuh 17 und für jeden Fuß des
30 Piloten einen Stiefel 18 auf. Das Brustgeschirr 12 und der Leibgurt 13 sind am Geräterucksack 11 befestigt und sind ausgebildet, um Brustkorb und Unterleib des Piloten aufzunehmen. Die Oberschenkelmanschetten 14 sind am Geräterucksack 11 angelenkt und sind ausgebildet, um die Oberschenkel des Piloten aufzunehmen. Die Oberarmmanschetten 15 sind am Geräterucksack 11 angelenkt und sind ausgebil-
35 det, um die Oberarme des Piloten aufzunehmen. Die Unterarmmanschetten 16 sind an der jeweiligen Oberarmmanschette 15 angelenkt und sind ausgebildet, um die Unterarme des Piloten aufzunehmen. Die Handschuhe 17 sind an der jeweiligen Unterarmmanschette 16 angelenkt und sind ausgebildet, um die Hände oder nur die

Handflächen des Piloten zu aufzunehmen. Die Stiefel 18 sind an der jeweiligen Oberschenkelmanschette 14 angelenkt und sind ausgebildet, um die Unterschenkel und/oder die Füße des Piloten aufzunehmen. Die Gelenke zwischen dem Geräte-
rucksack 11 und jeder Oberschenkelmanschette 14, zwischen dem Geräterucksack
5 11 und jeder Oberarmmanschette 15, zwischen den Oberarmmanschetten 15 und der jeweiligen Unterarmmanschette 16, zwischen den Unterarmmanschetten 16 und den jeweiligen Handschuhen 17, zwischen den Oberschenkelmanschetten 14 und den jeweiligen Stiefeln 18 sowie ggf. innerhalb der Stiefel 18 zwischen Schaft- und Fußteil und/oder innerhalb der Handschuhe 17 an den Fingergelenken sind mit Sen-
10 soren (nicht näher ausgestattet bzw. 521 in Fig. 5) ausgestattet, welche die jeweilige Gelenkstellung bezüglich jeweils mindestens einer Achse erfassen, und sind ferner mit Aktoren (nicht näher dargestellt bzw. 522 in Fig. 5), ausgestattet, welche ausgebildet sind, um an den jeweiligen Gelenkachsen eine Reaktionskraft darzustellen. Die Sensoren und Aktoren des Exoskeletts sind signaltechnisch mit einem Steuergerät
15 (nicht näher dargestellt bzw. 53 in Fig. 5), welches in dem Geräterucksack 11 aufgenommen ist, verbunden und können von dem Steuergerät 53 auch mit Energie versorgt werden, sofern sie nicht eine eigene Energiequelle aufweisen. Eine Signalübertragung kann drahtgebunden oder drahtlos erfolgen. Auch Gelenkstellungen können mit herkömmlichen Sensoren oder berührungslos über die Erfassung der relativen
20 Stellungen verschiedener Sende- und Empfangspunkte am Exoskelett 11 zueinander sensiert werden.

Der Auftrieb des Gesamtsystems wird hauptsächlich von den Schlagflügeln 2 erzeugt. Sie bestehen aus mindestens zwei, in der bevorzugten Ausführung jedoch aus
25 drei Abschnitten bzw. Flügelgliedern, welche gelenkig miteinander verbunden sind. Die Lagesteuerung des Flugsystems erfolgt auch über das Leitwerk 9, das mehrere Schwanzfedern 91 aufweist.

Die Schlagflügel 2 und das Leitwerk 9 sind ebenfalls am Geräterucksack 11 befestigt
30 bzw. angelenkt (Fig. 2). Die einzelnen Bestandteile der Schlagflügel 2 werden nachstehend, soweit sinnfällig, in Anlehnung an ihr anatomisches Vorbild am Vogelflügel bezeichnet. Jeder Schlagflügel 2 weist als ein erstes Flügelglied einen Oberarmabschnitt 21, als ein zweites Flügelglied einen Unterarmabschnitt 22 und als ein drittes Flügelglied einen Handabschnitt 23 auf. Ein Schultergelenk 24 verbindet den Ober-
35 armabschnitt 12 mit dem Geräterucksack 11. Ein Ellbogengelenk 25 verbindet den Oberarmabschnitt 12 mit dem Unterarmabschnitt 22. Ein Handgelenk 26 verbindet den Unterarmabschnitt 22 mit dem Handabschnitt 23. Der Oberarmabschnitt 21, der Unterarmabschnitt 22 und der Handabschnitt 23 weisen jeweils eine Verkleidung 27

auf, welche jeweils wenigstens eine Anströmkannte ausbilden. Im in Strömungsrichtung rückwärtigen Bereich der Abschnitte 21, 22, 23 sind jeweils mehrere Armschwingen 28 vorgesehen. Die Armschwingen 28 können starr oder wenigstens zum Teil um eine, zwei oder drei Achsen (in und/oder senkrecht zur Flügelebene und/oder um die Federachse) beweglich an den jeweiligen Abschnitten 21, 22, 23 befestigt sein. Am distalen Ende der Handabschnitte 23 sind jeweils mehrere Handschwingen 29 vorgesehen. Die Handschwingen 29 können wie die Armschwingen 28 um eine, zwei oder drei Achsen beweglich am Handabschnitt 23 befestigt sein oder können wenigstens zum Teil auch starr befestigt sein. Die Verkleidungen 27 und Armschwingen 28 bilden aerodynamisch wirksame Tragflächen. Die Flächen (Verkleidungen 27, Schwingen 28, 29) sind derart ausgeführt und gelagert, dass die Flügelgelenkfreiheitsgrade nicht behindert werden. Obschon hier nicht näher dargestellt, können im Bereich der Gelenke 24, 25, 26 jeweils elastische Verkleidungen vorgesehen sein, um Spalte zwischen den Verkleidungen 27, an welchen Verwirbelungen entstehen könnten, zu vermeiden, oder können die Verkleidungen 27 jeweils so, beispielsweise ineinandergreifend und/oder abschnittsweise elastisch verbunden, ausgebildet sein, dass bei jeder Gelenkstellung der Gelenke 24, 25, 26 kein oder nur ein sehr geringer Spalt zwischen den Verkleidungen 27 entsteht. In einer Ausführungsvariante eines fledermausartigen Flügels, kann die ganze Flügelfläche aus dehnbarem Material bestehen.

Optional können auch kleine Federn bzw. federartige Elemente vorgesehen sein, die sich in Stromrichtung auf der Oberfläche der Flügel anlegen. Kommt es zum Strömungsabriss, kehrt sich bekanntlich die Strömungsrichtung in der Grenzschicht um. Die kleinen Federn stellen sich in diesem Fall durch die Strömung auf, womit die Rückströmung behindert oder gar unterbunden wird. Dieser Mechanismus kann für die instationären Strömungsprozesse am Schlagflügel nützlich sein.

Die Skelettstruktur der Schlagflügel 2 wird nun genauer beschrieben. Die Fig. 3 entspricht der Fig. 2 aus einer anderen Perspektive, wobei zur Veranschaulichung innerer Strukturen ein Schlagflügel 2, Verkleidung 27 und Schwingen 28, 29 des dargestellten Schlagflügels 2 sowie Teile des Exoskeletts 1 weggelassen sind. Fig. 4 entspricht der Fig. 3 von hinten. In Anlehnung an ihr biologisches Vorbild werden die Skeletteile des Oberarmabschnitts 21, des Unterarmabschnitts 22 und des Handabschnitts 23 nachstehend als Humerus 31, Ulna 32 und Digitus 33 bezeichnet. (Ein Radius entfällt, da Unterarmtorsion technisch anders umgesetzt wird.) Im Sinne dieser Beschreibung beziehen sich Bezeichnungen wie proximal, distal etc. auf die Richtung oder Lage in Bezug auf den Geräterucksack 11 bzw. dessen Mitte.

Die Gelenke 24, 25, 26 sind durch Drehsteller 35, Linearsteller 36, Hebel 37 und Riementriebe 38 mit Drehrädern 39 verwirklicht und aktuierbar.

5 Insbesondere ist das Schultergelenk 24 wie folgt aufgebaut: Ein Drehsteller 35 dreht einen an dem Geräterucksack 11 gelagerten Ring um eine Achse 40. Auf dem Ring ist ein Hebel 37 gelagert, dessen im Inneren des Rings liegendes (proximales) Ende durch einen ebenfalls am Geräterucksack 11 gelagerten Linearsteller 36 entlang der Achse 40, d.h. von dem Geräterucksack 11 weg und zu diesem hin, linear bewegt
10 wird. Hierdurch kann der Hebel 37 in dem Lagerpunkt auf dem Ring um eine Achse 41 schwenken. Es versteht sich, dass der Hebel 37 mit dem Ring auch um die Achse 40 schwenken kann. Das außerhalb des Rings liegende (distale) Ende des Hebels 37 trägt einen weiteren Drehsteller 35, dessen beweglicher Teil am Humerus 31 angreift und diesen gegenüber dem Hebel 37 um dessen Achse 42 dreht. Der Humerus
15 31 kann im Inneren des Hebels 37 weiter nach proximal verlaufen und dort wenigstens radial gelagert sein, was Biegemomente im Drehsteller 35 bzw. im Hebel 37 reduziert. Ersichtlich definiert, in Analogie zu einer Flügelkonfiguration eines Vogels oder auch Flugzeugs, eine Winkellage um die Achse 40 einen Pfeilungswinkel, definiert eine Winkellage um die Achse 41 einen Schlagwinkel und definiert eine Winkel-
20 lage um die Achse 42 einen Anstellwinkel des Schlagflügels 2.

Das Ellbogengelenk 25 weist einen Hebel 37 auf, der am äußeren (distalen) Ende des Humerus 31 um eine Achse 43 schwenkbar gelagert ist. Ein Linearsteller 36 greift am Humerus 31 und am proximalen Ende des Hebels 37 an und schwenkt die-
25 sen somit um die Achse 43. Am distalen Ende des Hebels 37 ist ein weiterer Drehsteller 35 vorgesehen, dessen beweglicher Teil an der Ulna 32 angreift und diese und gegenüber dem Hebel 37 um dessen Achse 44 dreht. Die Ulna 32 kann im Inneren des Hebels 37 weiter nach proximal verlaufen und dort wenigstens radial gelagert sein, was Biegemomente im Drehsteller 35 bzw. im Hebel 37 reduziert. Ersicht-
30 lich definiert, in Analogie zu biologischen Gegebenheiten, eine Winkellage um die Achse 43 einen Flexionswinkel des Ellbogengelenks 25 und definiert eine Winkellage um die Achse 44 einen Unterarm-Torsionswinkel.

Das Handgelenk 26 ist wie folgt aufgebaut: Am distalen Ende der Ulna 32 ist ein
35 Kreuzgelenk mit zwei Achsen 45, 46 angebracht, welches nach distal in den Digitus 33 übergeht. Die auf der Seite der Ulna 32 gelagerte Achse 45 trägt auch ein Rad 49, welches über einen Riemen 38 mit einem an der Ulna 32 angebrachten Drehsteller 35 angetrieben wird. Ein Linearsteller 36 greift einerseits an der Achse 45 an und

schwenkt mit dieser mit, und greift andererseits am Digitus 33 an, um diesen um die Achse 46 zu schwenken. Ersichtlich definiert, wieder in Analogie zu biologischen Gegebenheiten, eine Winkellage um die Achse 45 einen Abduktionswinkel und definiert eine Winkellage um die Achse 46 einen Flexionswinkel des Handgelenks 26.

5

Der Humerus 31 hat somit 3 Freiheitsgrade der Rotation, welche effektiv erlauben, die Flügel zu schlagen (41), zu schwenken bzw. zu pfeilen (40), und anzustellen bzw. zu drehen (42). Die Ulna 32 hat zwei Freiheitsgrade, mit denen die Schlagflügel 2 gefaltet (43), und verschränkt (44) werden können. Der Digitus 33 kann ebenfalls falten (46), und zusätzlich noch hängen (45). Die Achse 45 ist eine Achse, die senkrecht auf der Faltachse 46 und der Längsachse des Digitus steht.

Das Leitwerk 9 ist in dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ebenfalls den Vögeln nachempfunden. Mehrere Schwanzfedern 91 sind wie ein Fächer an einer gelenkigen Basis 94 fixiert. Die Basis 94 besitzt zwei Freiheitsgrade: drehen um die Winkelhalbierende 47 des Fächers mittels eines Drehstellers 35, und kippen um eine durch den Fußpunkt der Basis 94 verlaufende Querachse 48 mittels eines weiteren Drehstellers 35 und Riementriebs 38. Optional können auch die einzelnen Schwanzfedern 91 um die eigene Achse tordierbar und/oder gegenüber der Basis 94 schwenkbar sein. Die Aktoren und Sensoren sind vergleichbar denen der Schlagflügel 2.

Relativbewegungen zwischen den einzelnen Gliedern 21, 22, 23, 94 bzw. gegenüber dem Geräterucksack 11 werden direkt oder indirekt durch die genannten Steller oder Aktoren hervorgerufen. Mit Aktoren sind arbeitsfähige Bauelemente gemeint. Beispiele sind Elektromotoren, Pneumatik-, oder Hydraulikzylinder. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind dies vor allem Hydraulik-Linearzylinder (Linearsteller 36) und Hydraulik-Drehzylinder (Drehsteller 35). Wie beschrieben, können auch weitere Elemente der Kraftübertragung und -umwandlung verwendet werden, wie ein Riementrieb 38, 39.

30

Positionen, Kräfte, und andere relevante Größen, werden mit diversen Sensoren aufgenommen. Das sind zum Beispiel Kraftmessdosen, Dehnungsmessstreifen (DMS), Positionssensoren, Thermometer, Druckmessdosen, usw.

35 Sofern einzelne Schwingen 28, 29 oder Schwanzfedern 91 individuell aktuiert sind, sind hierfür weitere entsprechende Aktoren und ggf. Sensoren vorzusehen.

Das Exoskelett 1 weist im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine festen Struktur 11-13 für den Rumpf und eine bewegliche Struktur 14-18 für die Arme und für die Füße und/oder Beine des Piloten auf. In Fig. 1 ist das Exoskelett 11 nur symbolisch als Arm- und Fußumrisse dargestellt. Es versteht sich, dass die dargestellte Anordnung
5 rein beispielhaft ist und im Rahmen der hier vorgestellten Funktionalität nach Belieben abwandelbar ist. Beispielsweise steht der Geräterucksack für eine beliebige Form von Geräteträger, an welchem die Schlagflügel 2 und das Leitwerk 9 angelenkt sein können. Ferner kann beispielsweise anstelle von Brustgeschirr 12 und Leibgurt 13 ein Harnisch oder eine Weste vorgesehen sein, an welcher die Oberarmman-
10 schetten 15 und die Oberschenkelmanschetten 14 angelenkt sind. Der Geräterucksack 11 kann gesondert ausgebildet und an dem Harnisch bzw. der Weste montierbar sein. Es kann eine Rückenplatte vorgesehen sein, an welcher Brustgeschirr 12, Leibgurt 13 und Manschetten 14, 15 angebracht bzw. angelenkt sind und an welcher ein Geräteträger anbringbar ist. Es kann als Exoskelett 1 auch ein Ganzkörperanzug
15 vorgesehen sein, der die Funktionen von Brustgeschirr 12, Leibgurt 13, Manschetten 14-16, Handschuhen 17 und Stiefeln 18 sowie aller Gelenke dazwischen integriert. Im letzteren Fall kann beispielsweise der Geräterucksack 11 mit den Schlagflügeln 2 und dem Leitwerk 9 über den Ganzkörperanzug gezogen werden. Alle denkbaren Kombinationen der oben genannten Abwandlungen sind nach Bedarf und Einsatzzweck
20 möglich.

Zum weiteren Verständnis wird das Flugsystem nun noch aus Systemsicht anhand der Blockdarstellung in Fig. 5 beschrieben. Das Flugsystem oder Gesamtsystem 50 weist ein Flügelsystem 51, ein Exoskelettsystem 52 und ein zentrales Steuergerät
25 53, welches auch als Flugkontrollrechner bezeichnet werden kann, auf. Optional können eine Piloten-Informationsschnittstelle 54, ein Alternativeingabesystem 55 und ein Unterstützungs- und Zusatzantriebssystem 56 vorgesehen sein. Das Flügelsystem 51 weist Steuerbauteile 511 der Flugaktoren 35, 36 (Fig. 3, 4), ein Notfall-Stabilisierungssystem 512 sowie eine Vielzahl von Sensoren 513 auf. Das Exoskelettsystem 52 weist Sensoren und Eingabeschnittstellen 521 für die einzelnen Glieder
30 bzw. Gelenke des Exoskeletts 1 (Fig. 1), Steuerbauteile 522 von Feedback-Aktoren des Exoskeletts 1 und ein Reglersystem 523 auf. Das optionale Alternativeingabesystem 55 kann beispielsweise analoge Sticks und Schalter 551, eine Gehirn-Computer-Schnittstelle 552 oder andere Eingabeeinrichtungen 553 aufweisen. Das
35 optionale Unterstützungs- und Zusatzantriebssystem 56 kann beispielsweise ein oder mehrere Gyroskope 561, einen oder mehrere Zusatzantriebe 562 oder weitere Module 563 aufweisen. Das Steuergerät 53 kann auch als Teil des Flügelsystems 51 behandelt werden. Ebenso kann das Unterstützungs- und Zusatzantriebssystem 56

auch als Teil des Flügelsystems 51 behandelt werden. Das Reglersystem 523 des Exoskelettsystems 52 kann auch ganz oder teilweise in dem Steuergerät 53 integriert sein. Das Steuergerät 53 kann auch verteilt in anderen Systemen verwirklicht sein. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das Steuergerät 53 mit Ventilen, usw. physisch im Geräterucksack 11 untergebracht, der somit als Geräteträger dient.

Alle sieben aktuierten Freiheitsgrade 40-46 der Schlagflügel 2 sollen in diesem Ausführungsbeispiel von den Armen kontrolliert werden, weshalb beispielsweise ebenfalls sieben sensierte Freiheitsgrade an den Armen als Reglereingangsgößen für das zentrale Steuergerät 53 zur Steuerung der Schlagflügel 2 dienen. Es können auch mehr oder weniger Freiheitsgrade an den Armen sensiert werden, die in die aktuierten Freiheitsgrade der Schlagflügel umgerechnet werden. Die (wenigstens) zwei Freiheitsgrade der Schwanzfedern 91 sollen mit den Sprunggelenken und/oder Knien gesteuert werden. Das Neigen des Fächers um die Querachse 48 kann beispielsweise durch den mittleren Winkel der beiden Gelenke kontrolliert werden, während das Drehen des Fächers um die Längsachse 47 durch die Winkeldifferenz der beiden Gelenke kontrolliert werden kann. Ein Drehen des Rumpfs oder ein Beugen einer Hüfte kann zur Lagesteuerung, etwa einer Rollsteuerung, verwendet werden, wobei das Rollen beispielsweise über einen Anstellwinkel der Schlagflügel 2 eingeleitet werden kann. Die Regelung der aktuierten Freiheitsgrade kann zum Beispiel in an sich bekannter Weise durch Impedanz- oder Admittanzregelung erfolgen.

Ergänzend zum Exoskelett 1 kann optional auch eine andere Eingabemethode für die Reglereingangsgößen genutzt werden. Denkbar ist, die Bewegungen der Flügel 2 in Form von Bewegungsmustern zu abstrahieren. Diese Muster könnten mit Schaltern, Tasten und/oder Analog-Sticks abgerufen und kontrolliert werden. Denkbar wäre, den Flügelschlag auf Tastendruck auszulösen, und dabei die Vorwärts-, Seitwärts- und Rollbewegungen des Gesamtsystems durch Analog-Sticks zu steuern. Die Stabilisierung der Fluglage könnte in einem solchen Fall komplett automatisch vom Flugsteuerungssystem übernommen werden. Hierdurch könnte auch eine Autopilotfunktion oder Notfallübernahmefunktion verwirklicht werden.

Das Steuergerät bzw. die Flugsteuerung 53 kontrolliert das gesamte Flügelsystem 51 und kann auch das Unterstützungs- und Zusatzantriebssystem 56 kontrollieren. Es nimmt die Zustände und Messgrößen des Flügelsystems 51, sowie die Signale der Eingabemethoden 521 des Exoskelettsystems 52 wie auch optional des Alternativeingabesystems 55 auf. Sie werden mit gängigen Methoden verarbeitet und dann zum Beispiel als Stellgrößen für die Aktoren des Flügelsystems 51, als Eingangsgro-

ßen für den Exoskelettreger 523 und als Informationen für den Piloten über die Schnittstelle 54 wieder ausgegeben. In Fig. 5 ist eine Übersicht über die Informationsflüsse zu sehen. Solcherart Steuerungssysteme sind an sich in vielfältigen Anwendungen und Variationen bekannt, und häufig in quadruplex Ausführung in Flugzeugen vorhanden. Bezüglich der Verknüpfung von Exoskelett und Flügeln kann beispielsweise ein Vier-Kanal bilaterales Telemanipulationssystem eingesetzt werden.

Alle vorher genannten Subsysteme sind mit dem Geräterucksack 11 verbunden. Er stellt die zentrale Struktur zwischen Schlagflügeln 2, Leitwerk 9 und Pilot bzw. Exoskelett 1 dar. Der Geräterucksack 11 wurde vorstehend als zum Exoskelett 1 bzw. Exoskelettsystem 52 zugehörig beschrieben. Diese Zugehörigkeit ist jedoch nicht zwingend. Der Geräterucksack 11 kann auch als zum Flügelsystem 51 zugehörig betrachtet werden, wobei lediglich eine Rückenplatte oder -struktur des Geräterucksacks 11, an welcher die Oberarm- und Oberschenkelmanschetten 15, 14 angelenkt sind, zum Exoskelettsystem 52 gehörig betrachtet werden kann.

In dem Geräterucksack 11 befinden sich alle weiteren Aggregate und Einrichtungen, welche für den Betrieb erforderlich sind und nicht an einer anderen Struktur angebracht sind. Dies sind zum Beispiel Energiespeicher wie Batterien, Druckbehälter und Treibstofftanks sowie etwa Energiewandler wie Elektromotoren, Wellenleistungstriebwerke, Verbrennungsmotoren und Hydraulikpumpen. Weiterhin enthält er das Steuergerät 53, Schalter und Ventile für die Aktoren des Flügelsystems 51, und eventuell Gyroskope. Weitere in der Luftfahrt übliche Hilfssysteme wie Feuerlöschsysteme sind auch denkbar. In der bevorzugten Ausführung enthält er auch Regler, Schalter und Ventile, usw. für die Versorgung und Regelung des Exoskelettsystems 52. Der Pilot ist an ihm bevorzugt über das Gurtzeug 12, 13 ähnlich jenen der Fallschirmspringer befestigt. Die Oberarmmanschetten 15 und Oberschenkelmanschetten 14 sind an ihm beweglich befestigt. In einer Ausführungsvariante benötigt das Exoskelett 1 um die Füße/Knie keine strukturelle Befestigung. Zu ihm führen in diesem Fall nur die benötigten Verbindungen für die Aktoren und Sensoren.

Für den Fall, dass der Flug außer Kontrolle geraten sollte, ist das Notfallsystem 512 vorgesehen. Hierdurch werden zum Beispiel die Schlagflügel 2 und das Leitwerk 9 in eine tragfähige Konfiguration gebracht, wenn das Exoskelett 1 den Dienst versagt. In Zylinder/Kolbenaktoren 35, 36 kann dies eine vorgespannte und arretierte Feder sein. Wird die Arretierung gelöst, bewegt sie den Flügel derart, dass das Gesamtsystem in den Gleitflug übergehen kann, oder beispielsweise eine Konfiguration ähnlich dem Löwenzahn-Samen einnimmt, die die Sinkgeschwindigkeit begrenzt. Auch ein

Druckgasbehälter mit manuellem Ventil, mit dessen Hilfe die Kolben manuell bewegt werden können, wäre denkbar. Auch könnte ein explosiv ausgeworfener Fallschirm, der auch in kleinen Höhen wirksam ist, genutzt werden. Denkbar ist auch, dass die Einheit von Exoskelett 1 und Pilot vom Flügelsystem getrennt werden kann und einen separaten Fallschirm besitzt. Um in die Notfallkonfiguration zu gelangen, kann das Notfallsystem beispielsweise von der Flugsteuerung oder direkt vom Piloten aktiviert werden.

Für die Navigation und andere Zwecke kann die Schnittstelle 54 an die Flugsteuerung vorgesehen sein, welche diverse Informationen wie z.B. Fluglage und -geschwindigkeit, Treibstoffmenge, Flughöhe, etc. weitergibt. Diese können von Instrumenten, einem Head- Up-Display-(HUD)- oder Head-Mounted-Display-(HMD)-System und anderen Modulen verwendet werden.

Es ist denkbar, zusätzliche Antriebssysteme am Flügelsystem anzubringen. Möglich wäre zum Beispiel, Strahlantriebe an dem Geräterucksack 11 anzubringen, oder Propeller samt Antrieb an den Flügeln 2 oder dem Geräterucksack 11 anzubringen. Auf diese Weise wäre es möglich, höhere Fluggeschwindigkeiten zu erzielen.

Nutzungskonzepte

Eine erste, nicht ausschließliche Anwendung wäre eine Art verbesserter Hängegleiter. Im Unterschied zu Gleitschirmen und Drachen wäre jedoch eine sehr viel agilere und präzisere Bewegung in der Luft möglich. Zum Beispiel kann ein Strömungsabriss an einem Flügel durch Schlagen des Flügels beendet werden. Abhängig von der Leistungsfähigkeit der mitgeführten Energiespeicher ist es zudem möglich, durch Schlagen der Flügel Höhe zu gewinnen. Bei entsprechender Konstruktion und Energiequelle ist ein Senkrechtstart mit den Flügeln möglich.

Weil die Flügel faltbar sind, ist es möglich, an verwinkelten Orten zu fliegen und Engstellen mit angezogenen Flügeln zu passieren. In der Summe ist ein Flugsystem nach der vorliegenden Erfindung im Hinblick auf die freie Beweglichkeit in der Luft derjenigen anderer Fluggeräte überlegen.

In der bevorzugten Ausführung ist der Pilot mit dem Flügelsystem verbunden und fliegt mit. Eine weitere Möglichkeit ist, die Verbindung zwischen Eingabemethode und Flügelsystem per Funk herzustellen. Auf diese Weise entsteht ein Telepräsenz-,

bzw. Telerobotiksystem, welches größere freie Transportkapazitäten hat. Der Pilot könnte so beispielsweise mit seinem Exoskelett in einem Geschirr schweben, während das Flügelsystem an einem entfernten Ort in der Art einer Drohne agiert. Möglicherweise ist ein derartiges Flügelsystem auch allein mit Hilfe alternativer Eingabemethoden oder Flugmustern steuerbar.

Liste der Bezugszeichen

	1	Exoskelett
	2	Schlagflügel
5	9	Leitwerk
	11	Geräterucksack
	12	Brustgurt
	13	Leibgurt
	14	Oberschenkelgurt
10	15	Oberarmmanschette
	16	Unterarmmanschette
	17	Handschuh
	18	Stiefel
15	21	Oberarmabschnitt
	22	Unterarmabschnitt
	23	Handabschnitt
	24	Schultergelenk
	25	Ellbogengelenk
20	26	Handgelenk
	27	Verkleidung
	28	Armschwinge
	29	Handschwinge
25	31	Humerus
	32	Ulna
	33	Digitus
	35	Drehsteller
	36	Linearsteller
30	37	Hebel
	38	Riementrieb
	40-46	Freiheitsgrade des Schlagflügels
	47,48	Freiheitsgrade des Leitwerks
35		
	50	Gesamtsystem
	51	Flügelsystem
	511	Steuerbauteile der Flugaktoren

- 512 Notfall-Stabilisierungssystem
- 513 Sensoren
- 52 Exoskelettsystem
- 521 Sensoren und Eingabeschnittstellen
- 5 522 Steuerbauteile der Exoskelett-Aktoren
- 523 Reglersystem
- 53 Zentrales Steuergerät
- 54 Informationsschnittstelle für Pilot (optional)
- 55 Alternativeingabesystem
- 10 551 Analoge Sticks und Schalter
- 552 Gehirn-Computer-Schnittstelle
- 553 Andere Eingabeeinrichtungen
- 56 Unterstützungs- und Zusatzantriebssystem (optional)
- 561 Gyroskop(e)
- 15 562 Zusatz-Antrieb(e)
- 563 Weitere Module

- 91 Schwanzfeder
- 94 Basis

20

Die vorstehende Liste ist integraler Bestandteil der Beschreibung

5

10

Patentansprüche

1. Flugsystem, mit mindestens zwei aktuierten Schlagflügeln (2), einem aktuierten Leitwerk (9), einem Steuergerät (53) und einem Exoskelett (1) für mindestens eine Person, wobei das Exoskelett (1) unabhängig von den Schlagflügeln (2) beweglich ist, und wobei das Steuergerät (53) ausgebildet ist, um Bewegungssensorsignale des Exoskeletts (1) zu empfangen und anhand der Bewegungssensorsignale Bewegungsvorgabesignale festzulegen und die Schlagflügel (2) und/oder das Leitwerk (9) mit den Bewegungsvorgabesignalen anzusteuern, wobei die Bewegungsvorgabesignale vorzugsweise so festgelegt werden, dass die Bewegungen der Schlagflügel (2) und/oder des Leitwerks (9) denen des Exoskeletts (1) folgen.
2. Flugsystem nach Anspruch 1, wobei das Steuergerät (53) ausgebildet ist, Wirkungssensorsignale von den Schlagflügeln (2) und/oder dem Leitwerk (9) zu empfangen und anhand der Wirkungssensorsignale Rückkopplungsvorgabesignale festzulegen und das Exoskelett (1) mit den Rückkopplungsvorgabesignalen so anzusteuern, dass die an den Schlagflügeln (2) und/oder dem Leitwerk (9) wirkenden Kräfte über das Exoskelett (1) dem Piloten spürbar sind.
3. Flugsystem nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Steuergerät (53) ausgebildet ist, um die Bewegungsvorgabesignale so festzulegen, dass Freiheitsgrade der Schlagflügel (2) mit Armen und/oder Händen der Person gesteuert werden können, und/oder dass Freiheitsgrade des Leitwerks (9) mit den Beinen und/oder den Füßen der Person gesteuert werden können.

4. Ein Flugsystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Schlagflügel (2) jeweils wenigstens eine Tragfläche und wenigstens eine Handschwinge (29) aufweisen, wobei die Handschwinge (29) einzeln und/oder alle Handschwinge(n) (29) gemeinsam senkrecht zu einer an die Handschwinge bzw. die Handschwinge(n) (29) angrenzenden Tragfläche schwenkbar ist.
- 5
5. Flugsystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Steuergerät (53) eingerichtet ist, um Bewegungsvorgaben für Schlagflügel (2) und/oder Leitwerk (9) automatisch anhand einer für das Flugsystem vorgegebenen Bewegungsrichtung oder eines vorgegebenen Bewegungsmusters zu bestimmen.
- 10
6. Flugsystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine weitere Eingabeeinrichtung (551, 552, 553) vorgesehen ist, um Bewegungen von Schlagflügeln (2) und/oder Leitwerk (9) vorzugeben, wobei die weitere Eingabeeinrichtung (551, 552, 553) insbesondere Analog-sticks, Schalter und Tasten und/oder eine Gehirn-Computer-Schnittstelle aufweist.
- 15
7. Flugsystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei Verhältnisse der am Exoskelett (1), den Schlagflügeln (2), dem Leitwerk (9) und Subsystemen aufgenommenen Reglereingangsgroßen zu den resultierenden Reglerausgangsgroßen einstellbar sind, wobei sie vorzugsweise auch komplett entkoppelbar sind, wobei vorzugsweise diverse Messgroßen zur Bildung einer Stellgröße kombiniert werden können.
- 20
8. Flugsystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Schnittstelle (54) für ein Head-Up-Display (HUD) oder ein Head-Mounted Display (HMD) vorgesehen ist, um die Person mit für den Betrieb des Flugsystems relevanten Informationen zu versorgen.
- 25
9. Flugsystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei auf der Flügeloberfläche Objekte angebracht sind, welche sich bei einer Rückströmung in der Grenzschicht aufrichten und die Strömung behindern.
- 30
- 35

10. Flugsystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei Gyroskope (561) mitgeführt werden, um Momente zur Beeinflussung und/oder Messung einer Fluglage des Flugsystems zu erzeugen.
- 5
11. Flugsystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei vorgespannte Energiespeicher vorgesehen sind, welche ausgebildet sind, um beim Ausfall von Subsystemen das Gesamtsystem in eine Notfall-Konfiguration zu versetzen, welche die Sinkgeschwindigkeit begrenzt.
- 10
12. Flugsystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei wenigstens ein zusätzliches Antriebselement (562), wie ein Strahltriebwerk oder eine Luftschraube mit Antriebsaggregat, vorgesehen ist.
- 15
13. Flugsystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Schlagflügel (2) mehrere zueinander bewegliche und aktuierte Flügelglieder (21, 22, 23) aufweisen, und wobei vorzugsweise an Grenzen zwischen zwei Flügelgliedern (21, 22, 23) und/oder zwischen einem Flügelglied (21, 22, 23) und einem Geräteträger (11) dehnbare Material und/oder überlappende räumliche Flächen vorgesehen sind.
- 20
- 25
14. Flugsystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Leitwerk (9) Schwanzfedern (91) aufweist, die vorzugsweise fächerartig angeordnet sind, wobei ein Kippen der Schwanzfedern (91) senkrecht zu einer Horizontalebene des Flugsystems durch den mittleren Winkel der Sprunggelenke und/oder Kniegelenke der Person steuerbar ist, und wobei ein Drehen der Schwanzfedern (91) um eine Längsachse des Flugsystems durch eine Winkeldifferenz zwischen den Sprunggelenken und/oder Kniegelenken der Person steuerbar ist.
- 30

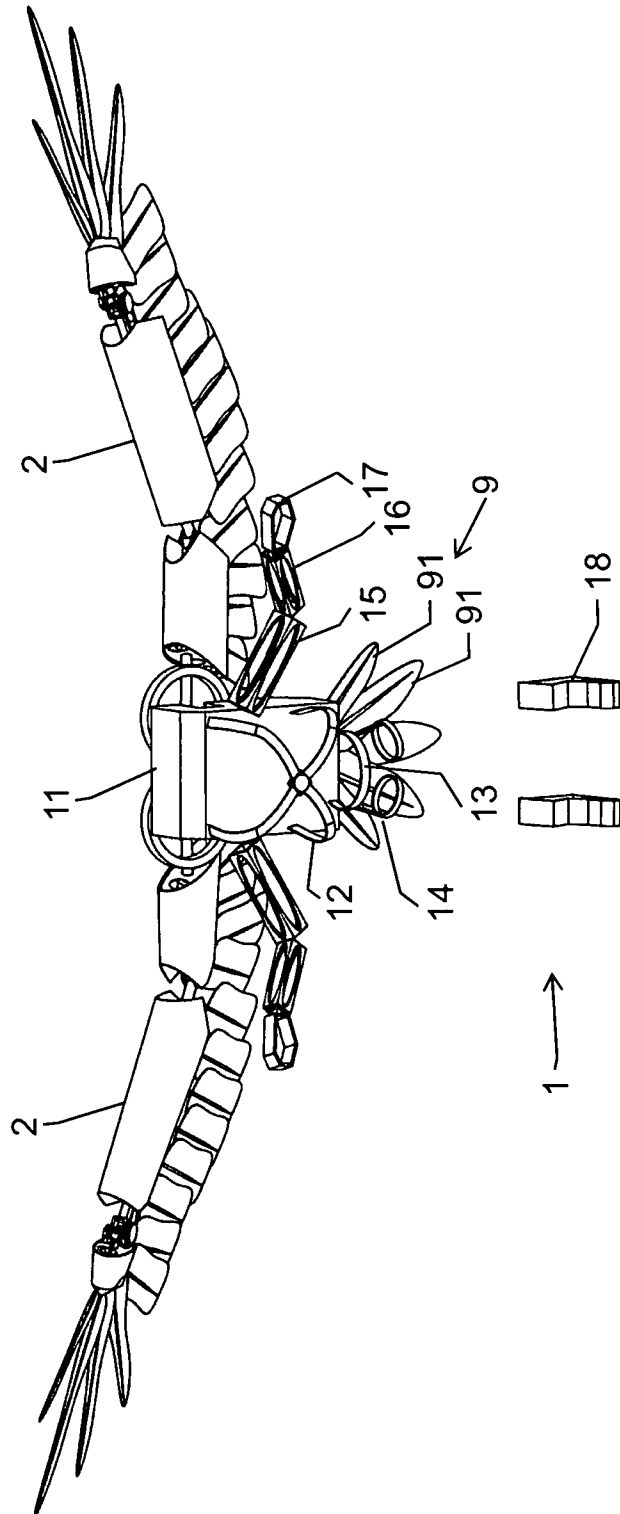


Fig. 1

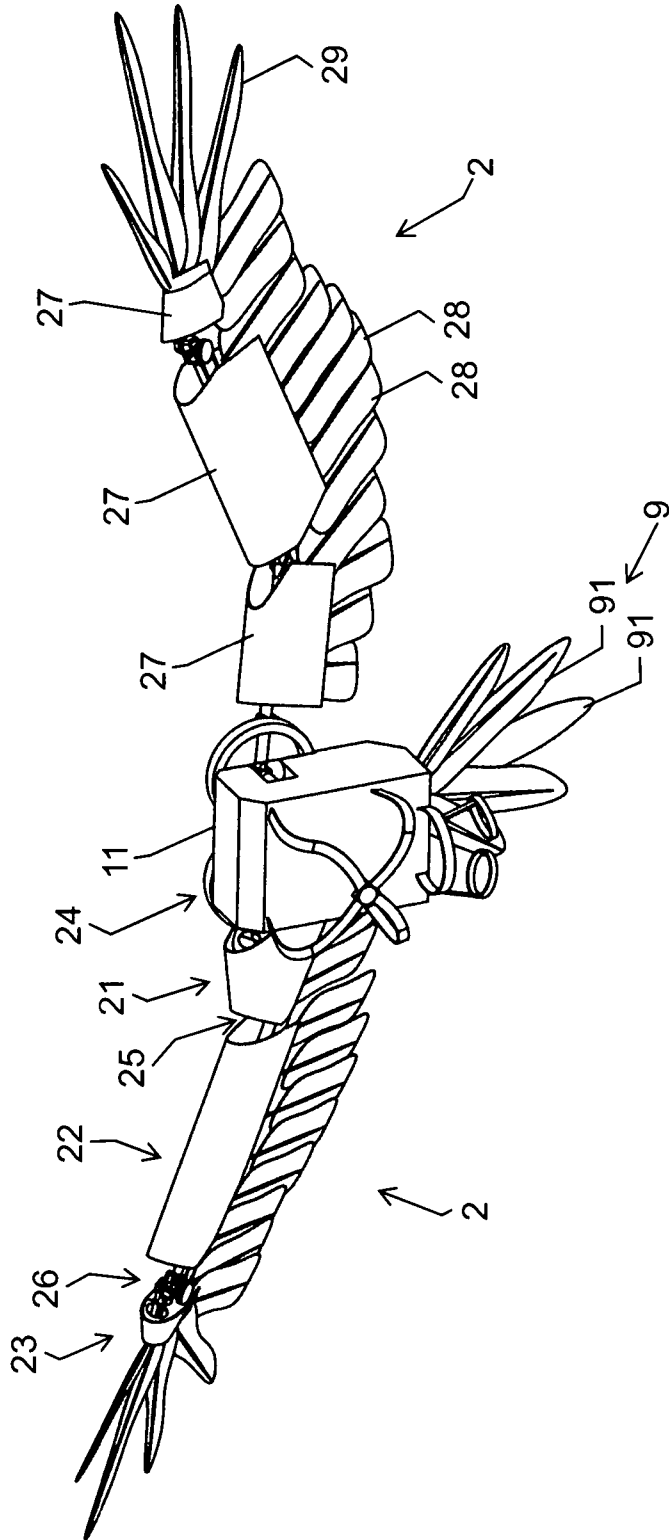


Fig. 2

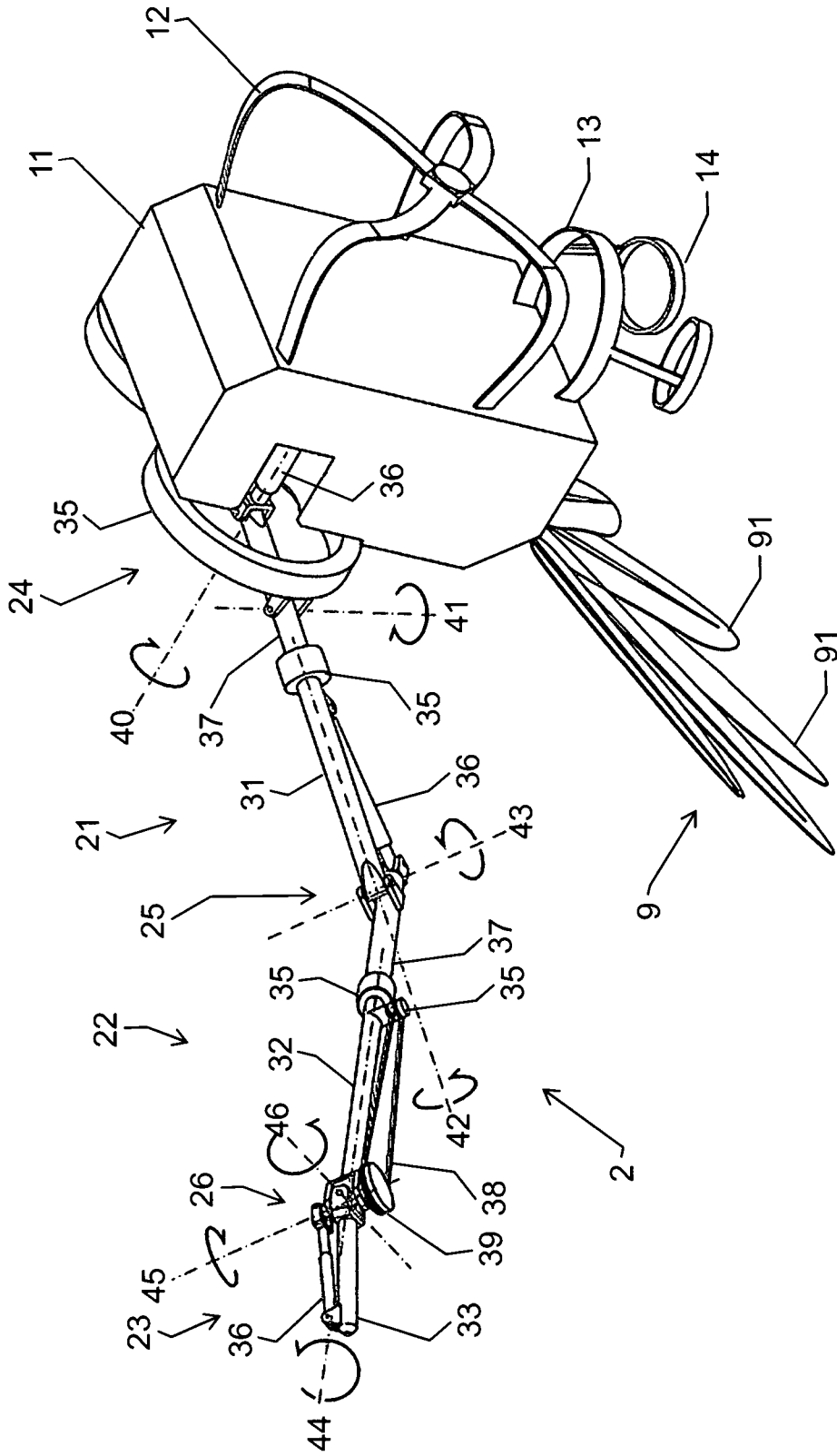


Fig. 3

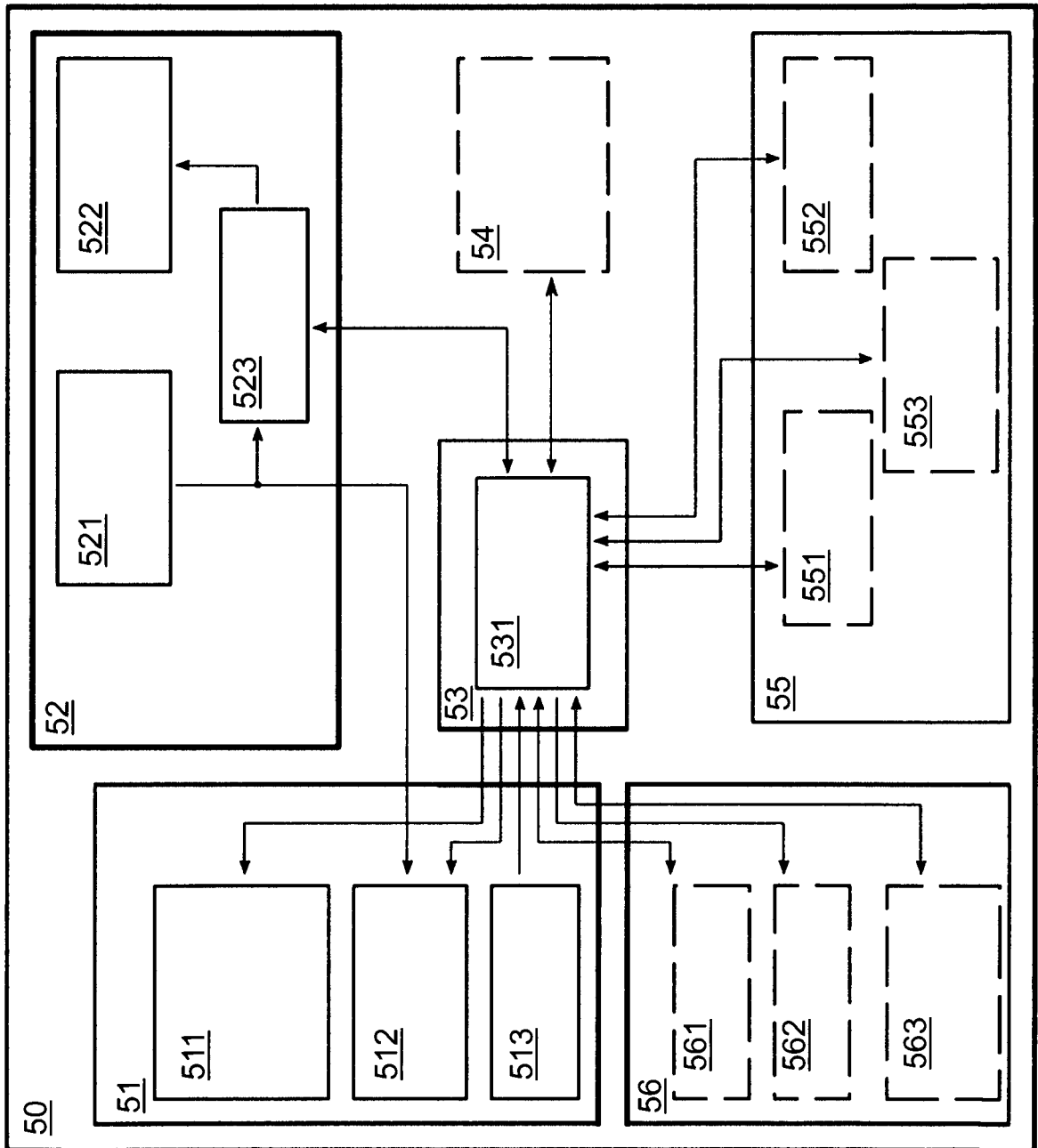


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2019/000101

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B64C 33/00</i> (2006.01)i; <i>B64C 39/02</i> (2006.01)i; <i>B64C 31/04</i> (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) B64C 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, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2014028083 A2 (MURDOCK DOUGLAS C [US]) 20 February 2014 (2014-02-20) cited in the application paragraph [0065] - paragraph [0078]; claim 1; figures 1-4	1-14
A	US 2007029441 A1 (DAINYS REMIGIJUS [LT]) 08 February 2007 (2007-02-08) paragraph [0036] - paragraph [0037]; claim 1; figure 12	1-14
A	ES 1172708 U (ORON SALVADOR FRANCISCO MANUEL [ES] ET AL.) 21 December 2016 (2016-12-21) claims 1-6; figures 5, 8	1
A	JP 2012045194 A (ATR ADVANCED TELECOMM RES INST) 08 March 2012 (2012-03-08) paragraph [0031]; claim 1; figure 1	1
A	CN 106510985 A (BEIJING INST TECHNOLOGY) 22 March 2017 (2017-03-22) abstract; figure 1	1
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 16 July 2019		Date of mailing of the international search report 12 August 2019
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 Kirchmayr, Sara Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2019/000101

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Keystone-SDA-ATS. "Weltneuheit Vogelflugsimulator - Birdly, worlds first bird flight simulator" 28 March 2014 (2014-03-28), page 1, Retrieved from the Internet: https://www.youtube.com/watch?v=936QZagk-3o [retrieved on 2019-07-15] XP054979437 the whole document	1
A	CA 2104305 A1 (SAVARD DONALD [CA]) 15 January 1996 (1996-01-15) claims 1-3; figures 1B, 2A, 3	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/DE2019/000101

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)				
WO	2014028083	A2	20 February 2014	EP	2855264	A2	08 April 2015				
				US	2015210389	A1	30 July 2015				
				WO	2014028083	A2	20 February 2014				
US	2007029441	A1	08 February 2007	CA	2538678	A1	17 March 2005				
				EA	200600564	A1	27 October 2006				
				EP	1988016	A1	05 November 2008				
				JP	2007505004	A	08 March 2007				
				LT	2003081	A	25 March 2005				
				UA	80641	C2	10 October 2007				
				US	2007029441	A1	08 February 2007				
				WO	2005023647	A1	17 March 2005				
				ES	1172708	U	21 December 2016	ES	1172708	U	21 December 2016
								WO	2018100222	A1	07 June 2018
JP	2012045194	A	08 March 2012	NONE							
CN	106510985	A	22 March 2017	NONE							
CA	2104305	A1	15 January 1996	NONE							

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B64C33/00 B64C39/02 B64C31/04 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B64C		
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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2014/028083 A2 (MURDOCK DOUGLAS C [US]) 20. Februar 2014 (2014-02-20) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0065] - Absatz [0078]; Anspruch 1; Abbildungen 1-4	1-14
A	----- US 2007/029441 A1 (DAINYS REMIGIJUS [LT]) 8. Februar 2007 (2007-02-08) Absatz [0036] - Absatz [0037]; Anspruch 1; Abbildung 12	1-14
A	----- ES 1 172 708 U (ORON SALVADOR FRANCISCO MANUEL [ES] ET AL.) 21. Dezember 2016 (2016-12-21) Ansprüche 1-6; Abbildungen 5, 8 ----- -/-	1
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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	
16. Juli 2019	12/08/2019	
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 Kirchmayr, Sara	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JP 2012 045194 A (ATR ADVANCED TELECOMM RES INST) 8. März 2012 (2012-03-08) Absatz [0031]; Anspruch 1; Abbildung 1 -----	1
A	CN 106 510 985 A (BEIJING INST TECHNOLOGY) 22. März 2017 (2017-03-22) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1
A	Keystone-SDA-ATS: "Weltneuheit Vogelflugsimulator - Birdly, worlds first bird flight simulator", 28. März 2014 (2014-03-28), Seite 1, XP054979437, Gefunden im Internet: URL: https://www.youtube.com/watch?v=936QZagk-3o [gefunden am 2019-07-15] das ganze Dokument -----	1
A	CA 2 104 305 A1 (SAVARD DONALD [CA]) 15. Januar 1996 (1996-01-15) Ansprüche 1-3; Abbildungen 1B, 2A, 3 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2019/000101

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2014028083 A2	20-02-2014	EP 2855264 A2	08-04-2015
		US 2015210389 A1	30-07-2015
		WO 2014028083 A2	20-02-2014

US 2007029441 A1	08-02-2007	CA 2538678 A1	17-03-2005
		EA 200600564 A1	27-10-2006
		EP 1988016 A1	05-11-2008
		JP 2007505004 A	08-03-2007
		LT 2003081 A	25-03-2005
		UA 80641 C2	10-10-2007
		US 2007029441 A1	08-02-2007
		WO 2005023647 A1	17-03-2005

ES 1172708 U	21-12-2016	ES 1172708 U	21-12-2016
		WO 2018100222 A1	07-06-2018

JP 2012045194 A	08-03-2012	KEINE	

CN 106510985 A	22-03-2017	KEINE	

CA 2104305 A1	15-01-1996	KEINE	
