1

Beschreibung

Nachfolgend dargestellt und beschrieben wird eine Erfindung auf dem Gebiet der Luftfahrt.

Die Erfindung betrifft Mehrzweckflügelkörper als zentrales Hauptelement modular aufgebauter und elektrisch angetriebene Flugkörper mit Senkrechtstart- und landeeigenschaften (hierfür wird nachfolgend das Akronym VTOL für Vertival Take Off & Landing verwendet).

Die Mehrzweckflügelkörper sind geometrisch und konstruktiv so ausgelegt, daß sie die Basismodule eines modular aufgebauten Lufttransportsystems bilden. Durch Ein- und Anbau standardisierter Bauteile und Baugruppen entstehen den verschiedenen Anforderungen des Lufttransports angepasste Flugkörper. Darüber hinaus sind die Basismodule so gestaltet, daß sie in verschiedenen Anordnungen miteinander verbunden werden können. Die derart gebildeten Verbundflugkörper erweitern das herkömmliche Einsatzspektrum von Flugkörpern mit VTOL-Eigenschaften erheblich, insbesondere in den Bereichen des Industriebaus, der Brandbekämpfung und der Katastrophenhilfe.

Flugkörper mit VTOL-Eigenschaften sind sind in zwei Kategorien bekannt: Flugkörper „Leichter als Luft“ (Ballone sowie halbstarre und starre Luftschiffe, welche nachfolgend außer Betracht bleiben) und Flugkörper schwerer als Luft. In dieser Kategorie werden seit ca. 80 Jahren überwiegend kolbenmotor- und gasturbinengetriebene Hubschrauber sowohl kommerziell als auch militärisch eingesetzt. Nachteile von Hubschraubern sind neben hohen Systemkosten, Lärm und Störanfälligkeit latente Gefahren im Bereich des Start und Landeplatzes, verursacht durch offene Rotoren. Im militärischen Bereich wurden Kampfflugzeuge mit Schubumlenkung (sogenannte Senkrechtstarter) entwickelt und in geringen Stückzahlen gebaut. Derzeit verfügen nur die US-amerikanische Kampfflugzeuge F35 über VTOL-Eigenschaften.

2

Eine Alternative zu Hubschraubern und Senkrechtstartern bilden elektrisch angetriebene Flugkörper mit VTOL-Eigenschaften in verschiedenen Konfigurationen. Die US-amerikanische Organisation „Vertical Flight Society“ (ehemals „American Helicopter Society;[https://vtol**.**org/](https://vtol.org/)) listet derzeit ca. 100 verschiedene Projekte im diesem Bereich auf. Erste Flüge mit Passagieren werden im kommenden Jahrzehnt erwartet. Der Fahrdienstleister Uber aus den USA, welcher mit verschiedenen Herstellern von VTOL-Flugkörpern im Gespräch ist, als auch der Entwickler und Hersteller Lilium aus Deutschland planen den Aufbau kommerzieller Netzwerke in Ballungsgebieten, vorwiegend in Form von online gebuchten Taxiflügen und streben hierbei auch vergleichbare Preise zu bodengebundenen Taxidiensten an.

Bisher wurden Flugkörper mit VTOL-Eigenschaften in folgenden Grundkonfigurationen entwickelt und als Modell oder in Originalgröße getestet:

* Kippflügel (Tilt-Wing) mit offenen Propellern (z. B. „Vahana“ von Airbus)
* Kipprotor (Tilt-Rotor) mit schwenkbaren Rotoren, Propellern oder Turbofans z. B. „Project Zero“ von Agusta Westland
* starre Anordung mehrerer Vertikalrotoren mit oder ohne Schubpropeller

(z. B. „Volocopter“ vom gleichnamigen Unternehmen)

* gemischte Anordungen von starren Vertikalrotoren und drehbar gelagerten Mantelpropellern (z. B. „Phantom Swift“ von Boeing)
* Starrflügel mit starr angeordneten Vertikalpropellern und Schub- oder Zugpropeller (z. B. „Cora“ von Kitty Hawk Aero)

Unter US20150274289A1 wurde durch die US-merikanische Firma Boeing ein Flugkörper mit zwei verschließbaren Vertikalrotoren im Rumpf und drehbar

gelagerten Mantelpropellern an den äußeren Enden der beiden Starrflügel patentiert (Projektname „Phantom Swift“). Auf- und Vortriebsaggregate sind getrennt. Die um mindestens 90° drehbar gelagerten Mantelpropeller liefern bei Start, Landung und Schwebeflug zusätzlichen Auftrieb. Die beiden Vertikalrotoren sind in Flugrichtung längs in den Rumpf eingebaut, zwischen ihnen befindet sich die Frachtkabine. Erste Flugtests mit einem Modell wurden ausgeführt.

3

Ebenfalls erste Flugtests hat die Firma Lilium (US20160023754A1 und DE102014213215A1) mit einem Modell in Originalgröße ihres Lilium-Jet für vier Passagiere durchgeführt. In einer Kipprotor-Konfiguration werden 24 elektrisch betriebene Turbofans je hälftig hinter den beiden Hauptflügeln in Reihe nebeneinander montiert und 12 Stück je hälftig hinter den beiden Vorflügeln. Die Turbofans sind um mindestens 90° schwenkbar, sodaß sie im Start- und -landevorgang den Auftrieb und im Horizontalflug den Vortrieb erzeugen. Als Energiequelle werden Batterien eingesetzt, die Fluggeschwindigkeit soll bis 300 km/h betragen und die Reichweite bei ca. 300 km liegen.

In der Patentschrift DE102012202698A1 wird ein Multicopter beschrieben und und unter dem Projektnamen „Volocopter“ von der gleichnamigen Firma entwickelt und in Originalgröße mit einem Piloten getestet, welcher den Auftrieb über eine Vielzahl von starr montierten elektrisch angetriebenen Vertikalrotoren und den Vortrieb über einen Schubpropeller erzeugt. Als Reichweite werden 30 km, als maximale Reisegeschwindigkeit 100 km/h angegeben.

Ein modulares System stellen die Firmen Airbus und Audi (<https://www.audi-mediacenter.com/de/pressemitteilungen/audi-airbus-und-italdesign-testen-flugtaxi-konzept-11019>) unter dem Projektnamen „Pop.Up“ vor. Es setzt sich aus einem elektrisch angetriebenen Flug-, einem Passagier- sowie einem Bodenmodul, ausgelegt als selbstfahrendes straßentaugliches Fahrgestell, zusammen. Flug- und Passagiermodul werden über einen Drehwarzenverschluss miteinander verbunden bzw. getrennt., das Flugmodul kann autonom fliegen. Das Passagiermodul dient somit sowohl als Passagierkabine im Flugbetrieb als auch als Fahrgastzelle im Fahrbetrieb.

Ebenfalls von der Firma Airbus entwickelt werden das Kippflügel-Konzept „Vahana“ mit je vier offenen Propellern am Vor- und Hauptflügel (<https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2018/02/vahana--the-self-piloted--evtol-aircraft-from-a--by-airbus--succ.html>) sowie der Quadcopter „City-Airbus“ (<https://www.airbus.com/innovation/urban-air-mobility/vehicle-demonstrators/cityairbus.html>), welcher den Auftrieb mittels acht koaxial angetriebener Vertikalrotoren in vier Umhausungen erzeugt.

4

Die Firma Kitty Hawk hat einen elektrisch angetriebenen Flugkörper entwickelt, in Originalgröße gebaut und getestet, welcher starre Vertikalrotoren an zwei Starrflügeln mit einem Schubpropeller kombiniert (<https://cora.aero/press/>).

Die Firma Alakaì aus den USA hat unter dem Projektnamen „Skai“ (<https://skai.co/>) einen sechsrotorigen Multicopter entwickelt, welcher die Elektroenergie für den Antrieb der Rotoren aus Brennstoffzellen bezieht. Die Fluggeschwindigkeit soll 190 km/h, die Nutzlast 500 kg und die Reichweite ca. 600 km betragen. Erste Tests sind für das Jahr 2020 geplant.

Alle derzeitigen Projekte für elektrisch angetriebene Flugkörper mit VTOL-Eigenschaften sind auf spezielle Einsatzzwecke ausgerichtet, vorzugsweise für den Personentransport im Ultra-Kurzstreckenbetrieb. Da diese Flugkörper überwiegend batteriebetrieben sind, ist bei der derzeit praktisch erzielbaren Energiedichte von Batterien eine Reichweite größer als 300 km mit wirtschaftlich vertretbaren Nutzlasten schwer erzielbar. Das „Skai“-Projekt zeigt jedoch das Potential des Einsatzes von Brennstoffzellen auf. Darüber hinaus sind (mit Ausnahme des Projekts „Pop.Up“) die Frachtkabinen nicht austauschbar, die Flugkörper können sich am Landeort nicht eigenständig oder nur eingeschränkt bewegen und sie können nicht in Hanglagen oder unter anderen schwierigen Geländebedingungen starten oder landen. Darüber hinaus lassen sie sich nicht miteinender zu einer größeren Transporteinheit verbinden. Daß man derartige Verbundflugkörper jedoch fliegen und steuern kann, wurde bereits im Laborstadium u. A. von der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich in praktischen Versuchsreihen nachgewiesen.

Die o. a. Problemstellungen wurden mit der vorliegenden Erfindung dahingehend gelöst, daß die Basismodule den modularen Aufbau von den jeweiligen Einsatzanforderungen angepassten Flugkörpern sowie deren Verbindung zu Verbundflugkörpern ermöglicht, wodurch ein vielseitiges, sicheres und zuverlässiges Lufttransportsystem aufgebaut werden kann. Es stellt wesentlich geringere Anforderungen an die Infrastruktur als straßen- und schienengebundene Transportsysteme oder Flugzeuge. Durch die Nutzung von baulich angepassten Dachlandeplätzen und ebenerdig bereits vorhandenen Parkflächen, Industriebrachen

5

oder Flugplätzen entsteht kein zusätzlicher Flächenverbrauch. Flachdächer, welche sich mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand in Dachlandeplätze umgestalten lassen, stehen auf Büro- und öffentlichen Gebäuden sowie Verkehrsknotenpunkten in den Innenstädten und an den Peripherien der Städte auf Gebäuden in Gewerbegebieten sowie Logistik- und Einkaufszentren zur Verfügung. Die

Investitionskosten refinanzieren sich über Start- und Landegebühren. Das derart entstehende Transportsystem kann somit die bereits existierenden Systeme ökologisch nachhaltig und ökonomisch sinnvoll ergänzen.

Die Energieträger für die Brennstoffzellen, hier insbesondere Wasserstoff, können mittels regenerativer Energien wie Windkraft oder Solarenergie erzeugt werden, die hierzu notwendigen Speicherverfahren werden derzeit zur Industriereife geführt oder haben diese bereits erlangt. Beispiele hierfür sind die Verwendung von Dibenzyltoluol als Wasserstoffträger oder die Komprimierung bzw. Verflüssigung des Wasserstoffs am Ort seiner Herstellung. Ebenso werden Brennstoffzellen entwickelt, getestet und teils auch bereits in Serie gebaut, welche Methanol und höherkettige Alkohole als Energieträger nutzen. Gleiches trifft auf moderne Fertigungsmethoden (hier insbesondere den 3D-Druck) zu, welche die kostengünstige Fertigung kleinerer Serien als auch die Skalierbarkeit aller Komponenten des Systems ermöglichen. Das auf den Basismodulen aufgebaute Lufttransportsystem ist somit wirtschaftlich wesentlich anpassungsfähiger, effektiver und ökologisch nachhaltiger als die bisher existierenden Transportsysteme. Das System eignet sich somit neben dem individuellen Personentransport unter Anderem für dezentrale, 3D-druckbasierte Produktionseinheiten mit kurzen Lieferzeiten zum Endkunden, medizinische und Pflegedienste, sanften Tourismus, Brandbekämpfung, Katastrophenhilfe sowie Expressgut- und Frischedienste. Die Vielseitigkeit des Systems, seine Wirtschaftlichkeit und ökologische Nachhaltigkeit können darüber hinaus zu einer verbesserten Verbindung von Ballungsgebieten und dem ländlichen Raum und somit zu einer Entspannung der prekären Verkehrs- und Wohnraumsituation in Ballungsgebieten führen.

6

Sowohl das einrotorige Basismodul 1 nach Anspruch 1 (Z1 bis Z4) als auch das zweirotorige Basismodul 1 nach Anspruch 2 (Z5 bis Z7) sind strukturell und geometrisch so gestaltet, daß unter Verwendung standardisierter Ein- und Anbauteile, Baugruppen und Module sowohl komplette Einzelflugkörper für den individuellen Eisatz als auch Verbundflugkörper für den gekoppelten Einsatz erstellt werden können. Die Basismodule und die Anbauteile, Baugruppen und Module können im 3D-Druckverfahren in Kombination mit herkömmlichen Produktionsverfahren aus geeigneten Materialien, vorzugsweise kunststoffbasierten Verbundwerkstoffen, kostengünstig gefertigt werden. Die Flugkörper sind für Flughöhen bis ca. 4.000 Meter ausgelegt, um auf einen Druckausgleich weitgehend verzichten zu können. Die Beheizung der Basis- und Transportmodule erfolgt elektrisch.

Die Basismodule und die darauf aufbauenden Flugkörper sind auf höchstmögliche Betriebs- und Havariesicherheit ausgelegt. Alle rotierenden Teile befinden sich in Umhausungen, was sowohl der Sicherheit der Passagiere beim Ein- und Aussteigen als auch der Sicherheit beim Starten und Landen in der Nähe von Drahthindernissen, Bäumen, Funkmasten, Ruinen und ähnlichen Gefahrenquellen dient. Alle Basismodule lassen sich mit vier kleineren Notfallschirmen ausstatten. Diese bieten bei niedrigerer Öffnungshöhe eine höhere Ausfallsicherheit als ein großer Notfallschirm. Darüber hinaus dienen die ausgefahrenen Standbeine in Kombination mit Airbags an der Unterseite der Personen- und Frachtmodule als Aufprallschutz bei Notlandungen.

Die Basismodule bilden das Grundelement der modular aufgebauten und elektromotorisch angetriebenen Flugkörper. Die für den Antrieb notwendige Elektroenergie wird durch Brennstoffzellen 71 bereitgestellt. Als Energieträger können Wasserstoff, Methan, Methanol oder andere geeignete Stoffe eingesetzt werden. Die Dimensionierung der Kraftstofftanks 2 ermöglicht Reichweiten bis ca. 1.000 km, die optimale Fluggeschwindigkeit der Einzelflugkörper liegt bei ca. 150 bis 250 km/h. Im Kranbetrieb kann diese Geschwindigkeit bis auf Schrittgeschwindigkeit reduziert werden. Bei Montage- und anderen Arbeiten können die Flugkörper in der Standschwebe gehalten und präzise gesteuert werden.

7

Die Basismodule nach Z1 bis Z7 sind so strukturiert und gestaltet, daß sie mindestens folgende Anbauteile, Baugruppen und Module aufnehmen können:

* Kraftstofftanks 2
* Brennstoffzellen 71
* schwenkbare Flügel 54 - 56 (Z12; Fig. 43 bis 48)
* drehbar gelagerte Antriebseinheiten 62; 63 (Z13; Fig. 49 bis 56)
* starr montierte Vertikalpropeller 72; 73
* Signal-, Sensor- und Steuereinheiten, Autopiloten 87
* Notfallschirme 86
* Schließklappen für die Öffnungen der Vertikalrotoren 57 – 60

(Z11; Fig. 35 bis 42)

* Höhenruder 75
* bewegliche Standbeine 78 – 85 (Z14; Fig. 57 und 58)

Transportrahmen nach Z8 und Z10 sowie Verbindungs- und Stabilisierungs-einheiten nach Z9 werden extern angebracht.

Die hängende Konfiguration der auf den Basismodulen beruhenden Flugkörper mit Transportmodulen unterhalb der tragenden Basismodule dient neben einer stabilen Fluglage auch der Abschirmung insbesondere der Passagierkabinen gegen Blitzschläge, wozu die Basismodule über ein integriertes Blitzschutzsystem 108 verfügen.

Der Auftrieb im Start- und -landevorgang (Z18; Fig. 83) wird von starr montierten Vertikalrotoren 72; 73 (Z14; Fig. 59) erzeugt, den Vortrieb im Horizontalflug erzeugen drehbar gelagerte Antriebseinheiten 62; 63; 64 (Z13; Fig. 49; 50). Die Vertikalrotoren 73 und deren elektromotorischer Antrieb 72 werden in einem Rahmen 69; 70 (Z14; Fig. 60) montiert und mit dem Basismodul 1 in Montageöffnungen 9 verbunden.

Die Basismodule 1 (Z1; Fig. 1 und 2; Z5; Fig. 10 und 11) weisen im Längsschnitt ein gutmütiges Tragflächenprofil auf (Z2; Fig. 4), wodurch im Horizontalflug bei Geschwindigkeiten von 150 bis 250 km/h hoher Auftrieb erzeugt wird und dessen Dicke den Einbau von Vertikalrotoren ermöglicht. Die Montageöffnungen 20 für die

8

Vertikalrotoren 73 werden im Horizontalflug mittels eines längs in Flugrichtung eingebauten Klappensystems 111 geöffnet und gechlossen.

Die Lagerung des Energieträgers zur Versorgung der Brennstoffzellen erfolgt in fest verbauten Tanks 2 oder Wechseltanks 74. Diese sind beim einrotorigen Basismodul 1 separat oberhalb der Öffnung 20 für den Vertikalrotor 73, beim zweirotorigen Basismodul 1 im oberen Mittelteil zwischen den Vertikalrotor-öffnungen20angeordnet. Die Montageräume21 für dieBrennstoffzellenstapel 71 befinden sich beim einrotorigen Basismodul in den Flügelstummeln 6(Z3; Fig. 7), beim zweirotorigen Basismodul im Mittelteil seitlich unterhalb des Tanks für den Energieträger 2in den Flügelwurzeln (Z6; Fig. 13).

Zur Erhöhung des Auftriebs der Basismodule im Horizontalflug verfügen diese an den seitlichen Flügelstummeln6über Halterungen3für schwenkbare ein- oder mehrteilige Tragflächen 54 – 56(Z12; Fig. 43 bis 48) mit Montageöffnungen 4 für die Schwenkachsen der Flügel und Montageöffnungen 5für Arretierbolzen zum Fixieren der Tragflächen in der Flugposition. Das Schwenken der Flügel erfolgt mittels Stellmotoren in den Flügelhalterungen3.An der Hinterseite der Basismodule sind Montageöffnungen 8; 19 für die Höhenruder eingearbeitet.

In der Start- und -landeposition (Z18; Fig. 83 und Z27; Fig. 92) werden die Schließklappen57 – 60 (Z11; Fig. 35 bis 42) senkrecht gestellt, um die Vertikalrotoren22; 73freizugeben.Gleichzeitig werden die Tragflächen54 - 56(Z12; Fig. 43 bis 48) auf ca. 45° Außenposition geschwenkt, wodurch die seitlichen Antriebseinheiten 62 in die senkrechte Position gedreht werden können. Beim zweirotorigen Basismodul sowie beim paarweisen Verbund der einrotorigen Basismodule werden darüber hinaus die Heck-Mantelpropeller63in die Senkrechte gedreht. Weiterhin werden beim zweirotorigen Basismodul die Klappen60 (Z11; Fig. 41 und 42)des starr eingebauten Front-Mantelpropellers22geöffnet. Dieser dient sowohl der Erhöhung der Startleistung als auch der Balance des Flugkörpers um die Querachse im Start- und -landevorgang sowie in der Standschwebe.

9

Im Startvorgang bleiben die Schließklappen geöffnet und die drehbaren seitlichen Antriebseinheiten 62; 63werden nach dem Abheben zur Beschleunigung in Flugrichtung schrittweise in die horizontale Position gedreht. Gleichzeitig werden die Flügel gestreckt und in eine horizontale Position gebracht, wo sie in den Halterungen 3 mittels Schließbolzen 90 in den Arretieröffnungen 5 verriegelt werden. Nach Erreichen einer Fluggeschwindigkeit, welche für den stabilen Horizontalflug ausreichend ist, werden zuerst die oberen Schließklappen geschlossen und über Arretierbolzen 90 (Z15; Fig. 70) in den Arretieröffnungen16der Basismodule verriegelt. Danach werden die Vertikalrotoren abgeschaltet, die unteren Schließklappen in gleicher Weise geschlossen und die beweglichen Standbeine103 in die waagerechte Flugposition gebracht.

Der Übergang vom Horizontalflug in die Landeposition beginnt mit dem Ausfahren der Standbeine 103. Anschließend werden zuerst die oberen Schließklappen geöffnet, danach die Vertikalrotoren eingeschalten und die unteren Schließklappen geöffnet. Erst nachdem die Vertikalrotoren auf volle Leistung gebracht wurden erfolgt die Entriegelung der Tragflächen und deren stufenweises Einklappen, wobei beim zweiteiligen Flügel der Außenflügel 56 in der waagerechten Position bleibt. Danach werden die drehbaren seitlichen Antriebseinheiten schrittweise in die senkrechte Position gedreht und der Flugkörper landet senkrecht. Die Reduzierung der Horizontalgeschwindigkeit auf nahe null km/h erfolgt anfangs über den Luftwiderstand und nach Erreichen der vollen Leistung der Vertikalrotoren über eine abgewinkelte Stellung der drehbaren seitlichen Antriebseinheiten gegen die Flugrichtung, wodurch ein Schubumkehr-Effekt in Kombination mit Auftrieb erzeugt wird.

In der Flugposition erfolgt die Steuerung der Flugkörper um die Querachse (Nicken) mittels der heckseitig angebrachten Höhenruder 75, die Steuerung um die Hochachse (Gieren) mittels der drehbar gelagerten Steuerklappen66; 67an den seitlichen und hinteren Antriebseinheiten62; 63und die Steuerung um die Längsachse (Rollen) mittels eines kombinierten Einsatzes beider Steuereinrichtungen. Die Steuerbarkeit des Flugkörpers in der Standschwebe (z. B. bei Montagearbeiten oder im Feuerlöscheinsatz) sowie im Start- und -landevorgang erfolgt mittels der drehbar gelagerten Steuerklappen66; 67an den seitlichen und

10

hinteren Antriebseinheiten 62;63. Deren Einsatz gestattet auch Vor-, Rück- und Seitwärtsbewegungen, wodurch präzise und sichere Landungen auch unter schwierigen Wetter- und Geländebedingungen möglich sind.

Zum Abstellen der Flugkörper für Wartungs-, Reparatur oder Montagearbeiten (z. B. Austauschen der Frachtkabinen) oder während Flugpausen werden die schwenkbaren Tragflächen (Z12; Fig. 43 bis 48) und Höhenruder75 (Z15; Fig. 61 und 62)in die Parkstellung (Z17; Fig. 77 und 78; Z26; Fig. 91) gebracht, wodurch der Raumbedarf in der Parkposition gering gehalten wird und die Flugkörper eine geringere Angriffsfläche für Böen und Turbulenzen auf den Abstellflächen sowie den Start- und -landeplätzen bieten. Die Basismodule weisen darüber hinaus Montageöffnungen17 (Z1; Fig. 2 und Z5; Fig. 11)für Anker93 (Z15; Fig. 76) auf, welche die Flugkörper in der Parkposition an geeigneten Haltepunkten fixieren können.

Die Basismodule verfügen über Montagepunkte27für bewegliche Standbeine 103, wie sie aus der Robotik bekannt sind, um die Flugkörper am Boden in die Lage zu versetzen, eigenständig die Standposition zu wechseln und sich verschiedenen Bodenbedingungen anzupassen. Beim zweirotorigen Basismodul (Z5; Fig. 11) liegen diese Montagepunkte27direkt am Modulkörper 1.Beim einrotorigen Basismodul sind diese Montagepunkte27am Zentralrahmen (Z8; Fig. 16) in die Adapter35 für die Flügelstummel6integriert. Die periphere Anordung dient der Erhöhung der Aufstandsfläche und somit der Stabilität am Boden. Höhenverstellbarkeit und Beweglichkeit ermöglichen die Anpassung an schwierige Bodenbedingungen am Landeplatz (z. B. Geröll, Trümmer, Überflutungen bis ca. einem Meter, Hanglagen bis ca. 30° Neigung, Buschland). Diese Eigenschaften sind insbesondere bei Rettungseinsätzen und in der Katastrophenhilfe, aber auch im Bereich des sanften Tourismus oder im militärischen Einsatz von Bedeutung.

Die Basismodule sowie die daraus gebildeten Flugkörper nehmen mehrere, voneinander unabhängige Sicherheitssysteme auf. Auf der Oberseite der Basismodule befinden sich vier Montageöffnungen 10für Notfallschirme 86, welche im Fall einer Havarie während des Fluges einen unkontrollierten Absturz des Flugkörpers verhindern. Zusätzlich können Passagier- und Frachtmodule

11

(Z16; Fig. 77) an der Unterseite mit Airbags88(Z15; Fig. 71) ausgerüstet werden, welche eine harte Landung trotz Notfallschirmen zusätzlich abdämpfen.

Da die Flugkörper überwiegend aus kunststoffbasierten Verbundwerkstoffen bestehen und die Flugkörper im unteren Luftraum bis ca. 4.000 Meter Höhe operieren, wird in die Basismodule ein Blitzschutzsystem 108, vorzugsweise in Form eines aus metallischen Leiterbahnen bestehenden Schleifenrahmens, integriert. Dieses Blitzschautzsstem108verläuft von den vier Spitzen der Tragflächen-halterungen3 zu den Scheitellininien oberhalb der Bauräume für die Tanks oder Energiespeicher2, beim zweirotorigen Basismodul weiter bis in die Spitzen der Heckpylone für die drehbare Heck-Antriebseinheit 63.

Der Sicherheit im Flugbetrieb dienen weiterhin die Schutzkörbe68(Z13; Fig. 51)für die drehbaren Antriebseinheiten 62 und 63.

Basismodule und darauf aufbauende Einzel- und Verbundflugkörper sind für den autonomen Flug ausgelegt. Entsprechende Flugleitsysteme befinden sich international in der Entwicklung und beruhen in der Regel auf einer Kombination verschiedener optischer und elektronischer Systeme zur Positionsbestimmung und Orientierung. Die Basismodule verfügen daher über Montageöffnungen14; 15; 28 (Z1; Fig. 1 und 2 sowie Z5; Fig. 10 und 11) für alle notwendigen Signal-, Sensor- und Steuereinheiten 13; 87; 92(Z15; Fig. 63 bis 66). Bis zur vollen Einsatzreife autonomer Systeme können auch Piloten und menschliche Assistenzsysteme zum Einsatz kommen, wie sie derzeit bei militärischen Drohnen gebräuchlich sind.

Für Transportaufgaben im Einzelbetrieb werden die einrotorigen Basismodule mit Rahmen (Z8; Fig. 16 bis 18) kombiniert, welche das Passagier- oder Frachtmodul (Z16; Fig. 77 und 78) aufnehmen. Hierbei wird die Last des Passagier- oder Frachtmoduls auf den Zentralholm 40und über die schalenförmigen Adapter 35auf die Flügelstummel 6des Basismoduls übertragen. Zur Stabilisierung des Passagier- oder Frachtmoduls rastet der Querholm 41in der Montagenut 18des Modulchassis ein. Zusätzliche Stabilität und Sicherheit bringt der hintere Holm 42; 43; 44, welcher über den Montagezylinder 45mit dem Gehäuse 51am Modulchassis49; 53verbunden wird. In die Unterseite des Modulchassis ist eine Montageöffnung52eingearbeitet, welche sowohl den Zentralholm40als auch einen Radkasten48

12

(Z15; Fig. 74) für ein Stützrad46 (Z15; Fig. 75) aufnimmt. Dieses entlastet den Rahmen und die Standbeine im Bodenbetrieb. In den schalenförmigen Adaptern 35 befinden sich Montageöffnungen7, durch welche die seitlichen drehbaren Antriebseinheiten 62mit den Flügelstummeln verbunden werden.

Maximales Startgewicht und Nutzlast jedes auf den Basismodulen aufbauenden Flugkörpers sind ebenso begrenzt wie die Dimensionen der Nutzlast selbst. Zur Erweiterung des Einsatzspektrums ist es somit zweckmäßig, die Basismodule zu leistungsfähigeren Verbundflugkörpern zu verbinden. Die Basismodule sind daher so konstruiert, daß sie über Verbindungs- und Stabilisierungselemente (Z9; Fig. 19 bis 28; Z10; Fig. 29 bis 34) in verschiedenen geometrischen Anordungen miteinander zu Verbundflugkörpern verbunden werden können, was sowohl den Transport schwererer als auch größerer Nutzlasten ermöglicht als dies mit Einzelflugkörpern möglich wäre. Einsatzgebiete sind daher insbesondere der Industriebau (z. B. industriell vorgefertigte Baugruppen wie Rohrleitungs- oder Brückensegmente, Antennenmaste), die Katastrophenhilfe (z. B. Wohn- und Sanitärcontainer, Wasseraufbereitungsanlagen oder Behelfsbrücken) oder die Brandbekämpfung mittels spezieller Löschplattformen.

In der Tandemformation des einrotorigen Basismoduls (Z21; Fig. 86) entfallen der hintere Holm44und die beiden Höhenruder75am vorderen Basismodul sowie die Front-Signal-, Sensor- und Steuereinheit87am hinteren Basismodul. In die freien Montageöffnungen8der Höhenruderdes vorderenBasismoduls wird ein hufeisenförmiger Horizontalrahmen24(Z9; Fig. 22) eingesetzt und über ein Passstück32mit dem hinteren Basismodul über die Montageöffnung 15verbunden. Beide Zentralrahmen (Z8; Fig. 16)und der hintere Stützholm44werden montiert, wobei der vordere Querholm41durch eine darauf ausgelegte Öffnung im Frachtmodul geführt werden muss. Alternativ kann der Zentralholm so ausgelegt werden, daß der Querholm separat montierbar ist. In dieser Konfiguration können lange Frachtmodule für spezielle Einsatzzwecke wie Ambulanzeinsätze mit mehreren Krankentragen in Längsrichtung transportiert werden. Die Fluggeschwindigkeit der Tandemformation kann nahe der Fluggeschwindig-keit der Einzelflugkörper von 150 bis 250 km/h liegen, die Reichweite ebenso.

13

In der Paarformation (Z20; Fig. 85) werden die beiden einrotorigen Basismodule mittels eines Zwischenrahmens 100(Z10; Fig. 30) mit zwei formschlüssigen Adaptern 35über die innenliegenden Flügelstummel 6verbunden. In den Rahmen ist eine Basis25zur Aufnahme von Halteklauen 37(Z10; Fig. 34a) integriert, welche so dimensioniert sind, daß sie die Oberteile (Dome) 95der Passagier- und Frachtmodule (Z16; Fig. 80) erfassen. Die Halteklauen werden durch Stellmotoren bewegt und über Schließbolzen verriegelt. Die Paarformation wird darüber hinaus durch einen Brückenrahmen38 (Z9; Fig. 23) und einen Sattelrahmen31(Z9; Fig. 21) stabilisiert. Der Brückenrahmen38verbindet die paarweise angeordneten Tragflächenhalterungen 3(Z1; Fig. 1) auf der Oberseite der Basismodule. Der Sattelrahmen31wird mittels Adaptern 30 mit den beiden Basismodulen über die freien Montageöffnungen8der beiden inneliegenden Höhenruder verbunden, die beiden äußeren Höhenruder werden zur Steuerung der Paarformation montiert. Ebenfalls an den Außenseiten der Formation wird je eine drehbare Antriebseinheit62(Z13; Fig. 53) und in die Montageöffnungen7des Sattelrahmens31(Z9; Fig. 21) eine drehbare Antriebseinheit 63(Z13; Fig. 54) für die Heckmontage montiert. In dieser Konfiguration können kompakte und schwere Frachten wie Notstromaggregate oder Wasseraufbereitungsanlagen in Katastrophengebiete befördert werden. Reichweite und Fluggeschwindigkeit dieser Formation liegen im Bereich der Einzelflugkörper.

Die Verbindung von vier Basismodulen im Rechteckverbund (Z22; Fig. 87) erfolgt über einen längs in Flugrichtung eingebauten Zwischenrahmen101mit Halteklauenbasis 25, formschlüssigen Adaptern35 und Verbindungspaneelen98(Z10; Fig. 31 bis 34). Analog zur Paarformation werden das vordere und das hintere Basismodulpaar mittels Brückenrahmen 38über die Tragflächenhalterungen 3verbunden. An den Außenseiten werden vier drehbare Antriebseinheiten62in formschlüssigen Schalenrahmen (Z9, Fig. 20) montiert, an welchen auch die beweglichen Standbeine andocken. Zur Erhöhung der Steifigkeit des Systems in der Längsrichtung können Rohrrahmen 99(Z9; Fig. 19) in die Montageöffnungen4der Tragflächen-halterungen 3eingebaut werden. Diese Konfiguration ermöglicht den Transport und / oder die Montage großer und sperriger Frachten wie z. B. Antennen- oder Starkstrommasten. Nachteile dieser Formation sind die niedrige Fluggeschwindigkeit und der hohe Treibstoffverbrauch.

14

Die Verbindung von vier einrotorigen Basismodulen zu einer Rhombusformation (Z23; Fig. 88) erfolgt mittels formschlüssiger Schalenrahmen (Z9; Fig. 20) in Kombination mit Rohrrahmen99 (Z9; Fig. 19). Hierbei werden die Adapter 35wechselseitig auf je drei Flügelstummel 6aufgesetzt und die Rohrrahmen 99in die Montageöffnungen4 der Tragflächenhalterungen3 eingebaut. In dieser Konfiguration können insgesamt acht drehbare Antriebseinheiten62montiert werden. Frachten, Fluggeschwindigkeit und Treibstoffverbrauch sind analog zur Rechteck-formation zu kalkulieren. Darüber hinaus kann diese Formation in Kombination mit einem Montagerahmen als fliegender Kran im Industriebau oder zum Transport von Spezialplattformen wie z. B. Feuerlöschplattformen eingesetzt werden.

Die Verbindung von sechs einrotorigen Basismodulen (Z24; Fig. 89) erfolgt mittig in Flugrichtung unter Verwendung eines Zwischenrahmens 101(Z31 bis 34) und zweier Brückenrahmen 38analog der Rechteckformationin Kombination mit zwei formschlüssigen Schalenrahmen nach Z9; Fig. 20 sowie zwei Rohrramen99analog zur Rhombusformation. Es können acht drehbare Antriebseinheiten mit und ohne Steuerklappen montiert werden. Auch diese Formation kann z. B. als fliegender Kran im Industriebau eingesetzt werden. Analog den Kraneinsätzen der Formationen mit vier einrotorigen Basismodulen ist die Fluggeschwindigkeit niedrig und der Treibstoffverbrauch hoch, was jedoch durch wirtschaftliche Vorteile gegenüber bodengestützten Systemen ausgeglichen wird.

Die zweirotorigen Basismodule (Z5 bis Z7; Fig. 10 bis 15) sind so aufgebaut, daß neben den beiden seitlichen drehbaren Antriebseinheiten 62eine dritte drehbare Antriebseinheit 63am Heck zwischen zwei Heckpylonen23montiert werden kann. Im Einzelbetrieb sind keine Rahmen zur Lastaufname (Z8; Fig. 16 bis 18) wie beim einrotorigen Basismodul notwendig, da hier die Last mittels Halteklauen 37(Z10; Fig. 34a) erfasst wird. Diese Halteklauen 37werden in der Halteklauenbasis25 (Z5; Fig. 11) schwenkbar gelagert und in der Halte- und Transportposition mit dieser verriegelt. Die Dome95der Passagier- und Frachtmodule 53(Z16; Fig. 80) sind so gestaltet, daß hoher Form- und Kraftschluß im verriegelten Zustand der Halteklauen 37gewährleistet ist. Die vier Haltearme 96werden passgenau in die

15

Aufnahmeschächte26 der Basismodule (Z5; Fig. 11) eingesetzt und mit dem Modulkörper 1verriegelt.

Die Einnahme der Park- (Z26; Fig. 91) sowie der Start- und Landeposition (Z27; Fig. 92) und die Bewegung am Boden erfolgen in der gleichen Reihenfolge wie bei den Flugkörpern, welche auf dem einrotorigen Mehrzweckflügelkörper beruhen; ebenso der Start, die Landung sowie die Übergänge vom Vertikal- in den Horizontalflug und umgekehrt.

Auf Grund der Integration des Kraftstofftanks2 in den Modulkörper1 (Z6; Fig. 13) steht bei den zweirotorigen Mehrzweckflügelkörpern der gesamte Rotordurchmesser für das Einschwenken von schwenkbaren Traglächen (Z12; Fig. 43 bis 48) in die Parkposition zur Verfügung (Z26; Fig. 91), wodurch auch einteilige schwenkbare Tragflächen 54(Z12; Fig. 43) zur Verbesserung der aerodynamischen Eigenschaften der Flugkörper eingesetzt werden können.

Die zweirotorigen Mehrzweckflügelkörper sind analog zu den einrotorigen Mehrzweckflügelkörpern geometrisch und konstruktiv so ausgelegt, daß sie mittels Verbindungs- und Stabilisierungseinheiten zu Verbundflugkörpern verbunden werden können.

In Abbildung Z28; Fig. 93 werden zwei zweirotorige Mehrzweckflügelkörper (Basismodule) in einer Tandemformation beim Transport eines Rohrleitungs-segments102dargestellt. Die Kopplung der beiden Basismodule erfolgt hier mittels eines Verbindungselements (Z9; Fig. 25) mit zwei elastischen Verbindungskörben 34aus gegenläufig verwundenen Faserbündeln. Das Rohrleitungssegment sorgt in diesem Anwendungsbeispiel für zusätzliche Stabilität des Systems beim Lastentransport. Die Tandemformation ermöglicht Fluggeschwindigkeiten von ca. 150 bis 200 km/h bei niedrigem Treibstoffverbrauch.

Der Verbund von drei zweirotorigen Basismodulen zu einer Dreieckformation ist in Abbildung Z29; Fig. 94 dargestellt. In dieser Formation werden die Basismodule über Verbindungsholme 36(Z9; Fig. 26 und 27), Brücken-rahmen 38(Z9; Fig. 23) und Doppelschalenrahmen100(Z10; Fig. 30) miteinander verbunden. Die

16

Halteklauenbasis des Doppelschalenrahmens 100liegt in Linie zur Halteklauenbasis25des vorderen Flugkörpers, wodurch lange Lasten transportiert werden können. Die optimale Fluggeschwindigkeit dieser Formation liegt bei ca. 150 bis 200 km/h bei niedrigem Treibstoffverbrauch.

Die Basismodule sowie die Verbindungs- und Stabilisierungselemente ermöglichen ebenso den Aufbau von Verbundflugkörpern, welche auf mehr als sechs Basismodulen beruhen.

Das oben beschriebene, modular aufgebaute Lufttransportsystem, welches auf den Mehrzweckflügelkörpern nach Anspruch 1 bis 3 beruht, entspricht den Erfordernissen der gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und klimatischen Entwicklungen der Gegenwart. Es ermöglicht schnelles Reagieren auf Folgen des Klimawandels ebenso wie effiziente und schnelle Transporte im Rahmen einer dezentralisierten und individualisierten Produktion von Gütern. Darüber hinaus dient es als komplementäres System zu den bestehenden Transportsystemen in sich zunehmend verdichtenden Ballungsgebieten. Herstellung und Betrieb des Systems können klimaneutral gestaltet werden.