

eMotionSpheres

FESTO



**Kollisionsfreies
Bewegen autonomer
Systeme im Raum**

Flugobjekte mit bionischem Antrieb – individuell und im Kollektiv



Kreuz und quer schweben die acht weißen Kugeln über den Köpfen ihrer Betrachter, ehe aus den Zufallsbewegungen eine sortierte Formation entsteht, die erst einen Kreis und dann eine Acht abfliegt. Plötzlich löst sich eine der Kugeln und die anderen folgen ihr wie Perlen an einer Schnur. Die perfekte Linie geht in eine geflogene Sinuskurve über, bis die Kugeln wieder einen Kreis bilden.

Die Flugmanöver in einer Raumhöhe von drei bis sechs Metern sind Teil einer aufwendigen Choreografie, die Festo unter dem Namen eMotionSpheres präsentiert.

Einzigartiges und hoch effizientes Antriebssystem

Jede der acht Kugeln hat einen Durchmesser von 95 cm und ist mit Helium gefüllt. Sie werden jeweils von acht kleinen Propellern angetrieben, die an ihrer Außenhülle angebracht sind. Die Antriebe sind adaptiv, sorgen für den gleichen effizienten Schub in Vorwärts- wie in Rückwärtsrichtung und stellen damit bei Flugobjekten eine absolute Neuheit dar. Zusammen mit dem Kamerasystem und einer intelligenten Steuerung ermöglichen sie die unterschiedlichsten Flugmanöver – auch ohne menschlichen Piloten.



Absolutes Novum: der adaptive Propeller der ultraleichten Flugobjekte

Indoor-GPS zur exakten Lokalisierung

Mit der Installation zeigt Festo ein Leit- und Monitoringsystem, wie es in der vernetzten Fabrik der Zukunft eingesetzt werden könnte. Zehn im Raum installierte Infrarotkameras erfassen die Kugeln über deren aktive Marker (vier Infrarot-LEDs) und leiten die Positionsdaten an einen zentralen Leitrechner weiter.

Auf dem Rechner liegen vorprogrammierte Pfade, die den Kugeln beim Formationsflug ihre Bahnen vorgeben. Dank zusätzlich hinterlegten Verhaltensmustern können sich die Kugeln aber ebenso autonom durch den Raum bewegen. Selbst in chaotischen Situationen kommt es zu keinen Zusammenstößen, da sie einander ausweichen. Die Kugeln lassen sich auch einzeln vom Menschen steuern und sind durch ihre Prozesssicherheit, den konsequenten Leichtbau und die nachgiebigen Propeller ungefährlich.

In die Konstruktion der adaptiven Propeller flossen die Erkenntnisse aus den Arbeiten zum BionicOpter ein. Die Entwickler führten das Flügelprinzip der künstlichen Libelle weiter und übertrugen es auf die einzigartigen Antriebe der Kugeln.



Modernste Infrarottechnik: exakte Positionsbestimmung der Kugeln



Wegweisendes Vorbild: das Flügelprinzip des BionicOpter, übertragen auf die Antriebstechnik der eMotionSpheres

Adaptive Propeller mit Profilveränderung

Wie die Flügel des BionicOpter bestehen die Propeller der Kugeln aus einem stabilen Rahmen, bespannt mit einer flexiblen Membran. Der lasergesinterte Rahmen ist einmal verwunden und bildet dadurch eine Acht. Da die Folie nicht absolut gestrafft ist, bläht sie sich zur einen oder zur anderen Seite auf – je nachdem, in welche Richtung sich der Propeller dreht. Dadurch entsteht ein passiver Effekt, wie er auch im Schlagflügel der künstlichen Libelle auftritt.

Identische Schubleistung in beide Richtungen

Auf jeder Kugel befinden sich acht dieser adaptiven Propeller, die als Antriebe dienen. Sie liefern sowohl vorwärts als auch rückwärts bis zu 42 Gramm Schub und sind dabei in beide Richtungen gleich effizient. Bisher gibt es das in nur sehr wenigen Anwendungen, beispielsweise in den schweren Ruderpropellern von Schiffen. Bei Flugobjekten ist diese effiziente Kombination von gleicher Schubleistung in zwei Richtungen sogar ein echtes Novum. Da die Propeller weniger als ein Gramm wiegen, lässt sich die Richtung nahezu ohne Verzögerung ändern.

Die acht Antriebe sind entlang des Äquators der Kugeln angebracht, vier von ihnen sind horizontal ausgerichtet. Sie ermöglichen es den Kugeln, rasant nach oben und unten zu fliegen, aufzusteigen oder abzusinken. Durch die vier vertikalen Propeller können sich die Kugeln waagrecht in alle Richtungen bewegen und sich um ihre vertikale Achse drehen.

Präzise Steuerung und Regelung

Vier der Propeller sind linksdrehend ausgeformt, die anderen vier rechtsdrehend. Dabei liegt stets ein linksdrehender Antrieb einem rechtsdrehenden gegenüber. So neutralisieren sich die Drehmomente und die Kugeln lassen sich bis auf einen Zentimeter genau in jede Raumrichtung steuern. Die Regelung der Kugeln selbst findet durch die Ansteuerung der acht Motoren dezentral statt.

Die entsprechende On-Board-Elektronik mit zwölf Prozessoren ist ebenso in den Kugeln verbaut wie die Funkeinheit, die Batterie und vier Power-LEDs, die zur optischen Unterstützung der Choreografie aufblitzen. Die vier Infrarotmarker zur Kommunikation mit den Kameras sind in die Hülle aus PE-PP-Folie eingelassen.



Horizontale Propeller: vertikales Fliegen, Aufsteigen und Absinken



Vertikale Propeller: horizontales Fliegen, Beschleunigen und Abbremsen



Intelligentes Monitoring: Das System ermöglicht sowohl den Formations- als auch den Individualflug der Kugeln

Exakte Positionsbestimmung dank Infrarottechnik

Die zehn Kameras sind so positioniert, dass sie den Flugraum gesamthaft abbilden und jede Kugel von mindestens zwei Kameras erfasst wird. Durch ihre speziellen Filter nehmen die Kameras nur Infrarotlicht auf und sind unempfindlich gegenüber anderem Licht. Anhand der vier Infrarot-LEDs auf der Außenseite jeder Kugel erkennen sie deren Position und Orientierung im Raum und können zudem die optisch identischen Flugobjekte unterscheiden.

Große Raumabdeckung bei niedrigem Stromverbrauch

Während passive Reflektoren erst angeleuchtet werden müssen, strahlen die aktiven Marker auf den Kugeln selbst das Infrarotlicht aus. Das Licht muss nur die Strecke zwischen Kugel und Kamera zurücklegen. Im Vergleich zu passiven Markern kann also ein größerer Raum mit der gleichen Anzahl an Kameras erfasst werden.

Die Marker leuchten nicht permanent, sondern blitzen nur für eine Millisekunde auf. Dadurch sind sie äußerst langlebig und energieeffizient. Synchronisiert mit dem Aufblitzen zeichnen die Kameras ein Bild auf, das sie an den Leitreechner senden.

Schnelle Kalibrierung des Systems

Um zu wissen, wo sich ein Flugobjekt im Raum befindet, muss der Rechner zuerst die Positionen der Kameras kennen. Die nötige Kalibrierung des Systems lässt sich schnell und einfach durchführen. Dazu fliegt eine manuell gesteuerte Kugel mit einem Messkreuz für etwa 15 Minuten frei durch den Raum und wird dabei von den Kameras erfasst. Durch die Aufzeichnung kann der zentrale Leitreechner die exakten Standorte und Ausrichtungen aller Kameras im Koordinatensystem rückberechnen.

Fortan fungiert er wie ein Fluglotse, der sowohl die Manöver als auch die freien Bewegungen der Kugeln koordiniert. Eine direkte Kommunikation zwischen den Kugeln findet dabei nicht statt.

Lange Flugzeiten durch autonomes Aufladen

Je nach Fluggeschwindigkeit, Tarierung und den geflogenen Manövern beträgt die durchschnittliche Flugdauer einer Kugel zwei Stunden. Da die Kugeln regelmäßig und autonom ihre Ladestationen ansteuern, können sie über mehrere Tage als Flugobjekt eingesetzt werden, ohne dass ein Mensch eingreifen muss.



Aktive Marker: Infrarot-LEDs zur Kommunikation mit den Kameras



Autonomes Ladeprinzip: selbstständiges Ansteuern der Ladestationen



Große Raumabdeckung: prädestiniert für den Einsatz als Indoor-GPS zur Kollisionsvermeidung im Arbeitsraum von morgen

Vernetzung der realen und der virtuellen Welt

In den Gedanken zur Produktion der Zukunft ist die Vernetzung allgegenwärtig; reale und virtuelle Welt wachsen weiter zusammen. Darüber hinaus werden verstärkt intelligente und flexible Komponenten zum Einsatz kommen. Festo arbeitet ganzheitlich an den grundlegenden Technologien und hat zugleich die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine im Blick.

Mit den eMotionSpheres zeigt Festo schon heute, wie mehrere Objekte dank vielfältiger Vernetzung kollisionsfrei im dreidimensionalen Raum koordiniert werden. Die Objekte und die Umgebung werden mittels Kamertechnik erfasst und virtuell auf dem Leitrechner abgebildet. Die daraus berechneten Aktionen werden an die Objekte zurückgesendet und dort dezentral umgesetzt.

Dadurch ist eine sichere Interaktion zwischen den Kugeln und dem Menschen gewährleistet, die neue Perspektiven für den Arbeitsraum der Zukunft schafft. Im Vergleich zu anderen Indoor-Flugobjekten müssen die Kugeln nicht abgeschirmt werden und können zudem deutlich länger in der Luft bleiben.

Monitoring- und Leitsystem für die Fabrik von morgen

Konkrete Anwendung könnte die Installation in der Produktionshalle der Zukunft finden. Vorstellbar ist der Einsatz als Monitoringssystem, das die Positionen von Produkten innerhalb der Fabrik ortet, auswertet und dadurch den Produktionsprozess verbessert. Im Bereich der Logistik könnte das System zur Funktionsüberwachung von kleinen Robotern oder Gabelstaplern dienen. Generell ist auch eine Nutzung als Leitsystem denkbar – ob für die Mitarbeiter in Produktionshallen oder für Besucher auf Messen, in Museen oder bei großen Indoor-Veranstaltungen.

Bereits heute werden in der Industrie Gegenstände mittels RFID-Technik nachverfolgt. Dabei wird ein Code von einem Transponder am markierten Objekt über elektromagnetische Wellen an ein Lesegerät übertragen. Mit den eMotionSpheres verfolgt Festo ein Konzept, bei dem die Objekte nicht nur erfasst werden, sondern auch aktiv auf verschiedene Situationen reagieren und sich sogar autonom bewegen können. Weitere Vorteile sind die vergleichsweise große Raumabdeckung, die energieeffiziente Arbeitsweise der Marker sowie die schnelle Inbetriebnahme des Systems.



Sicherer Umgang: gefahrlose Interaktion zwischen Mensch und Technik



Vernetztes Gesamtsystem: die Verschmelzung von virtueller und realer Welt



Technische Daten

- Installation: 10 Infrarotkameras, 1 Zentralrechner
- Kugelhülle:
 - Durchmesser: 95 cm
 - Material: 7-lagige, bidirektional gereckte PE-PP-Folie
 - Dicke/Gewicht: 25 μm / 27 g/m²
 - Aktive Marker: 4 Infrarot-LEDs

Integrierte Komponenten:

- 1 Hauptprozessor, 8 zur Ansteuerung der Motoren, 1 zur Zeitsynchronisation per Funk, 1 zur HOTT-Entschlüsselung, 1 für Kommunikation per ZigBee
- 8 bürstenlose Motoren zur Ansteuerung der Propeller
- IMU (Inertial Measurement Unit): 3 Gyroskope, 3 Beschleunigungssensoren, 3 Magnetometer
- Optische Blitzlichter: 4 Power-LEDs (je 2 x weiß und blau)
- Batterie: 2 Zellen Li.Po mit permanentem Condition Monitoring des Ladevorgangs und Ladezustandes

Propeller:

- Material: gesintertes Polyamid und transluzente PE-Folie
- Foliendicke/Gewicht: 5 μm / <1 g
- Schubleistung: in Vorwärts- sowie in Rückwärtsrichtung über 42 g bei 7,8 V und 2,2 A

Projektbeteiligte

Projektinitiator:
Dr. Wilfried Stoll, Geschäftsführender Gesellschafter,
Festo Holding GmbH

Projektleitung:
Dr.-Ing. Heinrich Frontzek, Dipl.-Des. Elias Knubben,
Festo AG & Co. KG

Konzeption und Fertigung:
Rainer Mugrauer, Günter Mugrauer,
Effekt-Technik GmbH, Schlaitdorf

Elektronik und Integration:
Dipl.-Ing. Agalya Jebens, Dipl.-Inf. Kristof Jebens,
Dr.-Ing. Clemens Rabe,
JNTec GbR, Gärtringen

Wissenschaftliche Betreuung:
Dr. rer. nat. Nina Gaißert,
Festo AG & Co. KG

Festo AG & Co. KG

Rüter Straße 82
73734 Esslingen
Deutschland
Telefon 0711 347-0
Telefax 0711 347-21 55
cc@de.festo.com
www.festo.com/bionik



→ Film