

AirPenguin

FESTO



**Eine Gruppe autonom
fliegender Pinguine**

Info

Im Luftmeer mit kollektivem Verhalten fliegen



Pinguine sind faszinierende Tiere, die in ihrer stammesgeschichtlichen Entwicklung als Seevögel das Fliegen verlernt haben. Die Ingenieure haben bei diesem Projekt mit den AirPenguins künstliche Pinguine geschaffen und ihnen das „autonome Fliegen im Luftmeer“ beigebracht. Das gelernte Wissen aus diesem Forschungsprojekt des Bionic Learning Network von Festo soll für die zukünftigen Anforderungen der Automation von Produktionsprozessen nutzbar gemacht werden.



AirPenguin – Technologieträger für adaptive Flügelschlagantriebe

Der AirPenguin ist ein autonom fliegendes Objekt, das in seiner Beweglichkeit und Wendigkeit seinem natürlichen Vorbild nahe kommt. Der AirPenguin besteht aus einem mit Helium gefüllten Ballonett, das ca. 1 cbm Helium fasst und somit ca. 1 kg Auftrieb erzeugt. Am vorderen und am hinteren Ende des Ballonetts ist jeweils eine pyramidenförmige, aus vier Kohlefaserstangen bestehende flexible Struktur angebracht. Die vier Kohlefaserstangen sind jeweils durch Ringe im Abstand von ca. 10 cm gelenkig miteinander verbunden. Die Ringe zusammen mit den Kohlefaserstangen ergeben eine 3D Fin Ray® Struktur, die sich in allen Raumrichtungen frei bewegen lässt. Die Fin Ray® Struktur ist eine von der Anatomie der Fischflosse übertragene Struktur, die hier erstmals auf räumliche Anwendungen erweitert wurde.

Die jeweils gegenüberliegenden Kohlefaserholme sind über Bowdenzüge und eine Doppelrolle miteinander verbunden und über ein Stellservo gegenläufig ein- und ausfahrbar. So entsteht eine spielfreie Drehung sowohl an der Nasenspitze als auch am Schwanzende des AirPenguins. Durch Überlagerung von zwei zueinander senkrecht stehenden Drehebene kann damit jede Neigung im Bewegungsraum realisiert werden.

Durch das Helium-Ballonett läuft ein Flügeltragholm, an dem die beiden Flügel anschließen. Es handelt sich hier um eine neuartige Flügelkonstruktion, mit der sowohl Vorwärts- als auch Rückwärtsschub erzeugt werden kann. Jeder Flügel wird mit insgesamt zwei Stellservos angesteuert: ein Schlagservo, das die Auf- und Abbewegung des Flügels realisiert und ein Stellservo für die Verstellung des Flügelholms zur Veränderung des Druckpunktes des Flügels. Des Weiteren gibt es ein zentrales Schwenkservo für beide Flügel, das den Schub des Flügelschlags nach oben bzw. unten lenkt und so ein Steigen oder Sinken der AirPenguins ermöglicht. Alle drei Servos werden proportional gesteuert. Das sichert eine stufenlose Steuerung der Schlagfrequenz, des Vorwärts- und Rückwärtsflugs sowie des Steig- und Sinkflugs.

Die gesamte Flügelkonstruktion besteht aus einem Flügelholm mit einem flachen flexiblen Flügel aus extrudiertem Polyurethanschaum. Der Flügelholm ist am Drehpunkt des Rumpfes gelagert und kann entweder zur Flügelvorderkante bzw. zur Flügelhinterkante bewegt werden. Die Verstellung des Flügelholms zur Flügelvorderkante hin bewirkt beispielsweise, dass der Druckpunkt des Flügels in den vorderen Bereich wandert. Der Flügel wird in seinem Querschnitt durch den Druck der Luft so gebogen, dass hieraus ein Flügelprofil entsteht, das Vorwärtsschub erzeugt. Wird der Flügelholm in Richtung der Flügelhinterkante gestellt, verlagert sich der Druckpunkt dorthin; der AirPenguin fliegt dann rückwärts. Es wurde mit dieser Konstruktion erstmals ein selbstregelnder, Flügeldruck gesteuerter, passiv verdrehender und adaptiver Flügel realisiert.



Heckpartie mit 3D Fin Ray® Struktur



AirPenguin – Autonome selbst steuernde Systeme mit kollektivem Verhalten

Die AirPenguins sind darüber hinaus mit komplexen Navigations- und Kommunikationseinrichtungen ausgestattet. Das erlaubt ihnen autonom oder nach vereinbarten Regeln ihr „Luftmeer“ auf eigene Faust zu erkunden.

Das Projekt dahinter: Eine Gruppe von drei autonom fliegenden Pinguinen bewegt sich frei schwebend in einem definierten Luft- raum, der von unsichtbaren Ultraschall-„Sendestationen“ erfasst wird. Innerhalb dieses Raumes können sich die Pinguine frei bewegen. Ein intelligentes Programm auf dem Mikrocontroller gibt den Pinguinen einen freien Willen, diesen Raum zu erkunden. Der Mikrocontroller steuert ebenfalls insgesamt neun Digitalservos für die Flügel, die Nase und das Heck an. Mittels XBee, basierend auf ZigBee, können größere Datenmengen im 2.4 GHz-Band zwischen den Pinguinen und den Sendestationen per Funk übertragen werden. Basierend auf den Entfernungen der Pinguine zu den Sendestationen erkennen sich diese gegenseitig. Das schnelle und exakte Regeln erlaubt den AirPenguins ein kollisionsfreies Fliegen in der Gruppe bei gleichzeitiger Beherrschung von Höhenregelung und Lage- stabilität. Die Pinguine können darüber hinaus auch synchrone Handlungen in der Gruppe ausführen. Ein umfangreiches zentrales Überwachungssystem wirkt sichernd, um Sensorausfällen ent- gegenzuwirken oder einen niedrigen Energievorrat festzustellen. Es erlaubt bei Bedarf auch die autonome Rückkehr zur Ladestation.

Technologieträger für die Automatisierungstechnik von morgen

Überträgt man die 3D Fin Ray® Struktur des Nasen- und Schwanz- bereichs auf die Anforderungen in der Automatisierungstechnik, kann diese Struktur beispielsweise als flexibler Tripod mit einem sehr großen Arbeitsraum im Vergleich zu herkömmlichen Tripods eingesetzt werden. Mit elektrischen Antrieben ausgestattet, ermöglicht beispielsweise der BionicTripod von Festo ebenso wie der AirPenguin präzise und schnelle Bewegungen.

In der Zukunft werden für die Automatisierung der Produktion autonome, flexible, adaptive und selbstregulierende Prozesse eine immer größere Bedeutung bekommen. Hier kann das Tierreich Anregungen geben, die umgesetzt durch findige Ingenieure zu neuen verblüffenden Anwendungen führen.

Damit wird auch die Weiterentwicklung von Sensorik und Rege- lungstechnik auf dem Weg zu dezentralen und autonomen selbst- steuernden und selbstorganisierenden Systemen – über die Inspiration aus der Natur – vorangetrieben. Die Übertragung auf die Automatisierungstechnik findet man analog dazu in der Rege- lungstechnik von Festo: beispielhaft in den neuen Proportional- Druckregelventilen VPPM und VPWP für die Servopneumatik.

Technische Daten

Länge:	3,70 m
Max. Rumpfdurchmesser:	0,88 m
Heliumvolumen:	0,980 cbm
Flügelspannweite:	2,48 m
Gewicht:	1,0 kg
Ansteuerung der Tragflächen, der Nase und der Heck-Flosse:	9 digitale Stellservos mit 180° Stellweg

Materialien	
Auftriebskörper:	Aluminium bedampfte Folie mit 22 g/qm Gewicht
Kopf und Schwanzsegment:	3D Fin Ray Effect® Struktur aus Kohlefaserrohren
Flügel:	extrudierter Polyurethanschaum
Flügelholm:	Kohlefaserstab

Akku für Flügelantrieb und Rumpfbiegung:	Li-Po Akku 2000 mAh, 4,2 Volt
---	-------------------------------

Empfangssensorik:	32-Bit Mikrocontroller @ 50 MHz MCU 2x LM3S811 64 Kbytes Flash, 8 Kbytes Ram Drucksensor SCP 1000 Ultraschall Empfänger kapseln
-------------------	---

Höhenmessung:	Drucksensor SCP 1000
Entfernungsmessung:	Ultraschall Empfänger kapseln
Messung der Drehrate um die Hochachse:	Lisy300-AL Gyroskop
Richtungs- und Lagesensorik:	Lagekompensierter 3-Achs Kompass mit Accelerometer

Temperaturmessung:	Temperatursensor
Funkübertragung auf 2.4 GHz:	basierend auf ZigBee

Strom und Spannungs- überwachung der Li-Po Zelle	
Überstromschutz:	DS2764 Li-Po Protector
Ladecontroller für eine Li-Po Zelle:	Max1555 Ladecontroller
Akku:	Li-Po Akku 2000 mAh, 4,2 Volt

Basisstationen/Sendestationen:	32-Bit Mikrocontroller @ 50 MHz MCU LM3S811 64 Kbytes Flash, 8 Kbytes Ram Drucksensor SCP 1000
Höhenmessung:	Drucksensor SCP 1000
Entfernungsmessung:	Ultraschall Sender
Temperaturmessung:	Temperatursensor
Funkübertragung auf 2.4 GHz:	basierend auf ZigBee

Strom und Spannungs- überwachung der Li-Po Zelle	
Überstromschutz:	DS2764 Li-Po Protector
Ladecontroller für eine Li-Po Zelle:	Max1555 Ladecontroller
Energiereserve für ca. 50 h Dauereinsatz:	Li-Po Akku 2000 mAh, 4,2 Volt

Marken:	Fin Ray Effect® ist eine Marke der EvoLogics GmbH, Berlin
---------	--



Projektpartner

Projektinitiator:
Dr. Wilfried Stoll, Aufsichtsratsvorsitzender der Festo AG

Projektleiter:
Dipl.-Ing. (FH) Markus Fischer, Corporate Design, Festo AG & Co. KG

Konzeption und Bau des AirPenguin:
Rainer und Günther Mugrauer, Clemens Gebert
Effekt-Technik GmbH, Schlaitdorf

Konzeption und Bau der Autonomen Steuerung:
Dipl.-Ing. Agalya Nagarathinam, Dipl.-Ing. Kristof Jebens
Ingenieurbüro Jebens & Nagarathinam GbR, Gärtringen

Fotos:
Walter Fogel, Angelbachtal

Grafik:
Atelier Frank, Berlin

Festo AG & Co. KG

Corporate Design
Plieninger Straße 50
73760 Ostfildern
Germany
www.festo.com/de/bionic
Telefon 0711 / 347-38 80
Telefax 0711 / 347-38 99
fish@de.festo.com