

**CyberKite**

**FESTO**



**Autonomer Drachen**

**Info**

# Ein energieeffizientes Ausdauer-talent



Steuereinheit

Als hoch schwebendes und unverwechselbares Firmensignet ist der CyberKite von Festo ein intelligentes und energieeffizientes Ausdauer-talent. Dank der Hybridflügeltechnik mit integriertem aerostatischem Auftrieb kann der Fesseldrachen auch bei Windstille sicher schweben. Die automatische Regelung gibt dem Flügel eine Flugbahn vor und sorgt für eine den Windbedingungen angepasste Flugweise. Die Drachenflügel mit 6, 12 und 24 Quadratmetern, gesteuert von neuester Servo- und Steuerungstechnik von Festo, repräsentieren – gestützt auf eine Vielzahl von Innovationen – eine einzigartige Entwicklung im Bereich autonomer, gefesselter Flugsysteme.

Im Projekt CyberKite kommt ein Flügel der besonderen Art zum Einsatz. Ausgangspunkt war die Entwicklung eines revolutionären Flugsystems, dem Projekt Stingray®, das 1998 von der prospective concepts AG für Festo realisiert wurde. Ein 72 Quadratmeter großer Flügel des bionischen Hybridflugzeugs bot in dessen voluminösem Mittelteil viel Platz für Helium als anteilige Auftriebshilfe. Beim adaptierten CyberKite als besonders leichtem Staudruckflügel reicht im Vergleich zum Stingray® ein viel geringeres Volumen aus, um die gesamte Struktur in der Schwebelage zu halten.

Die CyberKite-Drachen sind als passive pneumatische Strukturen in Staudruckbauweise ausgebildet. Durch die Anströmung des Flügels wird das Volumen des Flügels mit einem Differenzdruck beaufschlagt, der für die erforderliche Stabilität der Membrankonstruktion sorgt. Diese Membranbauweise ist sehr effizient und leichtgewichtig. Die aerodynamischen und aerostatischen Auftriebskräfte werden durch Profile an die Unterseite geleitet und dort durch ein fein verzweigtes Seilsystem – die Waagleinen – abgetragen. Über vier Flugleinen wird der Flügel an die Aktuatoreinheit gebunden. Der bionische Stingray-Kite kann trotz seiner flachen und eleganten Form auf zusätzliche, stabilisierende Leitwerke verzichten. Über die Waaganleinen wird durch ein räumliches Seilgetriebe eine adaptive Verstellung der Flügel realisiert. Der Flügel ist so in der Lage, mit ausgestreckten Flügelenden geradeaus zu fliegen und im Kurvenflug die Flügel so



Verlegeachse mit Umlenkrollen

zu verkrümmen, dass sie ausreichend stabilisierende Lateralfäche bieten. Bei einem gefesselten Flügelsystem werden bei starkem und böigen Wind sehr schnell unerwünscht hohe Seilkräfte erreicht. In der Anleinerung des Flügels wurde in diesem Zusammenhang ebenfalls ein adaptives Seiltriebssystem umgesetzt, das bei Bedarf die Kraftwirkung des Windes effektiv reduziert.

Neue Materialien ermöglichen neue Leistungsgrenzen. Erstmals kommt aerofabrix® bei einem Drachen zum Einsatz. Das 29 g/m<sup>2</sup> leichte metallisierte Rib-Stop-Nylon ist ein leichtes und gleichzeitig robustes Tuch, welches für den Einsatz in Hochleistungsgleitsegeln und in der innovativen aerofabrix® Flockisolation entwickelt wurde. Mit weniger als 26 g/m<sup>2</sup> stellt der 7- bzw. 9-lagige, heliumdichte Film für die Gaszellen ein weiteres Hightech-Produkt dar, welches den rauen Bedingungen beim Außeneinsatz im Drachen trotzt.

Die Kenntnis der aerodynamischen Eigenschaften der Flügel ist ein wichtiger Ausgangspunkt für den automatisierten Flugbetrieb. Die Umströmung der Drachenflügel wurde mit Hilfe von numerischen Methoden simuliert. Die Lösungen, validiert an Windkanalmessungen aus der Stingray®-Entwicklung, gaben wertvolle Hinweise für die Adaptierung der aerodynamischen und flugmechanischen Eigenschaften.

Für die Vermessung der Flügeleigenschaften und die Entwicklung der Regelprogramme wurden hochentwickelte Avioniksysteme einer Schlankheitskur unterzogen und in einem leichten Bordmessrechner-System integriert. Mit nur etwas mehr als einem Kilogramm Masse beherbergt der CyberKite ein hochauflösendes, echtzeitfähiges Differential-GPS zur Positions- und Geschwindigkeitsmessung, eine Trägheitsplattform für die Beschreibung der Lage und Lageänderung sowie Temperatursensoren und Drucksensoren für eine eigens entwickelte Fünf-Lochsonde, welche den Anströmvektor misst.



Die Steuereinheit von CyberKite besteht aus vier Seilwinden, die zum Ein- und Ausfahren der zwei Steuer- und der zwei Halteleinen dienen. Mit den Steuerleinen werden Flugbewegungen eingeleitet, mit den Halteleinen wird die Kraft, die auf den CyberKite einwirkt, abgetragen. Diese Anbindung ermöglicht eine flexible und fein dosierte Ansteuerung und Kraftregulierung der Drachenflügel. Die eigentliche Steuerung erfolgt anhand von Wegvorgaben an den zugehörigen vier Seilwinden, welche durch Servomotoren der neuesten Generation von Festo angetrieben werden.

Die zwei Seilwinden der Halteleinen mit einem Durchmesser von 2,2 mm erlauben Steig-/Sinkgeschwindigkeiten bis 1,6 m/s bei Zugkräften bis  $2 \times 1000$  N. Zwei weitere Seilwinden zur Aufnahme der Steuerleinen mit einem Durchmesser von 1,2 mm ermöglichen die Lenkbewegungen. Die Steuerleinen sind jeweils bis 250 N belastbar bei Wickelgeschwindigkeiten bis 4 m/s.

Zur kontrollierten Auf- und Abwicklung der Leinen ist jede Seilwinde einer Verlegeachse von Festo zugeordnet. Die Verlegeachsen sorgen dafür, dass eine Seillage an die jeweils nächste Seillage gelegt wird. Über Umlenkrollen werden die Leinen zu Seilstraffern geführt, deren drehmomentgesteuerte Servomotoren fein abgestimmte Reibrollen antreiben. Hierdurch wird gewährleistet, dass auf allen Seilen zu jedem Zeitpunkt Zug ist und sich so die Seile nicht verknoten.

Zur Überwachung der Fluglage dienen Sensoren für die Zug- und Winkelmessungen aller vier Leinen. Die Ausrichtung der Aktuatoren zum Lenkdrachen erfolgt über ein motorisch angetriebenes und endlos drehbares Grundgestell, das sogenannte Giermodul. Das Giermodul ermöglicht, dass der CyberKite immer in Windrichtung positioniert werden kann.

Die Regelung des Drachenfluges erfolgt jeweils in Abhängigkeit von Windbedingungen und der eingesetzten Flügelgröße.

Verschiedene Betriebsmodi und angepasste Flugbahnvorgaben ermöglichen den Betrieb über einen weiten Bereich von Windgeschwindigkeiten. Eine automatische Lastbegrenzung ermöglicht es, zusammen mit der robusten Flugregelung auch große Flügel sicher geregelt zu beherrschen.

Die Reglungs- und Steuerungsphilosophie des CyberKite zeichnet sich nicht durch starres Festhalten aus, sondern ist vielmehr auf intelligente Nachgiebigkeit programmiert. Dabei wird die Kraft des Windes durch den energieeffizienten Einsatz der Antriebe von Festo sogar nutzbar gemacht. In der CyberKite Aktuatorik wird aus den Servomotoren von Festo nicht nur die Bremsenergie aus den Steuerbewegungen zurückgespeist, sondern mit modernster Batterietechnik und entsprechend programmierten Manöverzyklen des Flügels die Windenergie für den Betrieb des Systems nutzbar gemacht. Die Servomotoren laufen dabei periodisch über von der Zugkraft des Drachens ausführende Seile im „Generatorbetrieb“, die hierbei gewonnene elektrische Energie wird in den Batterien gespeichert und reduziert den Energiebedarf des Systems erheblich. Zukünftige CyberKite-Systeme können bei entsprechenden Windverhältnissen dank der Kraft des Windes energetisch autark betrieben werden.

Mit den CyberKite-Flügeln mit 6, 12 und 24 qm Fläche und der zugehörigen Steuereinheit präsentiert Festo einen energieeffizienten, mechatronischen Gesamtentwurf. Elektrische Antriebe EMMS-AS-70, der Motor MTR-AC und Sensorik von Festo ermöglichen ein schnelles Eingreifen entsprechend der jeweiligen Flugsituation. Festo zeigt mit CyberKite die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der Produkte von Festo in der Aktuatorik, Sensorik, der Steuerungs- und Regelungstechnik für die Automation.





## Technische Daten

CyberKite 6 m <sup>2</sup>	
Spannweite, Länge:	4,31 m, 2,07 m
Fläche:	6 m <sup>2</sup>
Volumen:	1,24 m <sup>3</sup>
Gewicht:	0,99 kg
CyberKite 12 m <sup>2</sup>	
Spannweite, Länge:	6,1 m, 2,92 m
Fläche:	12 m <sup>2</sup>
Volumen:	3,9 m <sup>3</sup>
Gewicht:	2,2 kg
CyberKite 24 m <sup>2</sup>	
Spannweite, Länge:	8,62 m, 4,14 m
Fläche:	24 m <sup>2</sup>
Volumen:	9,8 m <sup>3</sup>
Gewicht:	4,2 kg
Steuereinheit	
Motoren Halteleinen:	2 x EMMS-AS-70 von Festo
Verlegeachse Halteleinen:	DMES-25 mit EMMS-AS-55 von Festo
Wickelgeschwindigkeit	
Halteleinen:	1,6 m/s bei je 1000 N Zugkraft
Motoren Steuerleinen:	EMMS-AS-70 von Festo
Verlegeachse Steuerleinen:	DMES-18 mit EMMS-AS-40 von Festo
Wickelgeschwindigkeit	4 m/s bei je 250 N Zugkraft
Servomotor Seilstraffer:	MTR-AC-40 von Festo
Antrieb Giermodul:	1 x EMMS-AS-100 von Festo Planetengetriebe von Neugart
Sensoren für Zugmessung:	4 x Kraftmessdose, Messverstärker, Lastzentrierplatte von Burster
Sensoren für Winkelmessung:	2 x Hohlwellen-Potentiometer von Schuricht
Marken:	Stingray® ist eine Marke der prospective concepts AG, Glattbrugg, Schweiz aerofabrix® ist eine Marke von Dr.-Ing. Alexander Bormann, Berlin

## Projektbeteiligte

Projektinitiator:	Dr. Wilfried Stoll, Aufsichtsratsvorsitzender der Festo AG
Projektleiter:	Dipl.-Ing. (FH) Markus Fischer, Corporate Design, Festo AG & Co KG
Technische Beratung:	Roland Falk, Drachen und Windobjekte GmbH, Stuttgart Dr. Dipl.-Phys. Dipl.-Kfm. Werner Fischer, München Univ. Prof. Dipl.-Ing. Axel Thallemer, Kunstuniversität Linz, Österreich
Hybrides Flügelsystem, Entwicklung und Test:	Dr.-Ing. Alexander Bormann, Dipl.-Des. Christian Gebhardt, Milan Habovcik, aeroix, Berlin
Flugmesssysteme und Aktuatorsteuerung:	Dipl.-Ing. Stefan Skutnik, Ulrich Langenbach, aeroix, Berlin Hans-Jürgen Plach, Exhibition Software, Festo AG & Co. KG
Flugmechanik und Reglerkonzept:	Dr.-Ing. Bernhard Kämpf, Dipl.-Phys. Ralf Severin, a + i engineering, Zeuthen
Flügelschnitt und -fertigung:	Arne Wehrin, Manfred Kistler, Skywalk GmbH, Grassau
Entwurf und Umsetzung Aktuatereinheit:	Uwe Neuhoff, Displaybau, Festo AG & Co. KG Rolf Sauter, eta Gerätebau GmbH, Wernau Peter Knauer, aeroix, Berlin
Fotos:	Walter Fogel, Angelbachtal
Grafik:	Atelier Frank, Berlin

## Festo AG & Co. KG

Corporate Design  
Ruiter Straße 82  
73734 Esslingen  
Germany  
www.festo.com/de/bionic  
Telefon 0711 347-38 80  
Telefax 0711 347-38 99  
fish@de.festo.com