

Air\_ray

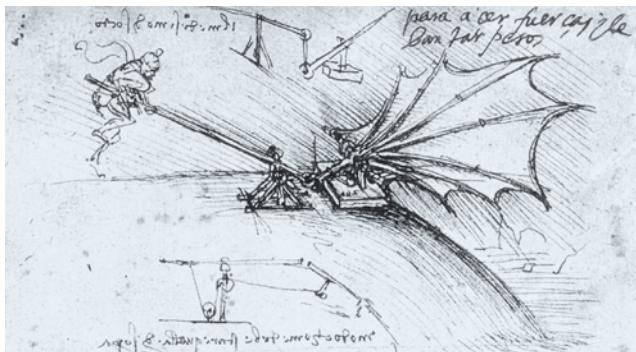
**FESTO**



Eine ferngesteuerte  
Hybridkonstruktion mit  
Schlagflügelantrieb

**Info**

# Der Vogelflug als Vorbild



Skizze von Leonardo Da Vinci



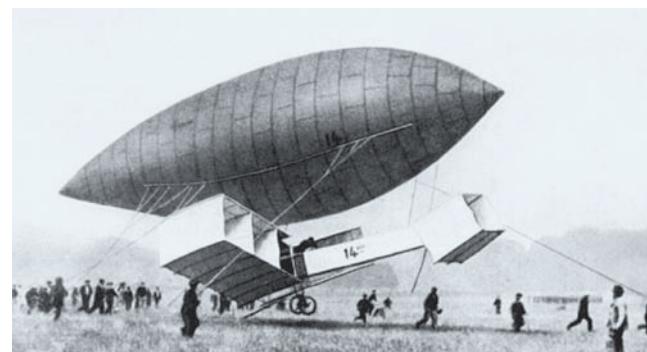
Etienne-Jules Mareys kinematographische Aufnahme

Wie ein Vogel fliegen zu können, ist ein Jahrtausende alter Menschheitstraum. Ob in der griechischen Mythologie bei Ikarus und Dädalus, in der Renaissance bei Leonardo Da Vinci, oder um 1900 bei Otto und Gustav Lilienthal: Der Wunsch, wie ein Vogel zu fliegen, war die Vision, die für viele Menschen der Ansporn war und ist, sich mit dem Vogelflug intensiv auseinander zu setzen. Durch diese Forschungen und Entwicklungen entstehen immer wieder neue Flugapparate, die den Vogelflug nachahmen. In unserer Zeit gibt es Projekte, wie z.B. der Ornithopter von Professor Dr. James DeLaurier von der Universität in Toronto, die das Ziel haben, einen Mann tragenden Schlagflügelantrieb zu realisieren. Für Festo ist die Faszination für bewegte Luft Antrieb für die Zukunft. Nicht nur im Bereich seiner Kernkompetenz, der Pneumatik, sondern auch weit darüber hinaus.

Leonardo Da Vinci baute im Jahr 1490 erste Schlagflügelmodelle, um diesem Menschheitstraum näher zu kommen.

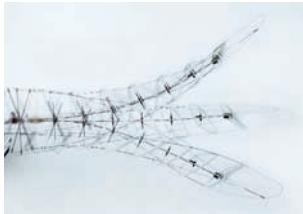
Etienne-Jules Marey, der von 1830 – 1904 lebte, führte die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen zur Bewegung von Lebewesen durch. Erst durch seine kinematographischen Aufnahmen wurde das Studium einzelner Bewegungssequenzen möglich.

Otto Lilienthal veröffentlichte im Jahr 1889 das Buch "Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst; ein Beitrag zur Systematik der Flugtechnik". Zahlreiche Versuche und Analysen, die Otto Lilienthal zusammen mit seinem Bruder Gustav Lilienthal durchführte, brachten eine Vielzahl von Hängegleitern, Schlagflügelmodellen und erste wissenschaftliche Messungen zum Thema Aeronautik hervor. Im Kapitel "Der Vogel als Vorbild" beschreibt Otto Lilienthal detailliert den Flug der Möwe.



Luftschiff kombiniert mit Flugzeug, von Santos-Dumont

Im Jahre 1906 kombinierte Alberto Santos-Dumont in Frankreich die Leichter-als-Luft-Luftfahrt und das Fliegen. Bei der Leichter-als-Luft-Luftfahrt entsteht der Auftrieb durch ein in einer Hülle eingeschlossenes Traggas, wie z.B. Wasserstoff, Helium, Heißdampf oder Heißluft. Beim Fliegen wird die Auftriebskraft genutzt, die durch die Luft erzeugt wird, und mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten an einer gewölbten Fläche vorbei strömt. Alberto Santos-Dumont montierte an sein Luftschiff Nr. 14 das Flugzeug "14-bis". Solche hybride Konstruktionen hatten zu Beginn der Luftfahrt den Vorteil, dass der Auftrieb, der mit Hilfe der anströmenden Luft erzeugt wird, nur ein Teil der Gesamtlast des Flugzeuges zu tragen hat. Der andere Teil der Traglast wurde vom Luftschiff getragen. Diese Hybride Konstruktionen waren windanfällig und nur schwer zu steuern.



Schlagflügel



Air\_ray hat den Mantarochen als Vorbild, der mit seiner dem Schlagflügel ähnlichen Konstruktion schon seit vielen Jahrtausenden in den Weltmeeren schwimmt. Die Form des Mantarochens hat sich in vielen Evolutionsschritten strömungsoptimiert.

Air\_ray ist eine ferngesteuerte Hybridkonstruktion aus einem mit Helium gefüllten Ballonett und einem Schlagflügelantrieb. Das Ballonett ist eine gasdichte Hülle aus aluminiumbedampfter "PET Folie", mit einem Gewicht von 22 Gramm pro qm. In diese Hülle können 1,6 cbm Helium eingefüllt werden. Da 1 cbm Helium ca. 1 Kilogramm Auftrieb erzeugt, darf der Air\_ray 1,6 Kilogramm Gesamtmasse nicht überschreiten.

Luft hat eine Dichte von  $0,0012 \text{ kg/dm}^3$  bei 20 Grad Celsius auf Meeresspiegelhöhe, im Vergleich dazu hat Wasser eine Dichte von ca.  $1 \text{ kg/dm}^3$ . Der Dichteunterschied zwischen diesen beiden Medien führt beim Bau des Air\_ray dazu, dass die Konstruktion extrem leicht sein muss. Erst dadurch wird es möglich, mit dem Auftrieb des Heliums den Air\_ray annähernd in der Luft zu halten, ihn also im Luftmeer schwimmen zu lassen, wie dies beim Mantarochen im Wasser möglich ist.

Der Vortrieb wird durch einen Schlagflügelantrieb realisiert. Der durch einen Servoantrieb auf und ab bewegbare Flügel besteht aus einer Struktur, wie man sie in der Schwanzflosse vieler Fische findet. Die Struktur selbst besteht aus einer alternierenden Zug- und Druckflanke, die mit Spanen gelenkig verbunden ist. Wenn eine Flanke mit Druck beaufschlagt wird, wölbt sich die geometrische Struktur von selbst entgegen der einwirkenden Kraftrichtung. Diese Struktur trägt den Namen Fin Ray Effect® und wurde von Leif Knie se entwickelt. Sie wird beim Air\_ray als aktive Struktur eingesetzt.

Ein Servoantrieb zieht in Längsrichtung alternierend an den beiden Flanken und bewegt so den Flügel auf und ab. Was kompliziert klingt, ist tatsächlich ein einfaches Prinzip, das in unserem Fall dem Air\_ray die volle Kraftentfaltung des Schlagflügels ermöglicht. Ergänzt wird diese Struktur durch einen torsionssteifen Mittelholm, der von Rainer Mugrauer entwickelt wurde. Dieser dient als Auflage für einen Servoantrieb, der am äußeren Ende des Mittelholms montiert ist. Mit diesem Servoantrieb kann der Schlagflügel in seiner Querachse verdreht werden. Dadurch wird das Rückwärtsfliegen des Air\_ray's möglich. Das Höhenruder ist ebenfalls als eine mittels Servoantrieb angetriebene Fin Ray Struktur ausgeführt.

Festo zeigt bei diesem Projekt, wie das Vorbild der Natur zu neuen Lösungen inspirieren kann. Der Bewegungsablauf kommt dem des biologischen Vorbilds schon sehr nahe. Flugfiguren, wie sie von Vögeln ausgeführt werden, sind möglich. Kamerabilder können live vom Air\_ray übertragen werden. Die Diagnose der Betriebszustände ist online möglich. Der Einsatz von Strukturen, die der Natur nachempfunden wurden, können auch in der Automation zu neuen Lösungen führen.



## Technische Daten

Spannweite:	4,20 m
Länge:	2,80 m
Höhe:	0,68 m
Gesamtgewicht:	1,60 kg
Material Haut:	aluminiumbedampfte PET Folie
Antrieb:	mittels Flügelschlag
Energieversorgung:	2 Zellen LiPo Akku, 8V, 1500 mAh

## Projektbeteiligte

Projektinitiator:  
Dr. Wilfried Stoll, Aufsichtsratsvorsitzender der Festo AG

Projektteam:  
Rainer und Günther Mugrauer,  
Clemens Gebert,  
Effekt Technik GmbH, Schlaithdorf

Projektleiter, Festo AG & Co. KG:  
Markus Fischer, Corporate Design

Condition Monitoring, Festo AG & Co. KG:  
Gerhard Bettinger, Exhibition Software  
Frank Braungardt, Elektronische Kundenkommunikation

Technische Beratung:  
Dr. Dipl.-Phys., Dipl.-Kfm. Werner Fischer, München

Animation:  
Manuel Deutschle, 3d-Animation, Digitale Medien, Nürtingen

Fotos:  
Walter Fogel, Angelbachtal  
Bildarchiv Corbis Germany, Düsseldorf  
Bildarchiv Collège de France, Paris

Marken:  
Fin Ray Effect® ist eine Marke der Evologics GmbH

## Festo AG & Co. KG

Corporate Design  
Rechbergstraße 3  
73770 Denkendorf  
Germany  
[www.festo.com/de/bionic](http://www.festo.com/de/bionic)  
Telefon 0711 347-3880  
Telefax 0711 347-3899  
[fish@de.festo.com](mailto:fish@de.festo.com)