

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse  
**Band:** 98 (2007)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Antrieb mit elektroaktiven Polymeren  
**Autor:** Michel, Silvain / Martin, Manuel  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-857443>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 20.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Antrieb mit elektroaktiven Polymeren

## Luftschiffe «schwimmen» in luftiger Höhe

Herkömmliche, mit Propeller angetriebene Luftschiffe haben Nachteile. So haben sie einen schlechten Wirkungsgrad, vergeuden also Energie, und sind laut. Empa-Forscher wollen diese Probleme mit einer so simplen wie technisch anspruchsvollen Technologie lösen: Sie lassen ihr Luftschiff wie eine Forelle im Wasser sozusagen durch die Lüfte «schwimmen». Dass dies dank elektroaktiver Polymere (EAP) bald Realität werden könnte, zeigen erste Flugversuche sowie Computersimulationen. Noch müssen die EAP-Aktoren allerdings weiterentwickelt und langlebiger bzw. zuverlässiger gemacht werden.

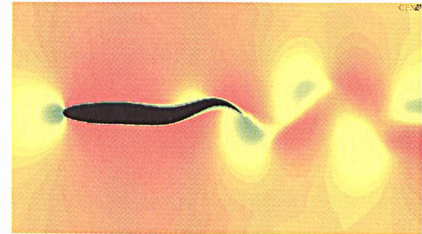
Möglichst wendige, leise und sparsame Luftschiffe könnten in entsprechender Höhe so manchen Job erledigen, etwa Überwachungs- und Fernerkundungsaufgaben durchführen, als aerostatische Kommunikationsplattformen dienen oder gar ein attraktiver Werbeträger sein. Herkömmliche Luftschiffe haben allerdings einen schlechten Wirkungsgrad, da sie mit Propellern angetrieben werden. Und dabei gilt: Je grösser der Auftriebs- bzw. Flugkörper des Luftschiffes, desto schneller muss sich der Propeller drehen, um den Luftwiderstand während des Fluges zu überwinden. Der Drehzahl und dem Blattdurchmesser des Propellers sind jedoch durch die Schallgeschwindigkeit Grenzen gesetzt. Einerseits kann die Leistung des Antriebs nicht beliebig gesteigert werden. Drehen sich andererseits die Propeller am äusseren Blatende schneller als Schallgeschwindigkeit, ist das sogenannte «Helikopterknattern» zu hören. Sprich, es entstehen Stosswellen, welche das Blatende flattern lassen und dabei einen enormen Lärm verursachen – sowie gleichzeitig den Wirkungsgrad weiter senken.

### Schwimmen wie eine Forelle – aber in der Luft

Wenn sich die (patentierte) Idee der Empa-Forscher um Silvain Michel durch-

setzt, dann gleitet das Luftschiff der Zukunft «schwimmend» durch die Lüfte – lautlos wie eine Forelle im Wasser; indem sie den Rumpf biegt und zugleich die Schwanzflosse in die entgegengesetzte Richtung dreht. Die technisch vereinfachte Version der Forellenbewegung auf drei starre, miteinander verbundene Körpersegmente nennt sich im Fachjargon «Biege-Drehschlag», sagt Michel.

Und er erklärt: «Dieser kann eins zu eins vom Wasser auf die Luft übertragen werden. Denn egal, ob Fisch im Wasser oder Luftschiff in der Luft, beide bewegen sich – physikalisch betrachtet – in einem Fluid und unterliegen daher denselben fluiddynamischen Gesetzmässigkeiten.» Diese Antriebsweise, kombiniert mit einer schlanken forellenähnlichen

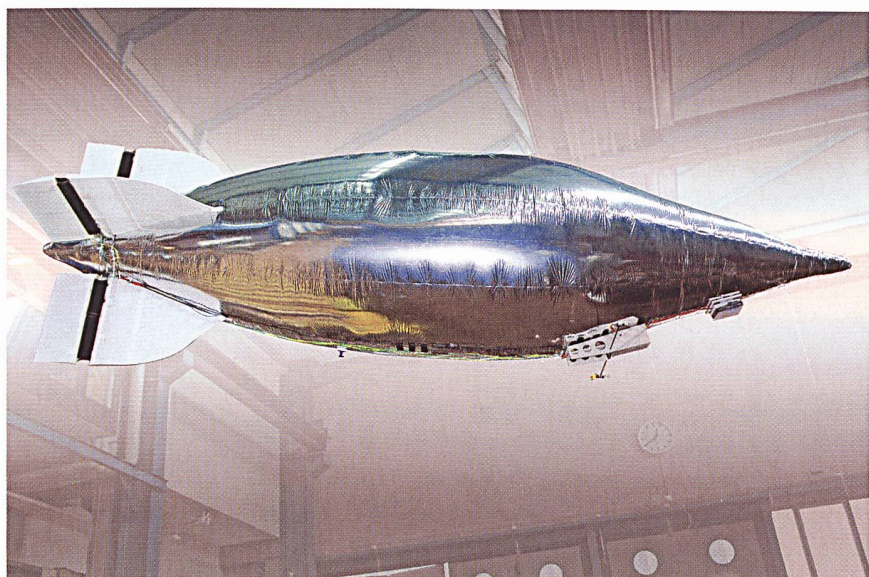


Die ETH Zürich animiert die Forellenbewegung mit dem Computer und gibt den Empa-Forschern dadurch Hinweise auf das aerodynamische Verhalten.

Form, verdoppelt aus aerodynamischer Sicht den Wirkungsgrad.

### Antrieb und Hülle verschmelzen

Geradezu prädestiniert für einen dem Flossenschlag der Fische nachempfundenen Luftschiffantrieb sind elektroaktive Polymere (EAP), welche die Empa unter anderem für den Einsatz als künstliche Muskeln erforscht. EAP bestehen aus elastischen Polymerfolien, die durch das Anlegen einer elektrischen Spannung und den dadurch entstehenden Druck senkrecht zur Fläche gequetscht werden und sich dadurch flächig ausdehnen müssen (s. Kasten). Egal, ob diese Verformung dazu benutzt wird, ein Luftschiff anzutreiben, Objekte zu verschieben oder beschädigte Muskeln zu ersetzen, es geschieht lautlos und (energie-) effizient.



In ersten Tests mit vereinfachten Modellen bewegen EAP-Aktoren die Ruder (Bilder: Empa).

#### Kontaktadresse

Silvain Michel, Manuel Martin  
Empa – Materials Science & Technology  
Überlandstrasse 129  
CH-8600 Dübendorf



EAP erreichen einen Wirkungsgrad bis zu 70 Prozent, weil sie elektrische Energie direkt in mechanische Arbeit umwandeln – und nicht via Motor plus Getriebe.

Zum Vergleich: Ein Verbrennungsmotor erreicht – bezogen auf den Antrieb – einen Wirkungsgrad von gerade mal 25 bis 30 Prozent. Indem EAP beim Empa-Luftschiff als Teil der Hülle fungieren, verschmilzt sozusagen der «Motor samt Getriebe» mit dem Körper des Luftschiffs, wie Michel es ausdrückt. Auch lässt sich mit diesem Antrieb ausgezeichnet manövrieren; die Forelle macht's vor. Und zu guter Letzt erweist sich für die Energieversorgung von Vorteil, was beim Fortbewegen eher stört: Eine grosse Luftschiffhülle bietet an der Oberseite genügend Fläche für flexible Solarzellen – und damit für die notwendige Energiegewinnung.

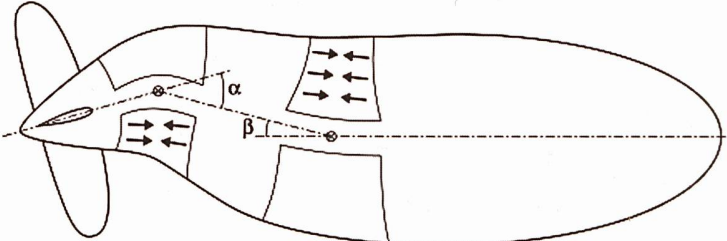
## Fliegende Funkmasten?

Prallluftschiffe können also theoretisch nach dem Vorbild der Natur angetrieben werden; praktisch machbar ist dies dank EAP-Technologie ebenfalls: Experimente der Empa-Forscher zeigen, dass die für den Antrieb notwendigen Verformungen und Kräfte erreicht werden. Ausserdem muss sich die Luftschiffhülle bei den zwei gegenläufig schwingenden Biegebewegungen – beim «Biege-Drehschlag» – um rund 15 Prozent dehnen – ein Wert, den EAP ohne weiteres erreichen.

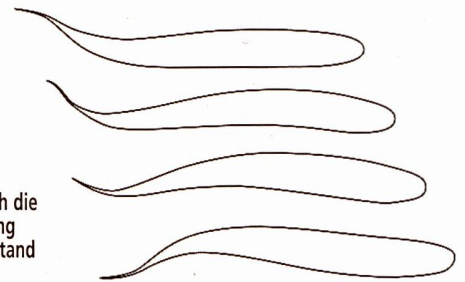
Dennoch gibt es in den Forschungslabors der Empa noch einiges zu tun, weiss Michel: «Als Nächstes gilt es für uns, eine konstruktive Lösung zu entwickeln, welche gleichzeitig die aerostatischen, aerodynamischen und strukturmechanischen Anforderungen erfüllt.» Dazu müssen die Empa-Wissenschaftler die Lebensdauer der EAP-Aktoren verlängern. Erst wenn die EAP zuverlässig über einen längeren Zeitraum funktionieren, könnten Satelliten oder knatternde Helikopter durch mit EAP angetriebene Luftschiffe ersetzt werden; etwa um Tiere lautlos in ihrem natürlichen Habitat zu beobachten, als Träger für Fernsehausrüstung zur Übertragung von Sportveranstaltungen oder auch als Kommunikationsplattform, sozusagen als schwebender Funkmast für die Mobiltelefonie.

## Wie funktionieren elektroaktive Polymere (EAP)?

EAP können elektrische Energie direkt in mechanische Arbeit umwandeln, indem elastische Polymerfolien ihre Form unter dem Einfluss eines elektrischen Felds ändern: Sie dehnen sich aus beziehungsweise ziehen sich ohne Spannung wieder zusammen. Dazu werden die Folien auf beiden Seiten mit elektrisch leitendem Graphit beschichtet. An die möglichst dünnen Graphitschichten wird eine elektrische Spannung angelegt, was einem nachgiebigen elektrischen Kondensator entspricht. Die zwischen ihnen entstehenden elektrostatischen Kräfte quetschen das Polymer senkrecht zur Fläche, wodurch es sich in der Fläche ausdehnen muss.



Die EAP verschmelzen an vier Stellen mit der Luftschiffhülle. Werden sie aktiviert bzw. dehnen sie sich aus, kann der Auftriebskörper den «Biege-Drehschlag» – die technisch vereinfachte Form der Forellenbewegung im Wasser – imitieren.



Indem die Forelle den Rumpf biegt und zugleich die Schwanzflosse in die entgegengesetzte Richtung schlägt, bewegt sie sich mit minimalem Widerstand vorwärts.

## Propulsion par polymères électroactifs

### Des dirigeables qui «nagent» à travers les airs

Les dirigeables conventionnels propulsés par des hélices présentent des désavantages: ils ont un mauvais rendement et gaspillent ainsi de l'énergie et de plus ils sont bruyants. Les chercheurs de l'Empa se proposent de résoudre ce problème en recourant à une technologie aussi simple que raffinée: faire «nager» les dirigeables dans l'air comme les poissons dans l'eau. Ceci pourrait bientôt devenir réalité grâce aux polymères électroactifs (EAP), ainsi que le montrent les premiers essais en vol et des simulations sur ordinateur. Il reste toutefois encore à perfectionner les EAP pour les rendre plus fiables et augmenter leur durée de vie.