

Kraftwerk mit Flügeln

Tensairity-Elemente aus Membranen, Stangen und Kabeln haben sich im Bau bereits als extrem leichte und dennoch stabile Tragstrukturen bewährt. Aber eignet sich die Technologie auch für den Einsatz in der Luftfahrttechnik, etwa als Tragstrukturen für Drachen? Empa-Forscher loten derzeit die Grenzen aus – und wollen mit einem Demonstrator gar Strom produzieren.

TEXT: Martina Peter / FOTOS: Empa



1
Der ultraleichte Drachen hat eine Spannweite von 8 Metern, wiegt aber nur 3 Kilogramm.

2
Beim Schlepptest wird der Drachen von einem Fahrzeug in die Höhe gezogen.

3
Einer der Prototypen des Tensairity-Drachen im Labor des «Center for Synergetic Structures».

2



Zusammengefaltet wie eine schlafende Fledermaus liegt das Bündel auf dem Tisch. Plastikmembranen, Stangen, Kabel und Schnüre warten – fein säuberlich aneinandergefügt – auf ihren nächsten Flug. «Wir wollen wissen, ob sich Tensairity-Bauteile auch als Flügel für Drachen eignen», erklärt Physiker Rolf Luchsinger, Leiter des «Center for Synergetic Structures» an der Empa. Tensairity-Tragelemente aus einer mit Luft gefüllten Membran, Stangen und Kabeln werden bereits heute im Bauwesen eingesetzt, etwa als Träger für eine Parkhausüberdachung mit 28 Meter Spannweite in Montreux. Die ausserordentlich leichten, aufblasbaren Träger können aber auch für temporäre Bauten, beispielsweise Brücken, verwendet werden, überall dort, wo der Aufbau schnell und unkompliziert vonstatten gehen muss.

Nun wollen die Forscher ein weiteres Gebiet für diese Tragstrukturen erschliessen. Da Leichtbauweise auch in der Luftfahrt unentbehrlich ist, ein nahe liegender nächster Schritt. «Wie kommen wir vom Balken zu Flügeln?», fragten sich Luchsinger und Co. Flügel-Tragstrukturen für Drachen sind nicht nur für Sport- und Freizeit-anwendungen attraktiv, sondern auch interessant für Ingenieure. Beispielsweise im Einsatz als Zugdrachen, die Windenergie nutzen und als zusätzlicher Antrieb dieselbetriebene Frachter über die Weltmeere ziehen. Die «Kites» sollen Reedereien helfen, die hohen Treibstoffkosten zu senken.

Drachen kommen aber auch für die Stromgewinnung durch Wind in Frage. Die Drachen, so die Idee, steigen an Seilen mehrere Kilometer in die Höhe. Durch das Hochziehen wird am Boden ein Windensystem in Bewegung gesetzt, das Strom generiert. Auf Zielhöhe angelangt, legt der Drache gewissermassen die Flügel an und lässt sich Richtung Boden sinken, um gleich wieder hochzuziehen. Ein spannendes Einsatzgebiet für extrem leichte Tragstrukturen, da die Drachen für eine effiziente Windenergienutzung sehr gross sein müssen.

Wo sind die Grenzen?

Luchsinger setzte sich mit seinem Team das Ziel, einen aufblasbaren Drachen zu konstruieren, der dank optimalem Materialeinsatz leicht, stabil und effizient sein sollte. «Mit einem Demonstrator wollten wir herausfinden, wo flugtechnisch gesehen die Knackpunkte sind und woraus die Vorteile eines Tensairity-Drachens gegenüber traditionellen Flugobjekten bestehen», so Luchsinger.

Schon während seines Praktikums begann Luchsingers Mitarbeiter, Joep Breuer, der an der Universität Delft Luft- und

Raumfahrt studierte, mit dem Planen und Konstruieren von Tensairity-Flügeln. «Joep hat an der Nähmaschine bestimmt schon mehrere hundert Meter vom leichten Drachenstoff Icarex zusammengenäht», sagt Luchsinger. Wichtig sei, dass so ein Produkt nicht nur am Reissbrett entsteht. «Ob etwas funktioniert oder nicht, finden wir nur heraus, wenn wir das Ergebnis auch bauen und testen können.»

So entstand aus einer Vielzahl von Ideen zu Formen und Grösse des Drachens schliesslich eine Serie von Modellen mit verbesserter Aerodynamik und überzeugendem statischem Verhalten: Je schlanker und stabiler die mit Luft gefüllten Flügelholme sind, desto effizienter steigt der Drache, desto besser kann seine Zugkraft genutzt und zur Stromgewinnung eingesetzt werden. Alles eine Sache der Synergie, der konstruktiven Wechselwirkung zwischen Materialkomponenten mit unterschiedlichen Eigenschaften, also zwischen den mit Luft gefüllten Membranen, Stangen und Seilen, welche die Wissenschaftler zu einer neuen Einheit zusammenfügen.

Der bisher grösste Tensairity-Drache, den Luchsingers Team entwickelte und im Labor zahlreichen Belastungstests zur Statik aussetzte, hat eine Spannweite von acht Metern und eine Oberfläche von elf Quadratmetern. Mit einem Gewicht von 2,5 Kilogramm ist er dafür ausgelegt, eine Zugkraft von 1000 Newton zu erbringen. Rein theoretisch könnte dieser Drache 4000 Meter hoch steigen. Die Weltrekordhöhe liegt derzeit bei über 4000 Metern und wurde in der kanadischen Prärie im mittleren Westen erzielt. «Dort hat es rundherum nichts», sagt Luchsinger und erzählt von den Herausforderungen, die sich beim Testen der Fluggeräte stellen. Denn die Wissenschaftler wollen nach dem langwierigen Berechnen und erfolgreichen Bau natürlich wissen: Steigt der Drache nun in die Höhe? Wie hoch fliegt er? Fliegt er stabil auch bei hohen Geschwindigkeiten? Und – nicht zu vergessen – kommt er am Ende des Flugs wieder heil unten an? Hierauf können Schlepptests unter freiem Himmel eine Antwort geben.

Drachen im Testflug unter freiem Himmel

Doch einfach vor der Empa in Dübendorf aufs offene Feld gehen und dort den Drachen steigen lassen, ist nicht möglich. Luchsinger: «Für Drachen, die über 60 Meter hoch fliegen sollen, braucht es in der Schweiz eine Bewilligung.» Auf einem für sie reservierten Rollweg auf dem Militärflugplatz Dübendorf durften sie erste

Solares Leichtgewicht

Nur mit Sonnenenergie die Welt umrunden, das könnte schon bald Wirklichkeit werden. «Solar Impulse» soll als erstes solarbetriebenes Flugzeug ohne Treibstoff die Erde umrunden. Nach langer Forschungs- und Entwicklungszeit ist der Ultraleichtflieger bald gebaut. Auch dank zahlreichen Entwicklungen verschiedener Institutionen. Darunter die Empa, die ihr Know-how vor allem bei der Auswahl der geeigneten Materialien einbrachte.

TEXT: Michael Hagmann / FOTO: Solar Impulse



>>

Schlepptests durchführen. Als äusserst nützlich stellte sich bei den ersten Versuchen die «Nase» mit Airbag-System heraus, die den Drachen bei «unkontrollierten Landungen» vor dem Schlimmsten bewahrte. Doch nicht nur die Berechtigung muss vorliegen. Wichtig sind auch Wetter- und Windverhältnisse. «Für solche Schleppversuche sollte es möglichst windstill sein», sagt Luchsinger.

Die Forscher hatten Glück: Die Bewilligung war da, die Verhältnisse waren perfekt, als Luchsinger kürzlich mit seinen Kollegen auf einem ehemaligen Militärflugplatz im Berner Oberland weitere Schlepptests durchführte. Angehängt an einen Personenwagen wurde der Drachen auf einer ein Kilometer langen Strecke in einer Höhe von ca. 50 Meter gezogen. Und er kam auch wieder heil herunter – meist ohne die Airbag-Nase einsetzen zu müssen.

«Unser System funktioniert», so Luchsingers Fazit. «Der Tensairity-Drachen hat die Erwartungen erfüllt, hat die Kräfte, die auf ihn wirkten, ausgehalten.» Nun denken die Forscher bereits an ihre nächsten Vision – ein Drache mit einer Spannweite von bis zu 30 Metern, dessen Membranen mit Helium befüllt werden, und der auch bei Windstille in der Höhe weiterschweben kann.

Das neue Flügelkonzept eignet sich nicht nur für den Drachenbau, sondern hat ebenfalls Potenzial für den Sport oder die unbemannte Luftfahrt. Auch eine Anwendung als Kommunikationsplattform ist vorstellbar: Eine Drachen-Plattform (HAPS, «High Altitude Platform System») in grosser Höhe empfängt an Stelle von Satelliten Signale für Funk und Telefonie und leitet sie weiter. //

Der Tensairity-Drachen nach erfolgreichen Schlepptests im Berner Oberland.





Fliegen soll ökologischer werden. Das Projekt Solar Impulse rund um den Flugpionier Bertrand Piccard wagt dabei den ersten Schritt. Zwar ist Solar Impulse nicht das erste Solarflugzeug, es ist jedoch das erste, das auch nachts in der Luft bleiben soll. Und zwar mit Hilfe von Lithiumbatterien, die tagsüber Sonnenenergie für die Nacht speichern.

Nicht nur die Flügel mit ihrer integrierten dünnen «Haut» aus Solarzellen, sondern jedes Glied der Antriebskette musste für Solar Impulse optimiert werden. Ein wichtiger Punkt dafür ist das Design des Flugzeuges und die Materialien, die für den Bau verwendet werden. Die Empa hat dabei einen wichtigen Beitrag geleistet, in-

dem sie an den Kohlenstofffaserlaminaten und -bauteilen sowie den Bespannfolien die mechanischen und thermischen Eigenschaften experimentell bestimmte. «Das sind wichtige Materialparameter für die Bauteilbemessung», so Giovanni Terrasi, Leiter der Abteilung «Mechanical Systems Engineering». Ziel war, das Design und die Sicherheit des Flugzeuges zu optimieren, es also leichter, widerstandsfähiger und sicherer zu machen.

Das ist gelungen: Solar Impulse hat eine Flügelspannweite von 61 Metern – somit nahezu wie der Airbus A-340, wiegt aber nur einen Bruchteil davon. Der Roll-Out des ersten Prototypen soll Mitte 2009 stattfinden, gefolgt von den ersten Testflügen. //



TV-Beitrag

Am 21. Mai 2009 zeigte das Schweizer Fernsehen in der Sendung «Einstein» einen Beitrag über die Tensairity-Drachen. Das Video «Drachen als Stromproduzenten» ist zu finden unter: <http://www.sf.tv/sendungen/einstein/sendung.php?docid=20090521>