

Direkter Draht nach oben

Fliegende Windkraftanlagen könnten die Stromproduktion in netzfernen Gebieten erleichtern. Erste Modelle sollen bald marktreif sein.

Von Bernward Janzing

Windkraftwerke müssen nicht zwingend aus Rotoren und Türmen bestehen – sie können auch wie Drachen oder Segelflieger aussehen und dann in deutlich größeren Höhen als heute üblich Energie ernten. Noch ist zwar ungewiss, ob sich diese alternative Technik eines Tages durchsetzen wird. Doch nachdem in jüngster Zeit Wissenschaftler und Unternehmen große Fortschritte erzielt haben, sind die Vertreter dieser im wörtlichen Sinne abgehobenen Windkraft optimistisch, binnen weniger Jahre ihre Maschinen zur Marktreife zu bringen.

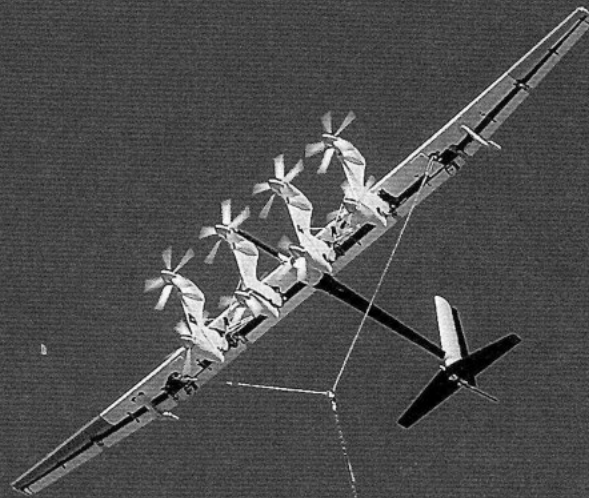
Dass die Kräfte eines Lenkdrachens erheblich sind, lernen schon Kinder am Strand. Und so liegt die Idee nahe, diese Naturkräfte auch zur Stromerzeugung zu nutzen. Zum Beispiel so: Ein Drachen schraubt sich in die Höhe, wickelt dabei die Schnur von einer Spule ab und treibt so einen Generator an. Ist die Schnur komplett entrollt, wird der Flugwinkel des Drachens so verändert, dass dieser mit wenig Kraft wieder eingeholt werden kann.

Den Stand der Technik präsentierte die weltweite Szene der Höhenwindkraft im Oktober auf der Airborne Wind Energy Conference an der Universität Freiburg. Die Konferenz, die seit ihrer Premiere im kalifornischen Chico im Jahr 2009 bereits zum siebten Mal stattfand, gastierte damit zum zweiten Mal in Deutschland.

Die bis vor wenigen Jahren noch von Freaks beherrschte Höhenwindzene hat sich erkennbar verändert – inzwischen nehmen sich auch nüchterne Ingenieure des Themas an, an Universitäten wie in Unternehmen. Bei der Konstruktion der Fluggeräte gibt es unterschiedliche Ansätze: klassische Drachen, halbstarre Modelle mit bespannten Rahmen und stabile Konstruktionen, die eher einem kleinen Flugzeug oder auch einer Drohne ähneln.

Es sind beeindruckende Kennziffern, die die Ingenieure vortragen. Eine Flugwindkraftanlage könne pro Quadratmeter Flügelfläche so viel Strom erzeugen, wie ein Solarfeld mit 800 Quadratmetern Photovoltaik-Fläche, sagt Moritz Diehl, Professor für Regelungstechnik an der Universität Freiburg. Zugleich ließen sich verglichen mit den heute üblichen Windkraftanlagen bis zu 95 Prozent des Materials einsparen, weil keine Türme nötig und die Flügel deutlich kleiner sind. „Wir reduzieren das Windrad auf die Flügelspitze“, sagt Diehl.

Die Forscher am Freiburger Institut für Mikrosystemtechnik entwickeln Algorithmen, mit denen die Fluggeräte auf ihrer optimalen Flugbahn gehalten werden können. Das ist angesichts der Turbulenzen in der Luft nicht immer einfach. Die Südbadener arbeiten an Verfahren, die sie „prädiktive Regelung“ nennen: Ein Computer errechnet 100 Mal pro Sekunde, wie sich das Fluggerät



Segelflieger mit Windturbinen: Indem das Flugzeug in der Luft Kreise dreht, bringt der Fahrtwind die vier Propeller auf den Tragflächen in Schwung. Sie treiben Stromgeneratoren im Inneren der Maschine an.

in der folgenden Sekunde bewegen wird, und steuert sofort gegen, wenn die voraussichtliche Bahn nicht jenem Optimum entspricht, das maximale Energieausbeute garantiert.

Drohnen-ähnliche Stromerzeuger

Während sich die Gastgeber der Konferenz mit ihrer ausgefeilten Steuerungstechnik noch im Bereich der Grundlagenforschung bewegen, haben einige Hersteller bereits den Markt im Blick. Ein vergleichsweise weit gediehenes Projekt stellte die Firma Enerkite in Freiburg vor: einen Flugdrachen, der sich in die Höhe schraubt, dabei über eine Seilwinde einen Generator am Boden antreibt, ehe er wieder absinkt und der Zyklus von vorne beginnen kann. Andere, wie etwa die Schweizer Firma Twingtec, nutzen einen Flieger, der wie eine Drohne aufsteigen kann, um in ähnlicher Weise seine Kreise zu ziehen.

Die Technik am Boden wird jeweils in einem Normcontainer untergebracht. Enerkite, gegründet 2010, mit Sitz in Berlin und einem Testfeld in Brandenburg, zeigt sich optimistisch: Im Jahr 2019 soll es einen Prototypen mit 100 Kilowatt Nennleistung geben, 2020 soll das Modell auf den Markt kommen. Auch Preise werden bereits genannt: Eine knappe halbe Million Euro soll eine solche Anlage kosten.

Eine gänzlich andere Technik stammt aus dem Hause Google: Die Firma Makani, eine Tochter der Forschungsabteilung des Konzerns, hat eine Art Segelflugzeug mit Propellern ausgestattet. Indem dieses Fluggerät mit 25 Metern Spannweite Kreisbewegungen vollführt, entstehen an den Rotoren Strömungsgeschwindigkeiten, die erheblich höher sind als die Windgeschwindigkeiten. Während des Aufstiegs fungieren die Rotoren als Propeller, der gesamte Betrieb soll vollautomatisch erfolgen.



Spezialist für Stromernte in der Luft: Moritz Diehl von der Universität Freiburg entwickelt Software, um die Flieger auf optimalen Bahnen zu halten.

Die Generatoren mit 600 Kilowatt Leistung befinden sich an Bord des Fliegers; der Strom wird über eine in das Halteseil integrierte Hochspannungsleitung zur Erde geführt. Das führt zu einer gänzlich anderen Dynamik als bei den Flugdrachen: Der Flieger muss nicht zyklisch wieder eingeholt werden, um neuen Zug auf den Generator zu bringen, sondern kann bei konstanter Seillänge in möglichst hohem Tempo seine Bahnen ziehen.

schweben, wenn ausreichend Wind weht. Konflikte mit der Flugsicherung sind unterdessen absehbar, weshalb die Anlagen für Standorte in der Nähe von Flughäfen nicht infrage kommen. Zumindest für den Anfang sollen die Maschinen aus Sicherheitsgründen auch nur abseits bewohnter Gebiete aufsteigen.

Die Entwickler in Industrie und Universitäten sind zuversichtlich, die Kosten der fliegenden Energieerzeuger so weit zu senken,

Die Einsatzhöhen der Energiefieger liegen zwischen 200 und 500 Metern. Ginge man noch höher, würde das Seil zu lang und damit sein Luftwiderstand zu groß. Experten kalkulieren, dass die Flugdrachen im Jahresmittel rund 70 Prozent ihrer Nennleistung erzielen können. Heutige Windkraftanlagen auf See kommen auf 40 bis 50, an Land auf 20 bis 30 Prozent. Um die hohen Werte zu erreichen, sind die Drachen auch für den Einsatz rund um die Uhr vorgesehen. Nur wenn der Wind zu schwach ist – was in den Höhen selten der Fall sein dürfte –, soll das Fluggerät zur Bodenstation gezogen werden.

Weil die Flieger kaum sichtbar sind, hoffen ihre Entwickler auf hohe Akzeptanz in der Bevölkerung, zumal sie auch nur dann in der Luft

”

Wir reduzieren das Windrad auf die Flügelspitze.“

Moritz Diehl, Universität Freiburg

dass der Preis pro Kilowattstunde das Niveau der heutigen Anlagen an Land erreicht. „Diese Perspektive ist Voraussetzung für unsere Forschung“, sagt Moritz Diehl.

Für den Anfang setzen die Forscher jedoch auf Einsätze außerhalb des Netzes. Denn überall dort, wo Dieselgeneratoren die einzige Stromquelle sind, ist der Strompreis hoch; die Kilowattstunde aus den Aggregaten kostet rund 50 Cent und ist damit deutlich teurer als Netzstrom. Das zu unterbieten sollten die Lenkdrachen-Kraftwerke allemal schaffen; Kilowattstundenpreise um fünf Cent gelten für die Zukunft als realistisch. Auch die Notversorgung in Katastrophengebieten könnten sie leisten, weil die Anlagen einfach dort abgeladen werden können, wo sie benötigt werden.

Automatische Steuerung nötig

Die größte Herausforderung, die es bis dahin noch zu meistern gilt, ist der Dauerbetrieb. „Die Fluggeräte müssen automatisiert starten und landen können, und sie müssen zuverlässig ohne Wartung über Monate funktionieren“, sagt Roland Schmehl, Professor für Windenergie an der Fakultät für Raumfahrttechnik im niederländischen Delft. Man braucht also hochleistungsfähige Steuersysteme, die den Flieger bei Flaute oder aufziehendem Gewitter ohne menschlichen Eingriff automatisch einholen und später genauso eigenständig wieder starten können. Drei bis vier Tage lang habe man einen autonomen Betrieb bereits sicherstellen können.

Außerdem müssen die richtigen Materialien gefunden werden, damit die Lebensdauer der Anlagen stimmt. Hier komme es stark auf den Bautyp an, sagt Schmehl. Die Flügel der Drachen müssten nach heutigem Stand ein bis zwei Mal im Jahr ausgetauscht werden, seien aber nicht teuer. Dagegen hätten die Anlagen, die einem Flugzeug ähnlich sind, auch eine Lebensdauer wie Flugzeuge. Bei beiden Varianten müsse man zudem ein- bis zweimal im Jahr das Seil wechseln.

In solchen steuerungs- und materialspezifischen Fragen komme die Forschung jedoch gut voran, sagt Ingenieur Schmehl und ist überzeugt: „Man wird in den nächsten Jahren noch viel von dieser Technik hören.“ ◀