

# Experimente hart am Wind

Windenergie ist eine Technologie mit Zukunft – und ihre Anfänge reichen weit in die Vergangenheit zurück. Einer ihrer Pioniere war **Albert Betz**, von 1947 bis 1956 Direktor am **Max-Planck-Institut für Strömungsforschung** in Göttingen.

TEXT **MICHAEL GLOBIG**

„Als nach dem Krieg unsere Wirtschaft in schwerster Weise unter der allgemeinen Kohlennot litt, lenkte sie die Aufmerksamkeit wieder stärker anderen Energiequellen zu. Neben dem energischen Ausbau der Wasserkräfte wurde hauptsächlich ein stärkeres Heranziehen der Windenergie empfohlen. Auch nach Überwindung der Kohlennot wirkte dieses Interesse weiter.“ Albert Betz, der diese Zeilen schrieb, gehörte selbst zu den Pionieren der Windkraft. Und er hat ein nach ihm benanntes Gesetz aufgestellt, an dem kein Ingenieur vorbeikommt.

Das Betz'sche Gesetz besagt, dass eine Windkraftanlage höchstens 59 Prozent der kinetischen Energie des Windes in mechanische Energie umwandeln kann. Betz hatte dieses Theorem mathematisch abgeleitet, doch kann man es sich auch etwa so erklären: Wollte man versuchen, mit einem Windrad die gesamte Energie aus dem Wind zu gewinnen, dann hätte die Luft hinter dem Rotor die Geschwindigkeit null, das heißt, sie würde die Windkraftanlage nicht verlassen. In diesem Fall wäre dem Wind überhaupt keine Energie zu entnehmen, da auf der anderen Seite

keine Luft mehr in den Rotor einströmen könnte. Im anderen Extremfall könnte man den Wind ohne jede Abbremsung durchströmen lassen. Auch in diesem Fall hätten wir natürlich keine Energie aus dem Wind „gezapft“.

## GÖTTINGEN WIRD ZUM LEBENSMITTELPUNKT

Wir können deshalb annehmen, dass es zwischen diesen beiden Extremen einen Bereich geben muss, in dem wir durch die Bremsung des Windes mechanische Energie gewinnen. Bei genauer Betrachtung stellt sich heraus, dass es dafür eine recht einfache Lösung gibt: Die ideale Windkraftanlage bremst den Wind um zwei Drittel seiner ursprünglichen Geschwindigkeit ab.

Albert Betz wurde am ersten Weihnachtsfeiertag 1885 in Schweinfurt geboren. Er studierte Philosophie in Eichstätt und später Maschinenbau an der TH München. In den Jahren 1905 und 1906 arbeitete er auf der Germaniawerft Kiel und absolvierte danach ein Schiffbaustudium an der TH Berlin-Charlottenburg, das er 1910 mit dem Diplom abschloss. Von 1911 bis 1918 war er Hilfsassistent am Institut für angewandte Mechanik der Universität Göttingen – eine Anstellung, die ihm nebenbei noch Zeit ließ, Mathematik und Physik zu studieren. 1918 übernahm Betz die Leitung der Modellversuchsabteilung für Aerodynamik Göttingen. An der dortigen Universität wurde er 1919 promoviert und habilitierte sich drei Jahre später im Fach Physik. Im Jahr 1935 berief man Albert Betz an der Göttinger Universität zum ordentlichen Professor.

In den Jahren 1924 bis 1937 war er Wissenschaftliches Mitglied und ab 1938 Direktor des 1925 in Göttingen gegründeten Kaiser-Wilhelm-Instituts für Strömungsforschung.

Angeregt durch die hohen Anforderungen an die Flugzeugpropeller, nahm sich Betz Mitte der 1920er-Jahre auch der Windmühlenflügel an und stellte fest, dass für sie dieselben Gesetze gelten wie für Propeller: Wenn ein Propeller von einem Motor angetrieben wird, erzeugt er einen Luftdruck, während umgekehrt Windräder von dem natürlichen Luftdruck in Drehung gesetzt werden – die aerodynamischen Gesetze sind für beide identisch und lassen sich nach denselben Gleichungen berechnen. Allerdings haben Windräder, deren Flügel exakte Propellerform besitzen, ein sehr geringes Anfahrmoment: Ihr hoher Wirkungsgrad stellt sich erst bei Nenndrehzahl ein.

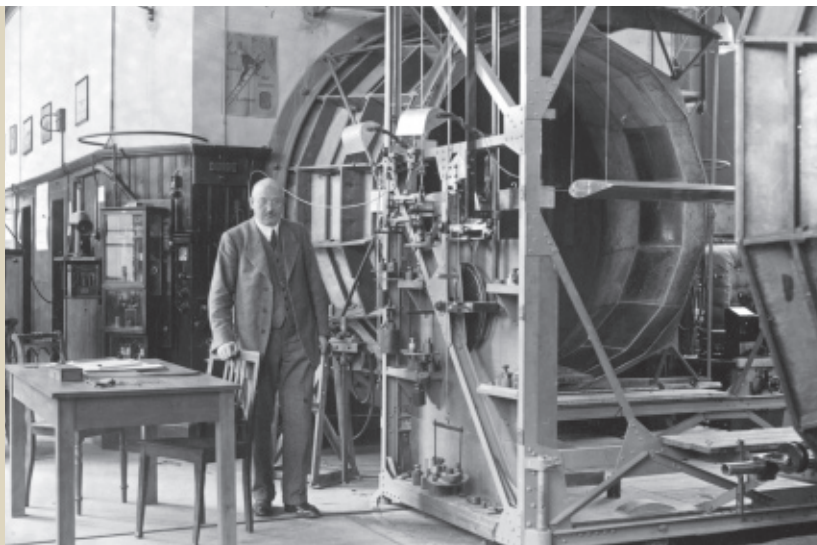
Als Nachfolger des berühmten Strömungsexperten Ludwig Prandtl leitete Betz zwischen 1937 und 1945 die Aerodynamische Versuchsanstalt, die damals zur Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft gehörte und später von der Max-Planck-Gesellschaft übernommen wurde. Von 1947 bis 1956 war Albert Betz Direktor am Max-Planck-Institut für Strömungsforschung (das im Jahr 2004 in Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation umbenannt wurde). Anfang der 1930er-Jahre hatte Betz übrigens Segelfliegen gelernt und 1934 seine A-Prüfung abgelegt – seinen Forschungsgegenstand also auch ganz praktisch kennengelernt.

Der Wissenschaftler untersuchte viele Flügelprofile und beschrieb mathematisch die optimale Breite an jeder Stelle des Flügels. Nach den aktuellen Erkenntnissen



Am Flachwasserkanal beobachten die Pioniere der Aerodynamik, Ludwig Prandtl (links) und Albert Betz, am Göttinger Max-Planck-Institut für Strömungsforschung die Entstehung von Wirbeln hinter wasserumströmten Gegenständen. Das Foto entstand im Juli 1950.

Albert Betz im Jahr 1930 neben einer Dreikomponentenwaage. In der Messstrecke hängt ein Rechteckflügel.



der Aerodynamik entwickelte er dann zusammen mit seinem Mitarbeiter Kurt Bilau die bestmöglichen Flügel für Windräder: Sie bewiesen ihre Überlegenheit bereits, wenn sie im Windkanal getestet und vermessen wurden. Im Windkanal forschte Betz auch gemeinsam mit einem prominenten Ingenieur: mit Ludwig Bölkow für die Firma Messerschmitt.

Bei solchen Versuchen stellte sich heraus, dass die geraden Flügelflächen, die der Däne Poul La Cour 1890 als ideal propagiert hatte, dem Vergleich mit stromlinienförmigen Profilen keinesfalls standhielten. Erst wenn das Heckteil solcher Flügel stromlinienförmig verkleidet wurde, verdoppelte sich deren Leistung nahezu. Der Grund: Die Wir-

weiter – das Erdöl floss reichlich und war billig. Erst die sogenannte Ölkrise von 1973 führte dazu, dass viele Industrieländer nach Wegen suchten, aus der Ölabhängigkeit herauszukommen. Und hier bot sich als eine Möglichkeit die Nutzung der Windenergie an.

### ENERGIE AUS ALTERNATIVER QUELLE – DER ÖLKRISE SEI DANK

Windräder waren in Teilen Europas, Amerikas und Asiens bis weit ins 19. Jahrhundert hinein die wichtigsten Energiequellen gewesen. Zwar hatte man sie nie ganz aus dem Auge verloren, doch erst die Ölkrise machte den Wind wieder interessant. Die

Boden, wo sie von den verschiedensten Hindernissen gebremst werden. Deshalb – und weil der Wind dort stetiger ist – montiert man Windturbinen auf hohen Masten.

Die Konstruktion solcher Windkraftwerke folgt dabei meist einem Grundmuster: Das Windrad hat Propellerform und ist mit Getriebe und Generator verblockt. Der Block sitzt auf einem Rohr- oder Gittermast und wird von einem festen Leittruder in den Wind gedreht. Konkurrenzfähig sind solche Windmühlen immer dort, wo viel Wind herrscht und wenig andere Energiequellen zur Verfügung stehen. Wenn Elektrizität aus dem Windrad gewonnen werden soll, gibt es allerdings Probleme: Bei starkem Bedarf – etwa abends, wenn der Wind abflaut – kann das Windrad nicht genug Energie liefern, während bei starkem Wind nicht ausreichend viele Verwendungsmöglichkeiten existieren.

Albert Betz starb am 16. April 1968 in Göttingen. Drei Jahre zuvor war ihm die Carl-Friedrich-Gauß-Medaille verliehen worden, mit der man unter anderem seine besonderen Verdienste um die Formulierung der Grundlagen der Tragflügeltheorie ehrte. Den Aufschwung der Windenergie in Deutschland erlebte Betz nicht mehr. Im Jahr 1976 kam der Autor Felix von König in seinem Buch *Windenergie in praktischer Nutzung* zu folgendem Fazit: Sollte einst außer der Wasserkraft nur noch die Windenergie zur Verfügung stehen, wäre die Windkraft sicher nicht in der Lage, eine geordnete Stromversorgung im heutigen Sinn zu gewährleisten, dazu ist der Wind zu unstetig. Aber für einen vorindustriellen Lebensstandard sollte sie ausreichen – die Steinzeit wird dank der Windenergie und der technischen und physikalischen Kenntnisse nie wiederkommen. Albert Betz hätte dem sicher nicht widersprochen. ◀

#### GÖTTINGER PRESSE VOM 14. JUNI 1955

» Es wird damit auch ein vom Direktor des Max-Planck-Instituts für Strömungsforschung, Prof. Dr. Betz, schon lange gehegter Wunsch in Erfüllung gehen, einen sogenannten „fliegenden Windkanal“ zu bauen.

belbildung entfiel, der Luftwiderstand sank und der Auftrieb erhöhte sich. So geformte Flügel wurden bis zum Jahr 1940 an 130 Mühlen erfolgreich gegen die alten ausgetauscht.

Diese und andere Verbesserungen fielen in eine Zeit, in der der Ausbau eines öffentlichen Stromnetzes begann und die Windenergietechnik in Bedrängnis zu geraten drohte. Umso wichtiger waren die Erfolge in Theorie und Praxis, denn damit wurden die physikalisch-technischen Grundlagen gelegt, auf denen später die Weiterentwicklung der Windenergietechnik basierte.

Der Zweite Weltkrieg brachte dann einen Rückschlag: Während des Krieges wurden weltweit sowohl die Pläne für neue, als auch die Fertigstellungen der wenigen bereits begonnenen Anlagen gestoppt. Und nach Kriegsende liefen Windenergieprojekte allenfalls auf Sparflamme

Regierungen etlicher Industrieländer kurbelten deshalb die Entwicklung von Windenergiekonvertern (Windanlagen zur Stromerzeugung) an. Das sollte bald Früchte tragen, etwa in den USA, wo solche Windenergiekonverter mit bis zu mehreren hundert Kilowatt Leistung zu regelrechten Windfarmen zusammengestellt wurden oder Großanlagen mit einigen tausend Kilowatt Leistung entstanden.

Auch in der Bundesrepublik wagte man sich an solche Projekte: An der Elbmündung wurde 1982 der hundert Meter hohe Growian („Große Windanlage“) mit einer geplanten Leistung von bis zu drei Megawatt errichtet. Growian allerdings war den auftretenden Belastungen nicht gewachsen und zeigte bald Risse, denn Winde wehen schon in hundert Meter Höhe um die Hälfte stärker als unmittelbar über dem