

Energie aus gigantischen

T ü r m e n

**Aufwindkraftwerk
soll Strom rund um
die Uhr liefern**

von Michael Franken

Jörg Schlaich ist ein Querdenker, ein Visionär der besonderen Art. Überall dort, wo er seine Handschrift hinterlassen hat, ist etwas Besonderes geschaffen worden. In den Siebzigerjahren plante der Schwabe eine riesige Hängebrücke über den Ganges. Hunderte Menschen fanden damals Arbeit und Brot beim Bau des Projektes. Schlaich ist vom Fach, habilitiert, lehrt an der Universität Stuttgart und kennt sich mit dem Bau von Brücken, Türmen, Dachkonstruktionen und verschiedenen Verfahren zur Stromproduktion bestens aus. Mit dem tollkühn geschwungenen Dach des Münchner Olympiastadions hat er über deutsche Grenzen hinaus Baugeschichte geschrieben. Doch wenn er von einem ganz besonderen Betonturm erzählt, fängt er an zu schwärmen. „Mit Aufwindkraftwerken können künftige Energieprobleme auf unserem Globus gelöst werden“, erklärt der 65-jährige Bauingenieur.

Die Grundidee ist simpel, technisch ist das Funktionsprinzip leicht zu vermitteln. Unter einem großen Glasdach wird durch die Sonneneinstrahlung warme Luft erzeugt, die durch einen hohen Kamin aufsteigt. Je kräftiger der synthetische Sturm die Röhre hochzieht, umso stärker drehen sich die Turbinen der Generatoren, die am Fuße des Kamins den stürmischen Aufwind in Elektrizität umwandeln. Das Aufwindkraftwerk besteht also im Wesentlichen aus drei bekannten Techniken: Einer hohen Kaminröhre, einem einfachen Glasdach-Warmluftkollektor und Windturbinen mit Elektrogeneratoren, die kein Kühlwasser brauchen. „Große Aufwindanlagen sind heute aus technischer Sicht problemlos realisierbar“, ist Schlaich überzeugt.

Pilotanlage mit 240 Meter Durchmesser

Die Grundidee stieß schon in den Siebzigerjahren auf das Interesse des Bundesforschungsministeriums. Die beiden Ölpreisschocks hatten die Bonner Politiker wachgerüttelt, alternative Energieerzeugungspotenziale sollten erprobt und getestet werden. Im spanischen Manzanares, 150 km südlich von Madrid, entstand eine Pilotanlage mit einer Spitzenleistung von 50 Kilowatt. Das Aufwindkraftwerk hatte einen 195 Meter hohen Kamin, der es auf einen Durchmesser von zehn Meter brachte, umgeben von einem Kollektor mit 240 Meter Durchmesser. Die Anlage war mit 180 Sensoren ausgerüstet, die im Sekundenrhythmus Daten erfassen konnten. Sobald die Luftgeschwindigkeit im Turm 2,5 Meter pro Sekunde überschritt,

lief die Turbine an und koppelte sich automatisch an das öffentliche Netz.

Von Mitte 1986 bis Anfang 1989 lief das neuartige Kraftwerk fast ohne Unterbrechungen. Trotz des Zuschusses von 13 Millionen Mark musste das Ingenieurteam um Jörg Schlaich von Anfang an sparen: So gab es statt der Glaseindeckung nur Kunststofffolien, die versprödeten und im Sturm rissen. Die hohe Röhre bestand aus Blech statt aus Stahlbeton, und die Abspannstangen waren nicht aus korrosionsge-



schütztem Material gefertigt. „Für langlebige Stahlseile fehlte ganz einfach das Geld“, erinnert sich Schlaich. Die Folge: Im Frühjahr 1989 krachte die Konstruktion zusammen, ein heftiger Orkan zerstörte die Pilotanlage auf der iberischen Halbinsel. Doch die Anlage hatte ihre „Schuldigkeit“ getan: Die von Jörg Schlaich erdachte Technik funktionierte – wenngleich das Manzanares-Aufwindkraftwerk nur einen Wirkungsgrad von 0,064 Prozent erreichte.

Unter kommerziellen Gesichtspunkten lassen sich Aufwindkraftwerke nach Auffassung von Konstrukteur Schlaich nur im großen Maßstab realisieren. Die Leistung eines solchen solaren Großkraftwerks ist proportional zur Intensität der globalen Sonneneinstrahlung, der Turmhöhe und der Kollektorfläche. Im Klartext: Man kann dieselbe Leistung mit einem hohen Turm und einem relativ kleinen Kollektor oder mit einem relativ niedrigen Turm und einem großen Kollektor erzeugen. Ausschlaggebend sind die Kosten für die einzelnen Komponenten an den jeweiligen Standorten, die die Dimensionierung einer kostenoptimalen Anlage bestimmen. Nach den Erfahrungen mit dieser Technologie im spanischen Manzanares hat sich bei Experten die Erkenntnis durchgesetzt, dass nur große Aufwindkraftwerke effizient arbeiten.

Der umtriebige Schwabe Schlaich hat ein 200-Megawatt-Projekt entwi-

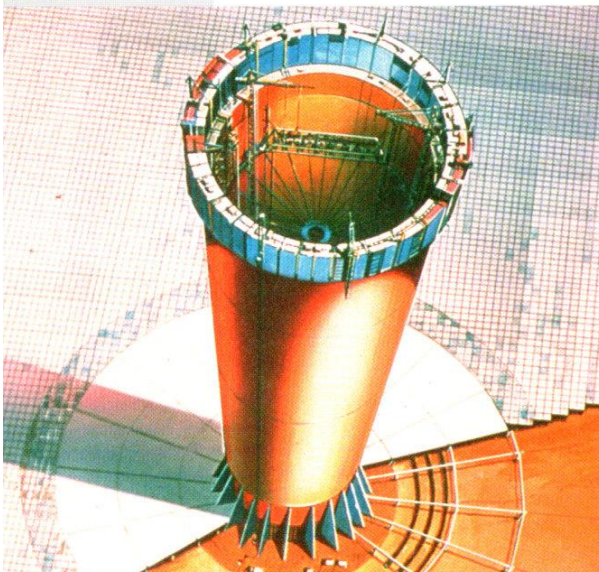
Strom aus der Kaminröhre

● Aufwindkraftwerke nutzen den Treibhauseffekt: Die Sonneneinstrahlung erwärmt unter einem Glasdach Luft in einem Glas-Warmluft-Kollektor. Die heiße Luft strömt durch eine riesige Kaminröhre und treibt die Turbine eines Generators zur Stromerzeugung an.

● Ein Pilotprojekt ging 1986 im spanischen Manzanares in Betrieb. Der zehn Meter dicke Kamin hatte eine Höhe von 195 Metern, das Glasdach einen Durchmesser von 240 Metern, und die Leistung betrug 50 Kilowatt. Ein Orkan zerstörte 1989 die Anlage.

● Vier Prozent der Sahara reichen aus, um die Stromversorgung in Westeuropa zu sichern. Experten gehen aber davon aus, dass nur Großanlagen wirtschaftlich sind. In Indien planen Ingenieure für 1,2 Milliarden Mark ein 200-MW-Aufwindkraftwerk

ckelt, mit dem heiße Wüsten in sprudelnde Sonnenenergiequellen verwandelt werden könnten. Im Gegensatz zu Kohle- und GuD-Kraftwerken konzentrieren sich bei einer Aufwindstromfabrik die Kosten auf die baulichen Investitionen, da Brennstoffkosten nicht anfallen. Eine 200-MW-Röhre würde etwa 1,5 Mrd. Mark kosten und bei einer jährlichen Sonneneinstrahlung von 2.300 Kilowattstunden pro Quadratmeter auf eine Energieproduktion von rund 1,5 Milliarden Kilowattstunden kommen. Allein der Stahlbetonturm für die 200-MW-Turbine würde 1.000 Meter hoch und damit das höchste Bauwerk der Erde werden, das umgebende Glasdach hätte einen Durchmesser von mehreren Kilometern. Traum oder alles nur Utopie? Für den habilitierten Sonnenkraftfan Schlaich ist die Sache längst klar. „Aufwindkraftwerke können heute auch in industriell weniger weit entwickelten Ländern gebaut werden“, meint er.



Die gewaltigen Ausmaße und die Sonnenscheinintensität prädestinieren südliche, wüstengeprägte Regionen für die Errichtung von Aufwindkraftwerken. 60 Prozent der Kosten entfallen auf die Erstellung des Glasdaches, das aus einfachen quadratischen Hängedachfeldern konstruiert werden kann. Die Turbinen stehen prinzipiell den druckgestuften Wasserturbinen näher als den geschwindigkeitsgestuften Windkraft-Anlagen. Sie sind bereits mit Wasserkraftwerksbauern ausführungsfähig entwickelt und kalkuliert. Man kann viele kleine Horizontalachsenmaschinen benutzen oder ein großes 200-MW-Aggregat mit vertikaler Achse in den Kaminquerschnitt setzen.

Mit Unterstützung von Bauunternehmen, Turbinenherstellern und der Glasindustrie konnten mittlerweile die Investitionskosten von typischen 200-MW-Aufwindkraftwerken verlässlicher

kalkuliert werden. So haben beispielsweise Experten der Energie Baden-Württemberg (EnBW) die Stromgestehungskosten im Vergleich zu Kohle- und GuD-Kraftwerken ermittelt. Danach ist der Strom aus einem solchen riesigen Turm etwa 20 Prozent teurer als aus Kohleblöcken. Die „Aufwind“-Kilowattstunde, so die EnBW-Berechnung, würde zwischen 12 und 20 Pfennigen liegen und ist damit bereits wesentlich preisgünstiger als Strom aus Photovoltaikanlagen. „Je länger die Nutzungsdauer und je niedriger der kalkulierte Zinssatz, umso günstiger wird die Kilowattstunde zu haben sein“, kommentiert Wolfgang Schiel, Diplom-Physiker und Mitstreiter von Schlaich, die Wirtschaftlichkeitskalkulationen.

24-Stunden-Betrieb mit Wasserspeichern

In solchen Zahlen ist kein Platz für viele technische Vorteile, die für das Aufwindkraftwerk sprechen: Das Problem aller Solarkraftwerke ist bekanntlich die Speicherung der Energie. Normalerweise funktionieren solche Anlagen nur bei Sonnenschein. Eine Alternative bietet Schlaichs Aufwindkonstruktion. Ein kontinuierlicher 24-Stunden-Betrieb wird durch unter dem Dach ausgelegte geschlossene Wasserschläuche garantiert. Sie geben ihre tagsüber gespeicherte Wärme in der Nacht wieder ab. Die meterdicken Schläuche werden einmal gefüllt, später gibt es keinen Wasserbedarf mehr.

Neben seiner einfachen Bau- und Funktionsweise – Windturbine und Generator sind die einzigen bewegten Teile – hat das Aufwindkraftwerk eine Reihe von Vorteilen gegenüber anderen Kraftwerkstypen. Die Stromröhre arbeitet nur mit Luft, Wasser für die Kühlung ist nicht erforderlich. In vielen sonnenreichen Ländern, die bereits Trinkwasserprobleme haben, ist dies ein entscheidender Vorteil.

Da die Solarstrahlung nicht konzentriert wird, kann auch die diffuse Strahlung unter dem Glasdach genutzt werden. „Dadurch ist auch ein Kraftwerksbetrieb bei ganz oder teilweise bedecktem Himmel möglich“, erklärt Physiker Schiel. Das ist insbesondere für tropische Länder mit häufig bedecktem Himmel von entscheidender Bedeutung. Der Wasserspeicher unter dem Kollektordach dient als billiger Energiespeicher und sichert einen kontinuierlichen Betrieb auf rein solarer Basis, ohne fossile Zufeuerung. Für Aufwind-Papst Schlaich gibt es gleich mehrere Vorteile seiner Vision: Schonung der Ressourcen und des Klimas, Entlastung der defizitären Dritte-Welt-Staatshaushalte vom kostspieligen Import fossiler Brennstoffe, hohe

Wertschöpfung im Lande durch den Bau des Kraftwerks und den Verkauf der gewonnenen Energie.

Selbst Europa könnte, davon ist Professor Schlaich überzeugt, schon im nächsten Jahrhundert mit Aufwindstrom versorgt werden. Nur vier Prozent der Sahara-Grundfläche reichen seiner Meinung nach aus, um eine Grundversorgung in den EU-Ländern zu sichern. In Nordafrika gewonnener Strom könnte über eine Hochspannungsgleichstromleitung in das europäische Verbundnetz eingespeist werden. Ernsthaftige Interessenten für diese Kraftwerkstechnologie gibt es in Indien und Sri Lanka. Ein Team internationaler Ingenieure überprüft die Realisierung eines 200-MW-Projektes im indischen Bundesstaat Rajasthan. Dort soll in der Wüste Thar das weltweit erste Aufwindkraftwerk entstehen, Kostenpunkt: 1,2 Milliarden Mark. Die Stromabnahmegarantie des indischen Staates sichere eine achtprozentige Verzinsung des eingesetzten Kapitals. „Amerikanische Investoren haben bereits Interesse signalisiert“, erklärt Wolfgang Schiel.

Voraussetzung sind riesige Flächen

Nur auf der Weltausstellung Expo 2000 wird die geplante Röhrenkonstruktion sehr wahrscheinlich nicht zu sehen sein. Was das Atomium für die Weltausstellung in Brüssel war, hätte Schlaichs Aufwindkraftwerk für Hannover werden können. Gerade für Besucher aus der sogenannten Dritten Welt ist die Aufwindstromproduktion eine technisch realisierbare Lösung. „Mit einfacher Technologie kann so relativ preiswert und ohne hohe laufende Brennstoffkosten Sonnenstrom hergestellt werden“, meint Rainer Köhne, Mitarbeiter des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Stuttgart. Überall dort, wo riesige Flächen zur Verfügung stehen, lassen sich die riesigen Türme hochziehen. Technisch sei alles machbar, nur gebe es, so „Erfinder“ Schlaich, vor allem auch hier zu Lande zu wenige mutige Visionäre, die solche Projekte auch anpacken. „Es bedarf einiges an Phantasie, um sich den Aufbruch in eine solare Energiewirtschaft vorzustellen“, meint der überzeugte Turmkonstrukteur Schlaich.

Angst vor den gigantischen Abmessungen der Kamine kennt der habilitierte Bauingenieur nicht. Schon vor Jahren seien die ersten etwa 600 Meter hohen Fernsehtürme gebaut worden, der nächste Schritt zum 1.000 Meter Koloss sei kein Problem. „Unsere Konstruktion bleibt auch bei Orkanen stehen“, versichert Schlaichs Mitarbeiter Wolfgang Schiel. ●