

Schlanke Giganten

Vision Aufwindkraftwerk: Die technischen Voraussetzungen sind geschaffen, Bochumer Bauingenieure sind an der Entwicklung eines Prototyps beteiligt

Wie riesige Schornsteine könnten sie einmal – etwa in Wüstenregionen – in den Himmel ragen und die Welt quasi zum „Nulltarif“ mit elektrischer Energie versorgen. Wider alle Unkenrufe machen sich verschiedene Gruppen von Ingenieuren heute weltweit dafür stark, eine geniale Idee dank moderner Stahlbetonbau- und Windingenieur-Technologien aus dem Reich der Visionen in die Gegenwart – oder doch zumindest in die nahe Zukunft zu holen.

Nicht selten beruhen große Erfindungen auf einem bestechend einfachen Prinzip und manchmal müssen mehr als 100 Jahre vergehen, bis sie der Menschheit nützen können. Bereits 1903 hatte der spanische Ingenieur Colonel Isidoro Cabanyes die Idee zu einem Sonnenkraftwerk. Dabei war ihm die Bedeutung erneuerbarer Energien durchaus bewusst. Ökologie und Ökonomie zu verbinden ist nicht erst Anliegen unserer Tage.

Doch erst 1982 knüpfte der Stuttgarter Ingenieurwissenschaftler Prof. Jörg Schlaich an Cabanyes' Erfindung an: Er entwickelte und baute den Proto-

typ des ersten Aufwind- oder Solarthermischen Kraftwerks im Spanischen Manzanares (s. Abb. 2).

„Das Prinzip ist denkbar einfach, durch ein großes Glasdach strahlt die Sonne auf den möglichst dunklen Boden und erwärmt die Luft. Das Dach steigt zu einem Schlot in seinem Zentrum hin leicht an (Abb. 3). Dorthin strömt die erwärmte Luft. Wie in jedem Schornstein steigt sie auch hier nach oben und zieht kalte Luft nach. Dieser Kreislauf liefert Energie – und die bleibt nicht ungenutzt. Kinetische

Viel mehr als „heiße Luft“: Energie umsonst für 100 Jahre

Energie wird umgewandelt, indem sie erst Ventilatoren, dann Stromgeneratoren antreibt – einfacher geht's nicht!“, schildert angetan der Windingenieur Prof. Hans-Jürgen Niemann. Gemeinsam mit dem Tragwerksplaner Prof. Wilfried Krätzig – wie Niemann Emeritus der Ruhr-Universität und reich an Erfahrung in besonders kniffligen Projekten – bringen beide ihr Wissen heute in die Ingenieurgesellschaften „Niemann&Partner“ sowie „Krätzig & Partner“ ein. Sie gehören mit dem Bochumer Ingenieur Prof. Rüdiger Höffer und seinem Wuppertaler Kollegen Prof. Reinhard Harte zu einer Gruppe

(s. Info), die sich seit sieben Jahren mit dem Thema „Aufwindkraftwerk“ befasst und die Technologie nun verstärkt vorantreiben will.

Das ist nötig, auch weil der vor 25 Jahren bereits technisch funktionierende Prototyp von Jörg Schlaich letztlich die Technologie doch ins Gerede brachte: Denn nach erfolgreicher Testphase von sechs Jahren baute Schlaich die Anlage nicht ab. Irgendwann löste sich dann ein Spannseil und der rund 200 m hohe Turm stürzte ein. Der Ruf war unberechtigt ruiniert. Zudem hatte Schlaich zu viel Leistung versprochen: anstelle 100 lieferte sein Prototyp nur 50 Kilowatt.

„Was wir heute entwerfen – es gibt Konstruktionen für Buronga (Australien), Swakopmund (Namibia), Ciudad Real (Spanien), auch in den USA und in der Volksrepublik China sind Forscher aktiv – ist etwas ganz anderes als der damalige Prototyp. Wir streben Leistungen von 50 Megawatt und mehr an“, sagt Wilfried Krätzig. Dafür wachsen solche Türme im Entwurf bereits von 700 bis zu 1 500 m in die Höhe (Abb. 4) und der Durchmesser des Glasdaches erreicht 7 km. Das Gewicht des Turmes würde das 30fache des mit 200 m heute höchsten Naturzugkühlturms der Welt im RWE-Kraftwerk Nieder- außerdem erreichen.

Abb. 1: Noch sind sie Vision – solare Aufwindkraftwerke mit einer Leistung von mehr als 50 Megawatt.



„Vor 25 Jahren hätte man diese Schlotte aus Stahlbeton überhaupt nicht bauen können, wir haben heute Betone, die sind so fest wie Gusseisen“, trägt Prof. Krätzig nach. „Noch vor drei, vier Jahren haben die meisten gelacht, als wir von unseren Plänen erzählten und gemeint, es würde Zeit für uns in Rente zu gehen. Spätestens seit Baubeginn des Burj Dubai Skyscraper (s. Abb. 4), der 818 m erreichen soll, ist die Höhenfrage völlig vom Tisch“, so Krätzig.

Es gibt viel Neues im Vergleich zum ersten Prototyp: So liegen die Flügel der Windturbinen heute nicht mehr waagrecht (darauf hätte ein Jumbo Jet Platz), sie haben horizontale Achsen bei Durchmesser von etwa 30 Metern und befinden sich im Umkreis des Schlotes (vgl. Abb. 2 und Abb. 4). Die Lufttemperatur erreicht kurz vor dem Schlot bis zu 100 °, was ganz neue Technologien für die Windturbinen und Baumaterialien erforderlich macht. Und warum sollen die Wärme und der Platz unter dem riesigen Glasdach nicht auch anderweitig Nutzen bringen: etwa für Gewächshäuser oder zur Meerwasserentsalzung. Die heutige Glas- und Glasbeschichtungstechnologie bietet unglaublich viele Möglichkeiten.

Die technische Herausforderung bleibt dennoch der Stahlbetonturm, der dem An-

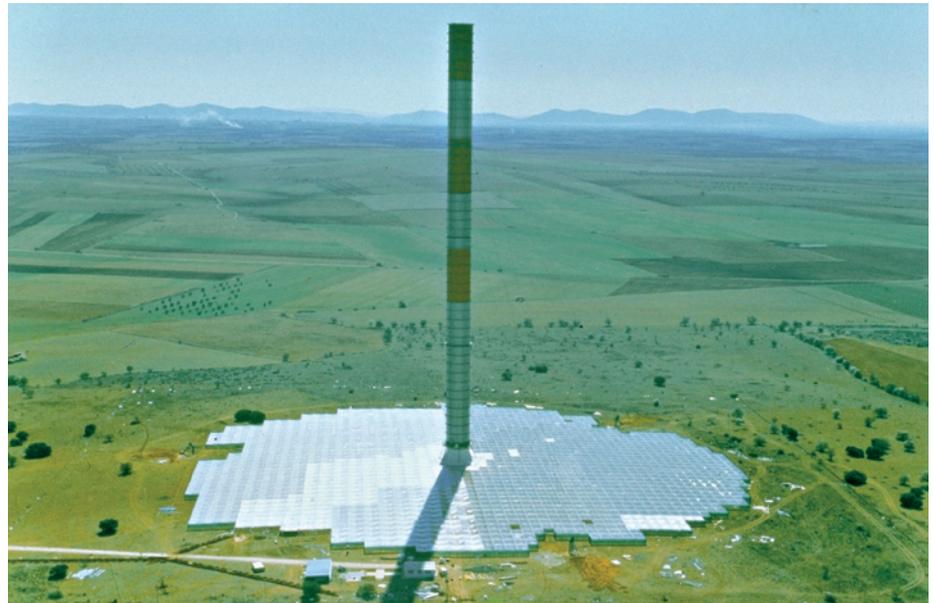


Abb. 2: Anknüpfen an den ersten Prototyp eines Aufwindkraftwerks, erbaut und getestet 1982 im spanischen Manzanar, wollen jetzt Bochumer Bauingenieure dank moderner Stahlbeton- und Windtechnologie.

griff des Windes und der Eigenlast widerstehen muss, zudem muss der Baugrund das Gewicht des Turmes tragen. Besonders gefährdet sind sog. Beulfelder, das sind Bereiche des Turmes, die durch Verstärkungsringe stabilisiert werden müssen. Der Turm entsteht in Schalenbauweise – und „bei der Schale trägt die Form“. Das heißt, die Kunst des Schalenbaus besteht darin, eine Form zu finden, die der verhältnismäßig dünnen Wand die Tragwirkung einer viel stabileren, dickeren verleiht. Das ist letztlich eine mühselige Arbeit am Computer, mit der Ingenieurwissenschaftler um Prof. Krätzig für ein Kraft-

werk (Turm: 1 000 m, Kollektordurchmesser: 6 000 m) in der Vorplanungsphase erste Ergebnisse lieferten (Abb. 5). Die Wer-

Kunst des Schalenbaus: Eine Form für hohe Stabilität finden

te für einen hohen schlanken Turm müssen möglichst niedrig sein, damit man so wenig wie möglich Beton benötigt – denn alles Material muss hoch hinaus transportiert werden. Zudem müssen die widerstehenden Spannungen in der Schale stärker sein als die Kräfte, die von außen einwirken. Dafür heißt es wiederum, über die

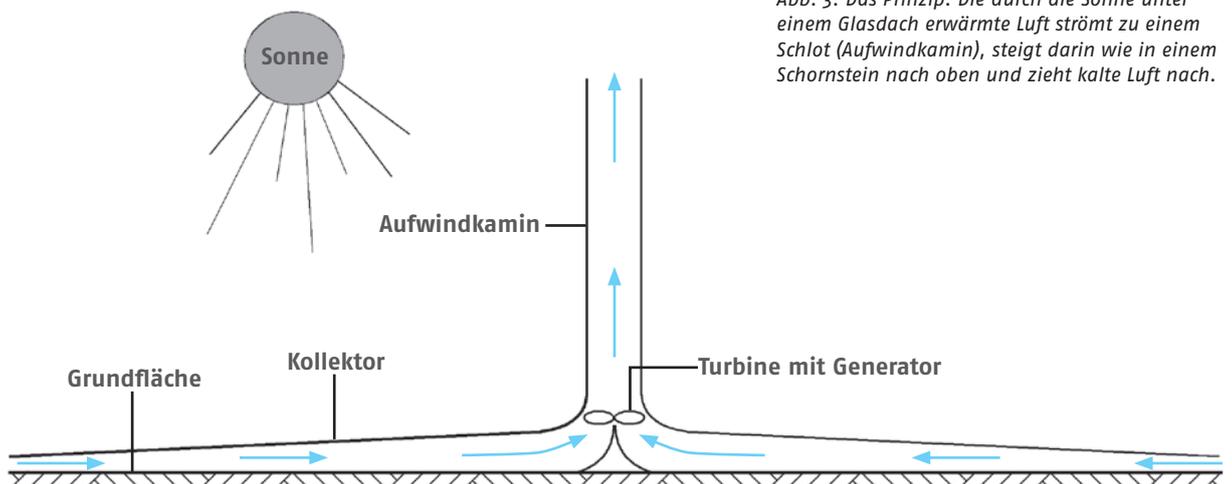


Abb. 3: Das Prinzip: Die durch die Sonne unter einem Glasdach erwärmte Luft strömt zu einem Schlot (Aufwindkamin), steigt darin wie in einem Schornstein nach oben und zieht kalte Luft nach.

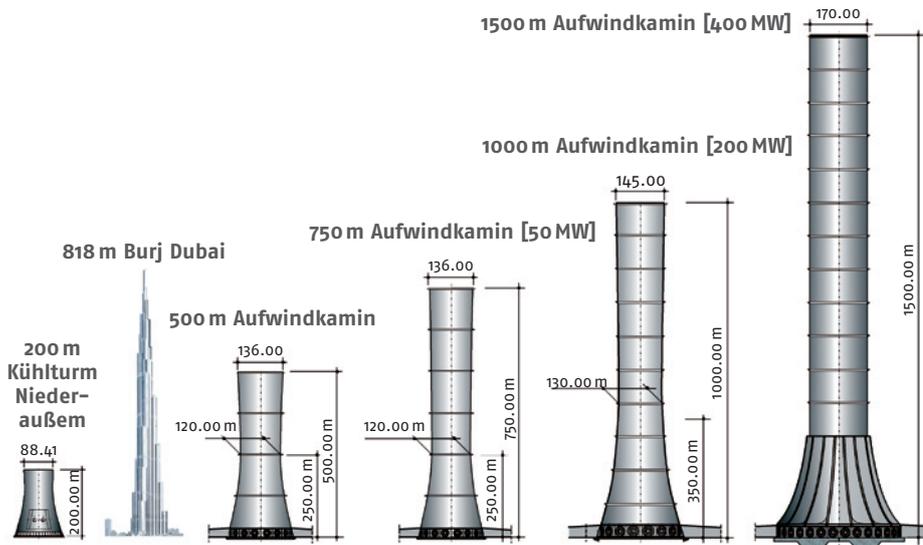


Abb. 4: Höhenvergleich: Auf den Entwurfskizzen von Ingenieurwissenschaftlern „wachsen“ solare Aufwindkraftwerke bereits in Höhen bis auf 1 500 m – hier im Vergleich mit dem Kühlturm in Nieder- außen und dem im Bau befindlichen Burj Dubai.

ganze Dicke des Turmes von oben bis unten in etwa die gleiche Spannung aufzubauen – das ist hier das Hauptproblem.

Für seine Berechnungen ist der Schalenstatiker auf die Angaben des Windingenieurs angewiesen. „Noch haben wir keine Erfahrungen mit Windströmungen in diesen großen Höhen“, gibt Niemann zu bedenken. „Die Normen gelten nur bis

zu einer Höhe von 300 m über Grund. Wir wissen durch physikalisch-meteorologische Modelle, dass der in Bodennähe sehr böige Wind in großen Höhen in einen gleichförmigeren Wind übergeht. Aber in der Frage, wie das geschieht, müssen wir uns noch an theoretische Ansätze halten.“ Prof. Niemann will das Modell eines Aufwindkraftwerks bald im Wind-

kanal untersuchen und dann die Daten über Kräfte- und Druckverteilungen an die Schaleningenieure um Wilfried Krätzig weitergeben.

Dass man so etwas heute bauen kann, ist für beide Forscher keine Frage. Die aktuelle Herausforderung ist eher wirtschaftlicher Natur. „Wir müssen das so preiswert machen, dass die Investitionskosten innerhalb von zehn Jahren abgeschrieben werden können“, schildert Wilfried Krät-

Die Herausforderung: Investitionskosten über zehn Jahre abschreiben

zig die gegenwärtige Lage und kalkuliert bei möglichen Investoren auch den CO₂-Emissionshandel mit ein. Die große Investition steht hier am Anfang, doch dann gibt es Energie umsonst für 100 Jahre.

Die Gruppe kooperiert international, um das wirtschaftliche Konzept des Solarkraftwerks an nationale Stromsubventionengesetze anzupassen. Mit den Eckdaten Turmhöhe: 750 m, Durchmesser: 90 m (unten 160 m), Kollektordurchmesser: 3,5 bis 4 km, Spitzenleistung: 50 Megawatt, wird derzeit in Bochum der Entwicklungsauftrag für den Prototyp eines Aufwindkraftwerks in Angriff genommen.

info

Für die Aufwindkraftwerk-Technologie: Alle in einem Boot

Das Team der Ruhr-Universität Bochum besteht aus den Professoren Dr.-Ing. Rüdiger Höffer, Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Wilfrid B. Krätzig und Dr.-Ing. Hans-Jürgen Niemann. Von der Bergischen Universität Wuppertal ist Prof. Dr.-Ing. Reinhard Harte mit dabei. Die NRW-Ingenieurwissenschaftler arbeiten eng mit den Professoren Dr. Theodor W. Backström, Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Detlev G. Kröger und Dr. Gideon P. A. G. van Zijl von der Universität Stellenbosch, Südafrika, zusammen. Zudem sind die Firma GreenTower Itd., Pretoria, und verschiedene deutsche Industriepartner beteiligt.

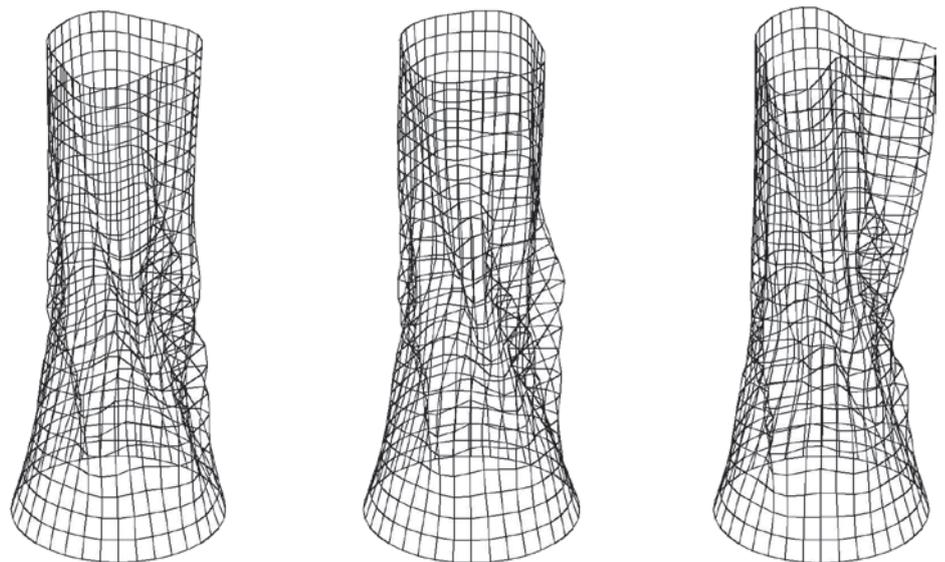


Abb. 5: Stabilitätsanalysen des solaren Aufwindkamins für kombinierte Eigenlast-Wind und Innen- sog-Belastungen. Instabilitätsdeformationen durchlaufen den gesamten Turm schräg in Richtung der Beanspruchung. Durch Versteifungsringe kann dieses ungünstige Formverhalten verbessert werden. Bereits drei von acht Versteifungsringen verbessern das Formverhalten erheblich und beschränken das Ausbeulen der Schalen nicht nur auf das untere Turmdrittel. Sie heben die niedrigste Beulsicherheit auf das 1,7fache an.