

Thermikkraftwerke

# Aufwind im Aufwind

Sonnenenergie gilt als eine große Hoffnung, den drohenden Klimakollaps zu bremsen oder gar zu verhindern. Klimakollaps, das bedeutet ein paar Grad mehr



Dr. Frank Kurp,  
Process Management Consulting  
GmbH, Köln.

Temperatur in der Atmosphäre. Mit dem Risiko abschmelzender Grönlandgletscher und Polkappen, Überschwemmungen weiter Teile der Küstenregionen, vermehrter und stärkerer Stürme, Verwüstungen, Dürren, Seuchen, Obdachloser, Toter. Es droht also ein erheblicher Schaden. Und es existiert nur ein überschaubares Portfolio möglicher Lösungsalternativen. Einen Ausschnitt dieser Alternativen stellen Aufwindkraftwerke oder allgemeiner Thermikkraftwerke dar, denn als regenerative Technologie nutzen sie keine fossilen Brennstof-

fe mit der Folge einer prognostizierten sehr guten CO<sub>2</sub>-Bilanz.

Gerade für die Nutzung der Sonnenenergie haben sich inzwischen sehr differenzierte Technologien ausgebildet: z. B. die Nutzung der durch Photosynthese und gegebenenfalls nachfolgende Prozesse gebildeten Biomasse, heute im Forschungs-/Pilotstadium auch durch Anzucht von Algen. Außerdem ist hier die Nutzung des Winds in Mühlen oder modernen Windenergieanlagen bzw. die Nutzung des Wasserkreislaufs in Laufwasserkraftwerken anzuführen oder aber die Wandlung der Sonnenenergie in rein technischen Prozessen. Deutliche Fortschritte wurden zur direkten Ausbeutung der Strahlungsenergie durch Photovoltaik gemacht. Man entwickelte konzentrierende oder nicht konzentrierende Kollektoren für die Wärmeerzeugung oder zur nachfolgenden Wandlung in Strom oder chemische Energie.

Biomasseerzeugung aber belegt fruchtbares Land, ist damit Konkurrent zur Nahrungsversorgung. Windenergie braucht möglichst stetigen, kräftigen Wind. Laufwasser

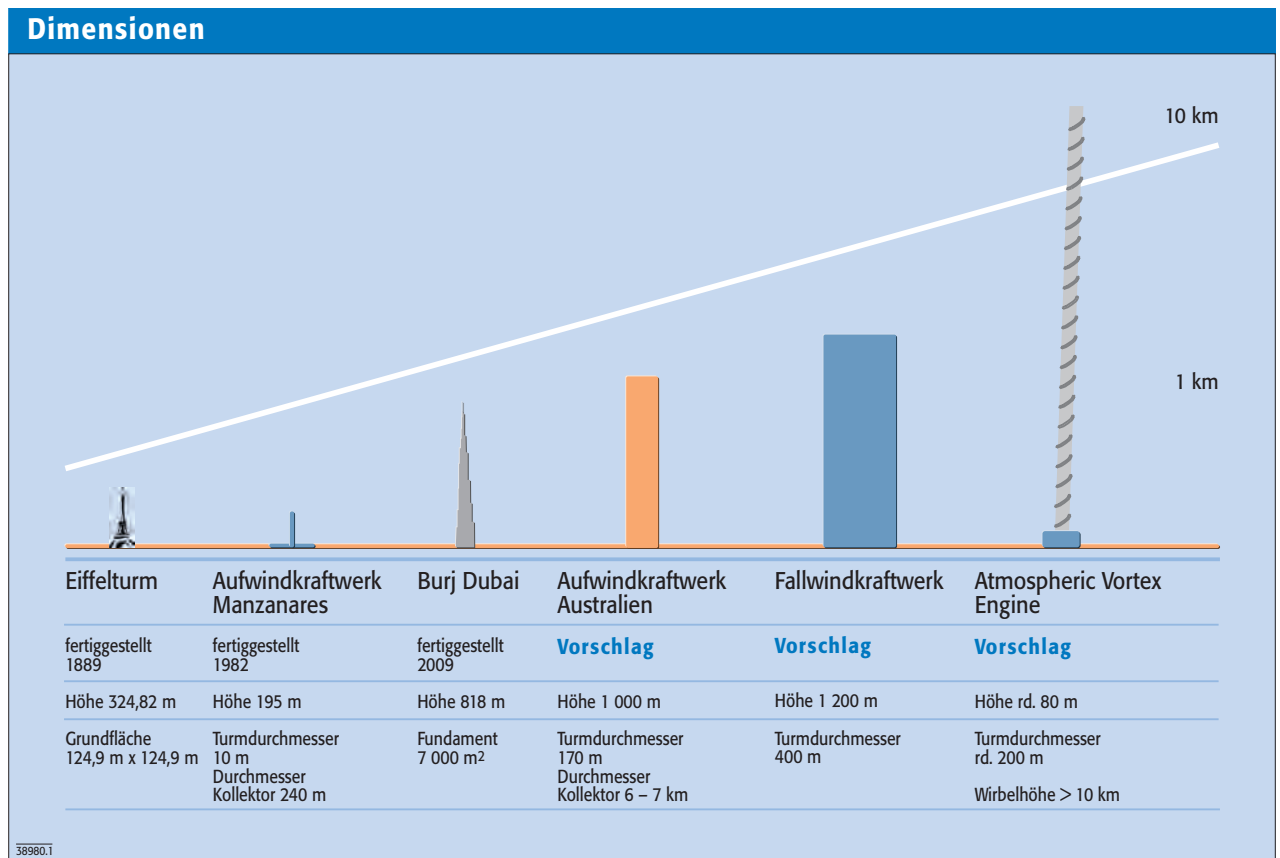


Bild 1. Veranschaulichung der Dimensionen des Manzanares-Prototypen sowie ausgewählter vorgeschlagener Thermikkraftwerkprojekte mit existierenden Bauwerken

setzt viel (Süß-)Wasser mit ausreichend Gefälle voraus. Photovoltaik und auch die konzentrierenden Technologien sind Hightech und daher nur mit großem Know-how herzustellen und zu warten. In weiten Teilen der Erde stehen aber weder Süßwasser, Wind, Biomasse noch Hightech-Industrien ausreichend zur Verfügung. Wenn aber Sonnenenergie oder einfach Wärme auf häufig unwirtschaftlichen Flächen in genügender Nähe zu menschlicher Besiedlung noch dazu im Überfluss vorhanden ist, haben Thermikkraftwerke das Potenzial, die beste Lösung in der Region zu sein.

## Das Prinzip

Vereinfacht gesagt erzeugt ein Thermikkraftwerk künstlich eine lokale Temperaturinhomogenität, die zu einem Auf- oder Abwind führt, einer künstlichen Thermik. Dafür werden üblicherweise drei Komponenten benötigt:

- Eine Wärmequelle oder eine Kältesenke, um einen Temperaturunterschied zu erzeugen,
- zweitens eine »Beschleunigungsstrecke«, klassisch ein Turm, um den Kamineffekt nutzen zu können und
- drittens Turbinen, die der Strömung die Energie entnehmen und sie an einen Generator abgeben.

Vielleicht ist dies der Grund, warum inzwischen einige Varianten des Thermikkraftwerks diskutiert werden: die »Schönheit« des einfachen physikalischen Prinzips, die vergleichsweise geringe Komplexität des Gesamtsystems und das Vorhandensein erprobter technischer Komponenten mit insgesamt wenigen beweglichen Teilen.

## Einige Varianten

Die Herausforderungen liegen an anderer Stelle. Der »Klassiker« unter den die Thermik nutzenden Kraftwerken mit solidem Turm und großflächigem Kollektor – obwohl revolutionär so doch trotzdem »straight forward« gedacht – ist eine Ausführung, die bereits zu Beginn der 1980er Jahre in einem Pilotprojekt mit »kleinen« Dimensionen realisiert worden ist. Das im Auftrag des deutschen Bundesforschungsministeriums in Manzanares/Spanien durchgeführte Aufwindkraftwerksprojekt bestand aus einem Kollektor mit rd. 240 m Durchmes-

ser, einem Stahl-/Blechturm von 195 m Höhe und 10 m Durchmesser sowie einer senkrecht stehenden Turbine (*Bild 1*). Dieses System erreichte eine Leistung von 50 kW. Damit konnte man aber die doch nicht ganz trivialen strömungstechnischen Modelle experimentell überprüfen. Und es konnten Daten für die gewünschte Glättung der von der Sonneneinstrahlung abhängigen Leistungskurve gewonnen und mit der Theorie verglichen werden. Die Lösung dieses Problems ist eine vierte Komponente, nämlich »Wasserschläuche«, die als Wärmespeicher weitgehend den Tag- und Nachtausgleich herstellen. Damit wurde eine gute Basis geschaffen, um auch Kraftwerke mit einigen hundert Gigawatt zu dimensionieren [1;2].

Hier »liegt der Hund begraben« bzw. auch wieder nicht. Die Leistung eines Aufwindkraftwerks ist in grober Näherung proportional zur Höhe des Turms und zur Kollektorfläche, bei einem Wirkungsgrad im Prozentbereich, bezogen auf die Einstrahlung. Für das Anfang des Jahrtausends für einen Standort in Australien und eine Leistung von rd. 200 MW ausgelegte Kraftwerk ergeben sich so Dimensionen, die das Bauwerk auch vom Mond aus erkennen lassen: Der Kollektor war mit einem Durchmesser von 6 bis 7 km veranschlagt. Der Turm wäre mit einer Höhe von 1 km bei einem Durchmesser von 170 m das größte Gebäude der Welt, deutlich höher als alle jemals vom Menschen gebauten Strukturen. Kleiner Rückblick: Zur Weltausstellung 1889 hat man in Frankreich ein – damals auch – höchstes Gebäude der Welt erbaut, den Eiffelturm. Der konnte und kann keine Energie erzeugen. Er musste und hat seine Investitionskosten schon zur Weltausstellung fast komplett mit Besuchereinnahmen eingespielt. Die Zeiten für Innovationen ändern sich offenbar. Denn das für Australien vorgeschlagene Aufwindkraftwerk ist bis heute nicht umgesetzt. Das Projekt war nicht finanzierbar, es wurden für die Finanzierung erhebliche Risikozuschläge verlangt. Aber gute Ideen werden sich irgendwann durchsetzen. Dazu trägt auch bei, dass inzwischen mehrere Forschungsgruppen weltweit die strömungstechnische Lösung zur genauen Dimensionierung der Kraftwerke weiter erforschen. Und nachdem das grundle-

gende Prinzip sehr gut verstanden ist, werden auch weitere Varianten für immer neue Nischen diskutiert.

Es wurde vorgeschlagen, das Prinzip aus Kollektor und Turm grundsätzlich zu erhalten, den Turm aber flexibel und selbsttragend als komponentenbasiertes System schlauchförmiger Ballone zu gestalten. Das Ziel ist, größere Höhen und geringere Kosten je installiertem Kilowatt zu erreichen [3]. Wenn man schon über Varianten für den Turm nachdenkt, liegt natürlich auch die Nutzung eines Bergs als Basis nahe (Patent DE 19543514A1).

Das Prinzip Thermikkraftwerk kann aber auch ohne Kollektor gedacht werden, z. B. mit dem Fallwindkraftwerk [4]. Durch das Einsprühen von Wasser – auch salziges wird hierbei als Möglichkeit angesehen – am Kopf eines Turms mit ähnlichen Dimensionen wie beim Aufwindkraftwerk (Höhe rd. 1 200 m, Durchmesser: 400 m) wird warme, trockene Luft abgekühlt. Sie fällt nach unten, der erzeugte Luftstrom wird über Turbinen zur Stromerzeugung genutzt. Nachteil gegenüber dem Aufwindkraftwerk: Es muss Kühlwasser in der Größenordnung einiger Tonnen je Sekunde zur Verfügung stehen, wobei die Pumpleistung, um das Wasser an den Kopf des Turms zu bekommen, die Nutzleistung des Systems reduziert. Vorteil: Die indirekte Nutzung der Sonnenenergie über ein Potenzial heißer, trockener Luft ermöglicht einen kontinuierlichen Betrieb ohne zusätzliche Speicher. Gute Standorte für diese Variante befinden sich im mittleren Osten und in Indien und Pakistan [5].

Und obwohl alle diese Lösungen ungewöhnlich, vielleicht auch ein wenig utopisch erscheinen, so kann immer noch etwas radikaler gedacht werden. Eine Lösung ohne Kollektor und – im Vergleich zu den bisher besprochenen Varianten auch ohne Turm – bildet die Atmospheric Vortex Engine des Kanadiers Prof. *Louis Michaud* [6]. Vielleicht von der Natur abgeschaut, ersetzt den Turm ein künstlich erzeugter Wirbel, der die Verbindung zwischen warmer, feuchter Luft am Boden und kaltem Potenzial von rd. –50 °C in rd. 10 km Höhe erzeugt; quasi eine künstliche Windhose, ein Tornado aus dem Labor [5]. Allerdings ist diese Anwendung eher auf die Nutzung vorhandener Abwärme angelegt. Aus 1 GW Abwärme soll ei-

ne Atmospheric Vortex Engine mit Gebäudegrößen von 50 bis 200 m Durchmesser und 30 bis 80 m Höhe eine elektrische Leistung von 200 MW erzeugen können. Das ergibt dann einen Wirbel der Größenordnung von 20 bis 50 m Basisdurchmesser und 1 bis 20 km Höhe.

### Fazit

Während eines der Grundprobleme dieser Kraftwerkstechnologien ihre Dimension zu sein scheint, erreichen Projekte für Wohn- und Geschäftsgebäude immer neue Höhenrekorde. Der Burj Dubai ist mit seiner Höhe von 818 m nahe an der der vorgeschlagenen Türme (*Bild 1*). Da dieser Trend zu immer höheren Gebäuden seit dem letzten Jahrhundert ungebrochen zu sein scheint, ist immerhin zu hoffen, dass Thermikkraftwerke spätestens in Synergie mit Strukturen angewendet werden, deren primäres Ziel nicht die Energieerzeugung ist.

Denn allen vorgestellten Varianten ist eines gemein: Auch wenn die kalkulierten Kosten der Stromerzeugung im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energien viel versprechend sind, werden hohe Investitionen benötigt, und es fehlt der Schritt von der Invention zur Innovation, ein erstes abgeschlossenes Projekt mit dem endgültigen Beweis der Wirtschaftlichkeit. Aber die Chancen der Technologie überwiegen gegenüber den Risiken und das mit jedem Tag mehr, der vergeht und den Klimakollaps näher bringt.

### LITERATUR

- [1] *Schlaich, J.*: Das Aufwindkraftwerk. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1994.
- [2] *Weinrebe, G.*: Das Aufwindkraftwerk – Wasserkraftwerk der Wüste. Nova Acta Leopoldina NF 91, Nr. 339, 2004, S. 117 – 141.
- [3] *Papageorgiou, C. D.*: Solar turbine power stations with floating solar chimneys. School of Electrical & Computer Engineering N.T.U.A., Electrical Machines Laboratory, Greece.

[4] *Zaslavsky, D.*: Energy Towers. Physica Plus 7.

[5] *Altman, T.; Guetta, R.; Zaslavsky, D.; Czisch, G.*: Evaluation of the potential of electricity by using technology of »Energy Towers« for the Middle East and India-Pakistan. Faculty of Civil and Environmental Engineering, Technion – Israel Institute of Technology, Israel, Institute for Electrical Engineering – Efficient Energy Conversion, University of Kassel, Germany, May 2007.

[6] *Michaud, L.*: <http://vortexengine.ca>.

(38980)

[kurp@process-consulting.de](mailto:kurp@process-consulting.de)

[www.process-consulting.de](http://www.process-consulting.de)