

# Aufwindkraftwerke

## Hoffnungen für die Dritte Welt

Verfasst 2006

Die Klimakonferenz in Nairobi im November 2006 hat durch ihr dürftiges Ergebnis gezeigt, wie wenig noch immer die Bereitschaft unter den Industriestaaten der Welt vorhanden ist, das Problem Klimaerwärmung tatkräftig anzugehen. Die gravierenden oftmals lebensbedrohenden Folgen bekommen die Menschen weltweit ohne Ausnahme zu spüren, trotzdem weigern sich Großstaaten wie die USA, China und Indien, ihre Kohlendioxidemissionen maßgeblich zu drosseln. Diese werden bekanntlich für die globale Klimaerwärmung zu einem nicht unerheblichen Teil mit verantwortlich gemacht. Insbesondere die elektrische Energie, Grundlage des vielfältigen industriellen und modernen menschlichen Lebens, die mittels fossiler Brennstoffe wie Erdgas, Holz, Erdöl, Kohle und Holzprodukten neben alternativen Energieerzeugern wie. z.B. Wind- und Wasserkraft erzeugt wird, sorgt für gewaltige Treibhausgas-Emissionen. Diese wiederum sorgen für eine Zunahme der globalen Lufttemperaturen mit den bekannten zerstörerischen Folgen für die Umwelt. Forscher und Wissenschaftler suchen daher seit langem intensiv nach klimaneutralen Erzeugungstechniken für die Stromerzeugung. Einer Form kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, der *Solar-technik*. Die Sonne spendet der Erde permanent kostenlos gewaltige Energiemengen, die durch geeignete technische Anlagen in nutzbaren Strom umgewandelt werden müssen. Dieser Herausforderung hat sich u.a. auch der deutsche Techniker und Forscher, *Professor Jörg Schlaich* gestellt, der eine alte geniale Idee aufgriff und sie zur Perfektion ausgearbeitet hat, das **Aufwindkraftwerk**.

Nur vier Prozent der Fläche der Sahara würden reichen ausreichen, um - theoretisch - ganz Europa mit umweltfreundlicher, emissions- und schadstofffreier Energie ohne Einsatz von fossilen oder atomaren Brennstoffen ausreichend zu versorgen. Diese fast unglaubliche Aussage machte der Stuttgarter Professor und Bauingenieur *Jörg Schlaich*, u.a. Mitkonstrukteur des Glasdaches des Münchener Olympiastadions, als er seine geniale Konstruktion zur umweltfreundlichen Energieerzeugung mit Hilfe des Sonnenlichtes schon vor einigen Jahrzehnten der Öffentlichkeit vorstellte. Er griff eine technische Idee zur Energiegewinnung auf, die Anfang der 30er Jahre in einem deutschen Science-Fiction-Roman vorgestellt und zuvor schon in einem Patent im 19. Jahrhundert veröffentlicht wurde. Die Idee des genialen Erfinders seinerzeit war, die von der Sonne auf dem Erdboden erhitzte Luft durch möglichst hohe Kamine (Schornsteintürme) in die Atmosphäre hinaufströmen und dadurch Windturbinen zur Stromgewinnung in den Kaminen antreiben zu lassen. Auf dem Erdboden in den heißen sonnendurchfluteten Zonen der Erde, z.B. den Wüstenzonen wollte der kühne Er-

finder eine Art überdimensionales mehrere Quadratkilometer großes Gewächshaus errichten, in dem die Sonne die darin eingefangene Luft besonders hoch erhitzt, die dann durch das große Temperaturgefälle zwischen dem Erdboden und dem oberen Kaminende durch möglichst sehr hohe Stahlbetonkamine strömt und die darin eingebauten Turbinen und Generatoren zur Stromerzeugung antreibt. Eine überlieferte Zeichnung zeigt die Idee, wie an den Hängen von Steilgebirgen in der Sahara Stahlkamine, die im Felsen verankert sind, emporragen und die am Fuße von großen aufgeständerten Glasdachflächen umgeben sind. Freistehende Schornsteine von großer Höhe konnte man seinerzeit aus technischen Gründen noch nicht bauen. Damals ließ sich die Technik noch nicht verwirklichen.

### **Das technische Prinzip**

Ein Feuerofen muss gut ziehen, soll er gut und sauber brennen, das fordern Ofenbauer und Umweltschutzgesetze. Diese Anforderung verlangt und kontrolliert ebenso der Schornsteinfeger. Ein Ofen zieht deshalb, weil es ein Temperaturgefälle zwischen der heißen Luft in der Brennkammer und der kühleren Luft am Schornsteinausgang oben auf dem Dach gibt, denn Wärme steigt gemäß physikalischen Gesetzen als leichtere Luft immer nach oben. Man nennt diesen Vorgang den Kamineffekt. Auch bei Kühltürmen in der Stromerzeugung durch Kohle-, Öl- bzw. Erdgaskraftwerke nutzt man dieses Prinzip, oft auch unterstützt durch eine zusätzliche Wasserabkühlung. Die Dampfschwaden sieht man kilometerweit in der Landschaft.

### **Die Umsetzung**

Von diesem physikalischen Gesetz ließ sich *Jörg Schleich* aus Stuttgart, im Hauptberuf Professor am Institut für Konstruktion und Entwurf der Universität Stuttgart, und Konstrukteur von Brücken, Tragwerk- und Kühltürmen leiten, als er ein riesiges Kraftwerk zur Erzeugung von nahezu emissionsfreiem Strom entwickelte. Dieses sollte nicht nur den westlichen Industrienationen helfen, mit ihren Energieproblemen auf umweltfreundliche Art fertig zu werden, er wollte insbesondere den Ländern der dritten Welt helfen, mit nahezu frei verfügbaren heimischen Ressourcen und eigenen Arbeitskräften ihre Energieprobleme auf möglichst effektive Weise zu lösen, ohne dass sie von den Öl-, Gas- oder Kohlekonzernen bzw. Energieimporten abhängig sind, bei ohnehin stets knappen Devisenressourcen. Nach übereinstimmenden Berechnungen mehrerer führender Ingenieurbüros könnte mit einem solchen Solar-Kraftwerk Strom aus Sonnenenergie derzeit (2005-2006) für etwa 7 bis 10 Eurocent erzeugt werden und läge damit weit unter den Stromerzeugungspreisen aus modernen Solarzellenanlagen, die zur Zeit noch mit rund 50 bis 80 Eurocent je Kilowattstunde angegeben werden und bei ihrer Installation einen sehr großen Flächenverbrauch haben. Mittels der Energie der Sonne soll lt. Prof. Schleichs Idee in einem riesigen mehrere tausend Quadratmeter großen „Treibhaus“ die unter einem Glaskäfig erhitzte Luft durch einen mindestens 1000 Meter hohen Schornsteinkamin in die Höhe geführt werden und dabei mehrere dazwi-

schen geschaltete Rotorblätter, die mit Generatoren verbunden sind, durch den Luftsog antreiben und Strom erzeugen.

Dieses Energieerzeugungssystem wird Aufwindkraftwerk genannt. Schon vor mehr als fünfundzwanzig Jahren kam *Professor Schlaich* bei seinen Reisen durch Indien und andere Länder der Dritten Welt die Idee, gerade in diesen klimatisch günstigen Gebieten derartige Aufwindkraftwerke zu bauen und seit zwanzig Jahren ist er auf der unermüdlichen Suche nach der Verwirklichung seines Projekts. Ein bisher schier unüberwindliches Hindernis für den Bau besteht darin, dass zu Beginn der Erstellung ein größeres Startkapital benötigt wird, das sich erst nach mehreren Jahren amortisiert. Ein zweites Hindernis besteht darin, dass die Interessenten trotz verlässlicher Berechnungen dem Erfolg noch misstrauen und auf ein erfolgreiches Vorzeigemodell warten.

Es liegen erweiterte Berechnungen vor, dass sogar der Weltgesamtbedarf an Energie allein durch Aufwindkraftwerke problemlos gedeckt werden könnte. Dennoch kommen die Projekte von *Professor Schlaich* in Europa nicht recht voran, Interesse besteht zwar, aber es werden seit Jahren keine finanziellen Mittel für Versuchsanlagen genehmigt. Offensichtlich fürchten vor allem die einflussreichen, konventionellen Stromerzeuger, die den Markt beherrschen, die große Konkurrenz, sie wollen keine Konkurrenz oder Marktanteile verlieren. Obwohl gerade sie über große Kapitalreserven aus ihren hohen Gewinnen verfügen, fördern sie dieses revolutionäre Projekt nicht. Anders lässt sich die Zurückhaltung nicht erklären. Möglicherweise ist die Not auch noch nicht groß genug, die die immer weiter schwindenden Rohstoffe verbunden mit laufenden Preiserhöhungen und der unaufhaltsame CO<sub>2</sub> Anstieg in absehbarer Zeit auslösen wird. Einige Preissprünge nach oben haben die Verbraucher ja bereits erlebt.

Naturgemäß müssen Aufwindkraftwerke in Gebieten gebaut werden, die im Sonnen- und Trockengürtel der Erde liegen, das sind in der Regel Wüsten- und Steppenzonen. Solche Gegenden, von denen es auf der Erde genügend gibt, kommen Großprojekten wie speziell diesen Kraftwerken ideal entgegen, denn in Wüstengebieten scheint zum einen die Sonne nahezu das ganze Jahr über mit großer Intensität und zum anderen wird dort kein fruchtbarer, wertvoller Ackerboden für die großflächigen Anlagen verbraucht. Geradezu ideal sind diese Zonen für die Länder der Dritten Welt in Asien wie Indien und Pakistan sowie in Nord- und Südafrika, aber auch Australien und Süd- und Mittelamerika könnten davon enorm profitieren. Die Wüste liefert zum einen kostenlos große Mengen an Quarzsand zur Erzeugung von Glas für die riesigen Bedachungen und zum anderen Sand für den Beton zum Bau der hohen Kamine und anderer Anlagen solcher riesiger Konstruktionen. Indien besitzt überdies hochtechnische Industrieanlagen zur Stahlherstellung, Stahl wird für die Ständerkonstruktion und die Kamine in größeren Mengen benötigt. Tausende von Arbeitsplätzen könnten entstehen, ein weiterer großer Vorteil insbesondere für diese Länder.

Nach den Berechnungen von *Prof. Schlaich* und seinen Mitarbeitern müsste ein effektiv arbeitendes Aufwindkraftwerk ein mehrere Quadratkilometer großes rundes, auf-

geständertes Glasdach besitzen, eine Art überdimensionales Gewächshaus, in das die Luft an den Seiten am Erdboden ein- bzw. nachströmen kann. Im Zentrum der Anlage, zu dem sich das Glasdach leicht ansteigend erhebt, steht ein mindestens 1000 Meter hoher Kamin aus Beton oder Stahl mit bis zu 170 Meter Durchmesser am Boden, der sich nach oben hin leicht weitet. Durch ihn strömen die erhitzten Luftmassen mit großer Macht durch den Höhenunterschied empor. Der Luftstrom soll mindestens 60 Stundenkilometer im Windschlot erreichen und ist, ein weiterer unschätzbare Vorteil dieser Konstruktion, vollkommen abgas- und schadstofffrei, also äußerst umweltfreundlich. Mit etwa 200 Megawatt Leistung je Einheit übertrifft ein solches Aufwindkraftwerk alle bisher gebauten oder geplanten solarthermischen bzw. fotovoltischen Stromerzeugungsanlagen um ein Vielfaches. Die Aufwindanlage weist so gut wie keine Verschleißteile auf und kann Strom im Dauerbetrieb erzeugen, sogar nachts, wenn die Sonne naturgemäß nicht scheint, wie noch genauer dargestellt werden wird. Im Vergleich mit modernen herkömmlichen Stromerzeugungsanlagen werden auch keine wertvollen weil nur begrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen wie Öl, Kohle, Holz oder Gas verbraucht oder hochgiftiges Plutonium bzw. radioaktive Abfälle erzeugt. Seine Berechnungen ließ *Prof. Schlaich*, der nichts dem Zufall überlässt, von führenden Bauingenieuren, Bauunternehmen, Turbinenherstellern und Glasproduzenten wiederholt nachrechnen und prüfen im Hinblick auf die Machbarkeit und ökologischen Aspekte. Sie bestätigten übereinstimmend seine Vorgaben und Messwerte.

### **Preisvergleiche**

Nach langem Zögern interessierte sich auch die heimische Stromwirtschaft für Schlaichs Idee und zeigte sich nach eigenen Berechnungen von der Effektivität der Aufwindkraftwerke sehr beeindruckt. Es stellte sich heraus, dass der Strom aus Aufwindkraftwerken unter realistischen Rahmenbedingungen zur Zeit nur um etwa einen Cent pro Kilowattstunde teurer käme als aus Steinkohlekraftwerken, aber auch nur dann, wenn diese ihre Kohle aus billigen Importen zu konkurrenzfähigen, niedrigen Weltmarktpreisen bezieht (und nicht aus hoch subventionierter heimischer Stein- oder Braunkohle, wie z.B. in Deutschland) und wenn darüber hinaus die hohen Abschreibungen der Kraftwerke mit einberechnet werden. Bei den permanent steigenden Preisen für Importkohle dürfte der Strom aus Schlaichs Aufwindkraftwerken allerdings bald schon sehr viel günstiger zu erzeugen sein als durch Kohlekraftwerke. Um knapp zwei Cent würde der Strom aus Aufwindkraftwerken teurer sein im Vergleich zu den zur Zeit nahezu konkurrenzlos günstig arbeitenden Erdgaskraftwerken, bei derzeitigen Erdgaspreisen, die allerdings dabei das immer knapper werdende Wirtschaftsgut Erdgas pausenlos verbrennen und die dabei, wie auch die Kohlekraftwerke, u.a. große Mengen des klimabeeinflussenden Kohlendioxidgases erzeugen.

Aus solchen Gründen sind Aufwindkraftwerke insbesondere für solche Länder interessant, denen es an Devisen für den Import von Kohle-, Öl- und/oder Erdgas fehlt, die andererseits aber die benötigten Rohstoffe für den Bau solcher Kraftwerke im eigenen Land,

insbesondere Sand und Sonne in ausreichender Menge besitzen. Nach eingehender Prüfung und Berechnung schrieb *Gerhard Goll*, Vorstandsvorsitzender der Energie Baden-Württemberg, schon vor Jahren an den vormaligen Bundesforschungsminister *Jürgen Rüttgers*, CDU, dass das Aufwindkraftwerk „allen anderen Solarkraftwerken deutlich überlegen und deshalb besonders förderungswürdig sei“. *Prof. Schlaich* wies andererseits darauf hin, dass auch Europa von solchen Kraftwerken unmittelbar profitieren könnte. Es sei leicht möglich, in Nordafrika Aufwindkraftwerke mit europäischem Kapital zu bauen und über das in Europa bereits existierende Verbundstromnetz könnte der in Afrika erzeugte Solarstrom in alle Länder Europas geleitet werden. Der Energieverlust, der durch die längeren Leitungen entsteht, wird auf maximal auf 12 Prozent kommen und ist somit vernachlässigbar.

### **Tag- und Nachtbetrieb möglich**

Während die bisher auf dem Markt befindlichen Solaranlagen immer dann ihre Stromproduktion einstellen oder einschränken müssen, wenn die Sonne untergegangen ist oder wenn dichte Wolken den Himmel verdecken bzw. eine dicke Schneedecke die Solarmodule bedeckt, funktioniert die Anlage von *Professor Schlaich* sowohl bei bewölktem Himmel als auch nachts, also rund um die Uhr. Zur Überbrückung der nächtlichen Dunkelheit oder vorübergehender seltener Wolkenbedeckung des Himmels in Wüstenzonen wird ein Energiespeicher von genialer kostengünstiger Einfachheit eingesetzt. Unter dem Glasdach befindet sich am Boden in dunkelfarbigem (schwarzen) Schläuchen oder anderen geeigneten Behältern z.B. Wasser, das nicht zirkuliert und nicht verdunsten kann. Es wärmt sich am Tage unter der intensiven Bestrahlung der Sonne neben der Luft stark auf. Wer im Sommer auf das Blechdach eines Autos fasst, weiß, welche enorme Hitze Sonnenstrahlen erzeugen können. Nach Sonnenuntergang wird die gespeicherte Wärme des Wassers an die Luft abgegeben und hält auf diese Weise die Luftzirkulation aufrecht. Daher drehen sich die Turbinen mit nahezu konstanter Leistung 24 Stunden am Tag.

### **Voraussetzungen**

Nach den Berechnungen der Ingenieure kann ein Aufwindkraftwerk nur dann effektiv und konkurrenzfähig arbeiten, wenn bestimmte Mindestmaße in der Fläche des Glasdaches und der Höhe des Kamins erreicht werden. Ein Anfang der achtziger Jahre des letzten Jahrhunderts in Manzanares in Südspanien, etwa 150 Kilometer südlich von Madrid errichtetes erstes kleineres Versuchsaufwindkraftwerk, das mit finanzieller Unterstützung des deutschen Forschungsministeriums der damals sozialdemokratischen Bundesregierung unterstützt und gebaut wurde, lieferte einige Jahre lang Strom mit einer relativ geringen Leistung von etwa 50 Kilowattstunden. Der Kamin wies eine Höhe von „nur“ 200 Metern auf und hatte einen Durchmesser von zehn Metern. Wegen der beschränkten finanziellen Mittel, man musste beim Bau der ersten Aufwindkraftanlage mit nur 13 Millionen Mark (ca. 6,4 Mill. Euro) auskommen, war kein größeres Versuchsobjekt möglich, außerdem fiel die Technik seinerzeit

notgedrungen sehr bescheiden aus. So musste man billige Plastikfolien statt Glas verwenden, die sich durch die intensive Sonneneinwirkung und UV-Strahlen dann immer mehr zersetzten oder durch andere Einflüsse schadhafte und löcherig wurden und den Betrieb und die Wirkung erheblich störten und minderten. Berechnungen ergaben, dass ein nur fünfmal höherer Turm, der dann mindestens 1000 Meter Höhe aufweist, aufgrund physikalischer Gesetze gut 4000mal (!) mehr Strom erzeugen kann. Der Strom würde in diesem Fall zwischen 7 bis 10 Eurocent je Kilowattstunde kosten und wäre somit erheblich günstiger als jede Fotovoltaikanlage heutiger moderner Konstruktion. Außerdem verbrauchen Fotovoltaikanlagen verhältnismäßig große Land- und Dachflächen, die insbesondere in Industrieländern knapp und kaum verfügbar sind und stellen hier somit einen nicht unerheblichen Nachteil dar.

*Professor Schlaich* ist als Bautechniker überzeugt, dass es Bauingenieuren keinerlei technische Probleme bereiten würde, derart hohe Kamine sicher zu bauen. Er wies auf Pläne von japanischen und taiwanesischen Ingenieuren hin, die sogar in Erdbebenzonen Bürohochhäuser von mehr als 1000 Meter Höhe errichten wollen und bereits sehr hohe Gebäude in aller Welt errichtet haben.

Die der SPD nachfolgende christdemokratische Regierung sowie alle weiteren Regierungen der Nachfolgezeit, der diese Pläne ebenfalls zur Prüfung vorgelegt wurden, konnten sich nicht entschließen, trotz erheblicher Vorteile ein größeres Projekt finanziell zu fördern, um so der deutschen Industrie und Wirtschaft einen technischen Vorsprung zu ermöglichen, im Gegenteil, *Professor Schlaich* stieß in den neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts im Bonner Zukunftsministerium in der Zeit von *Minister Rüttgers* auf vollkommenes Desinteresse, die Stimmung schlug schließlich sogar in Feindschaft um, wie *Schleich* enttäuscht berichtete. Bei Anfragen und Erkundigungen über Aufwindkraftwerke in diesem Ministerium wurde immer wieder auf das ‚magere‘ Ergebnis des Versuches in Spanien hingewiesen, bei dem die vergebenen zunächst 13 und schließlich 18 Millionen Mark quasi, wie man vorgab, „zum Schornstein hinaus geblasen worden seien. Man wolle doppelt oder dreifach alle jene zur Vorsicht mahnen, die daran dächten, ein solches Aufwindkraftwerk zu bauen.“ Der Verdacht entstand seinerzeit wohl nicht zu unrecht, man wolle insbesondere der ‚boomenden‘ finanziell einträglichen Kernkraft und der Kohle keine Konkurrenz schaffen. Diese Vermutung hat sich bis heute gehalten. Jedoch wurden für die Erkundung und Planung eines Endlagers für radioaktiven Atommüll bereits einige Milliarden Euro ausgegeben, ohne einen nennenswerten Erfolg aufweisen zu können. Zuvor wurde die Planung und der Bau der Atomkraftwerke mit noch weit höheren Beträgen staatlicherseits subventioniert und gefördert.

Es sah vorübergehend dann doch noch so aus, als ob eine erste größere Prototypanlage in Marokko gefördert und finanziell unterstützt werden sollte, doch wurden die Absichten seitens der deutschen Regierungsstellen schließlich endgültig aufgegeben und abgelehnt. Die finanziellen Förderaussichten durch die dann folgende neue rot-grüne Bundesregierung schwanden mit der zunehmenden immer höheren Verschuldung Deutschlands.

## Beispiel Indien

Einen ersten Erfolg hatte *Prof. Schlaich* schließlich in Indien, als er mit seinen Partnern im Jahr 1995 eine Ausschreibung für ein solares umweltfreundliches Großkraftwerk im indischen Bundesstaat Rajasthan gewann. Indische und ceylonesische Großinvestoren aus dem Banken- und Versicherungsgeschäft hörten von *Schlaichs* Aufwindkraftwerken und ließen von einem Team internationaler Bauingenieure seine Berechnungen und Vorgaben prüfen. Die Teams kamen übereinstimmend zu dem Ergebnis: „Ein höchst profitables Geschäft.“ Er erhielt den Zuschlag. Es soll, sobald die Finanzierung gesichert ist, zunächst ein erstes Aufwindkraftwerk mit einer Leistung von 200 Megawatt gebaut werden. Sollte diese Prototypanlage den Erwartungen entsprechen, werden mindestens weitere vier Kraftwerke gleicher Größe dazukommen, um auf eine erstrebte Gesamtleistung von zunächst 1000 Megawatt zu kommen. Derzeit sind alle Pläne allerdings zunächst gestoppt, es fehlt den Gesellschaften am notwendigen Kapital. Pläne für den Bau mehrerer solcher Großanlagen werden derzeit auch in Australien ernsthaft untersucht. In diesem Land legt man größten Wert auf eine möglichst emissionsfreie Erzeugung von Energie in naher Zukunft. Und Sonne und Wüstenflächen gibt es hier mehr als genug. Die Regierung hat ein Gesetz verabschiedet, dass in den kommenden Jahren ein noch festzulegender Prozentsatz an alternativer Energie erzeugt werden muss. Da kam die Erfindung von Prof. Schlaich gerade recht. Eine Konstruktions- und Planungsfirma wurde bereits im Land gegründet. Sie arbeitet derzeit an den Plänen zur Verwirklichung von zunächst einer, anschließend weiteren vier bis fünf Anlagen.

Obwohl der Bau eines solch riesigen Objektes mehrere Jahre benötigt, kann elektrischer Strom schon während Bauphase erzeugt werden, sobald die Windgeneratoren im Kamin eingebaut worden sind und die ersten Abschnitte des Glasdaches erstellt sind. Die Fortführung der Stromerzeugung ist ebenfalls auch dann weiter möglich, wenn während eventueller Reparaturen am Glasdach gearbeitet wird. Sollte sich das Konzept bewähren, will man die Stromerzeugung einer Anlage dadurch erhöhen, dass man das Glasdach nach den Seiten bzw. Enden hin erweitert und auf diese Weise für einen noch kräftigeren, d.h. effektiveren Luftstrom sorgt.

Sobald das erste Aufwindkraftwerk mit voller Leistung arbeitet und genügend Erfahrungen und gesicherte Auswertungsdaten vorliegen, ist anzunehmen, dass dann auch andere Länder diesem Beispiel folgen und mit dem Bau von Aufwindgroßanlagen beginnen werden. Das wäre ein großartiger Erfolg und Gewinn für die Umwelt. Bisher haben sich nach Angaben von *Professor Schlaich* erst wenige Regierungen ernsthaft für seine Anlagen interessiert. Das könnte sich aber schlagartig ändern, wenn die Praxis bestätigt, dass die Berechnungen und Vorhersagen zutreffen und wenn vor allem die natürlichen Rohstoffe wie Erdöl, Erdgas, Uran und Kohle immer knapper und damit immer teurer werden. Diese Entwicklung ist jedenfalls zeitlich abzusehen.