

# Solarthermische Kraftwerke

## - Das Aufwindkraftwerk -

### Inhaltsverzeichnis

1. Einführung .....	1
2. Funktionsweise .....	1
2.1. Aufbau .....	1
2.2. Entstehung der Luftströmung .....	1
2.3. Energiegewinnung .....	1
3. Vor- und Nachteile .....	2
3.1. Vorteile .....	2
3.2. Nachteile .....	2
4. Wirtschaftlichkeit .....	2
4.1. Stromgestehungskosten .....	2
4.2. Vergleich mit Konventioneller Energieerzeugung .....	3
4.3. Standortbezogene Dimensionierung .....	3
5. Zukunftsaussichten .....	4
Abbildungsverzeichnis: .....	4
Quellenangebe: .....	4

---

Autoren:  
Fabian Renger  
Dominik Franz

## 1. Einführung

Das Aufwindkraftwerk ist ein solares Großkraftwerk für die sonnenreichen Gegenden der Erde. Es hat den Vorteil, dass es einzig auf der Zusammenstellung längst bekannter und gut erforschter physikalischer Effekte und Funktionsweisen basiert. So stellen der Treibhauseffekt, der Kamineffekt sowie eine Generator gekoppelte Turbine, die Hauptsäulen eines funktionsfähigen Aufwindkraftwerkes dar.

Es ist bisher noch kein Kraftwerk dieser Art in Betrieb, allerdings wurde eine erste Prototypanlage bereits zu Beginn der 80er Jahre in Manzanares in Spanien errichtet. Diese Anlage wurde nur zu Forschungszwecken vom deutschen Bundesforschungsministerium gebaut und lieferte außer wichtiger Erkenntnisse und Messwerte auch die Gewissheit, dass Energieerzeugung auf diese Weise in der Praxis möglich ist.

## 2. Funktionsweise

### 2.1. Aufbau

Das Aufwindkraftwerk besteht aus einem kreisförmigen transparenten Dach, welches am Umfang offen ist. Dieses bildet mit dem darunter befindlichen natürlichen Boden einen Warmluftkollektor. Die Höhe des Daches nimmt zur Mitte der kreisförmigen Anordnung zu. Dort ist eine Kaminröhre platziert. An dessen Fuß eine Turbine mit angekoppeltem Generator angebracht ist.

### 2.2. Entstehung der Luftströmung

Durch die Sonne wird die Luft unter dem Kollektordach erwärmt (Treibhauseffekt) und strömt daraufhin mit der Steigung des Daches zur Mitte. Da die warme Luft am unteren Ende des Kamins eine geringere Dichte hat, als die kalte, außerhalb der Anlage, steigt die erwärmte Luft in der Röhre nach oben. Dadurch wird ein Unterdruck unter dem Kollektordach erzeugt und frische kühlere Luft an den Rändern angesaugt (Kamineffekt). Diese wird wiederum erwärmt und es entsteht ein kontinuierlicher Aufwind im Kamin.

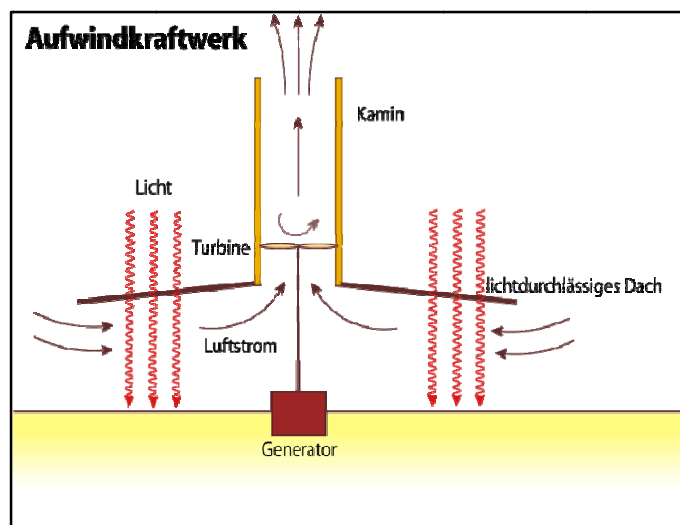


Abbildung 1: Funktionsprinzip des Aufwindkraftwerkes

### 2.3. Energiegewinnung

Die in der Luftströmung enthaltene Energie wird mit Hilfe einer Turbine und einem angekoppelten Generator in elektrische Energie umgewandelt. Die Luftgeschwindigkeit vor und hinter der Turbine ist etwa gleich. Die entzogene Leistung ist proportional zum Produkt aus dem Volumenstrom und dem Druckabfall an der Turbine, was technologisch mit einem Wasserkraftwerk vergleichbar ist. Diese druckgestuften Turbinen besitzen gegenüber konventionellen freilaufenden Windenergiekonvertern einen 10 mal höheren Wirkungsgrad.

### 3. Vor- und Nachteile

Ein Aufwindkraftwerk hat entscheidende Vorteile, jedoch ist dessen Einsatz auch an gewisse Parameter gebunden.

#### 3.1. Vorteile

Der wahrscheinlich größte Vorteil des Aufwindkraftwerks sind die geringen Betriebskosten. Ist die Anlage aufgestellt läuft das Prinzip ohne Zuführung von Wasser oder anderen Rohstoffen. Aufgrund der vergleichbar einfachen Funktionsweise, hat das Kraftwerk auch eine lange Lebensdauer welche sich in einem Bereich von bis zu 50 Jahren bewegt. Kontinuierlicher 24-Stunden-Betrieb kann durch auf dem Boden ausgelegte, einmalig mit Wasser gefüllte, Schläuche oder Säcke erreicht werden. Das Wasser erwärmt sich während des Tages und gibt die Wärme nachts wieder ab.

#### 3.2. Nachteile

Ein Nachteil des Aufwindkraftwerks ist, dass für einen lohnenden Energie Ertrag ein sehr hoher Kamin gebaut werden muss. Was gerade in windreichen Region zu Problemen führen kann. Des Weiteren muss dafür gesorgt werden, dass das Kollektordach transparent bleibt, um den Treibhauseffekt aufrecht zu erhalten und somit das Dach gereinigt und eventuell ausgetauscht werden muss.

### 4. Wirtschaftlichkeit

#### 4.1. Stromgestehungskosten

Eine reelle wirtschaftliche Nutzbarkeit von Aufwindkraftwerken zu Stromerzeugung beginnt erst mit Kraftwerken einer Größenordnung von ca. 100 MW Leistung.

Nennleistung	MW	5	30	100	200
Turmkosten	Mio. €	19	49	156	170
Kollektorkosten <sup>A</sup>	Mio. €	10	52	117	273
Turbinenkosten	Mio. €	8	32	70	123
Engineering, Tests, Verschiedenes.	Mio. €	4	16	40	40
Summe	Mio. €	42	149	383	606
Annuität auf Investitionskosten	Mio. €/a	3,0	10,8	27,8	44,0
Betriebs- und Wartungskosten	Mio. €/a	0,2	0,7	1,9	3,0
Stromgestehungskosten <sup>B</sup>	€/kWh	0,24	0,12	0,09	0,07
<sup>A</sup> Kostenansatz für ungelernete Arbeiter 5 €/h					
<sup>B</sup> bei einem Zinssatz von 6% und einer Abschreibungsdauer von 30 Jahren					

Abbildung 2: Investitions- und Stromgestehungskosten

Die in Abbildung 2 Angegebenen Kosten sind für eine Abschreibungszeit von 30 Jahren berechnet. Nachdem ein solches Kraftwerk aber eine zu erwartende Betriebszeit von ca. 50 Jahren besitzt, ist noch eine zusätzliche Senkung der relativen Stromgestehungskosten möglich.

## 4.2. Vergleich mit Konventioneller Energieerzeugung

Als Vergleich soll hier das Kohlekraftwerk, als eines der noch am meisten verbreiteten Kraftwerkstypen, herangezogen werden.

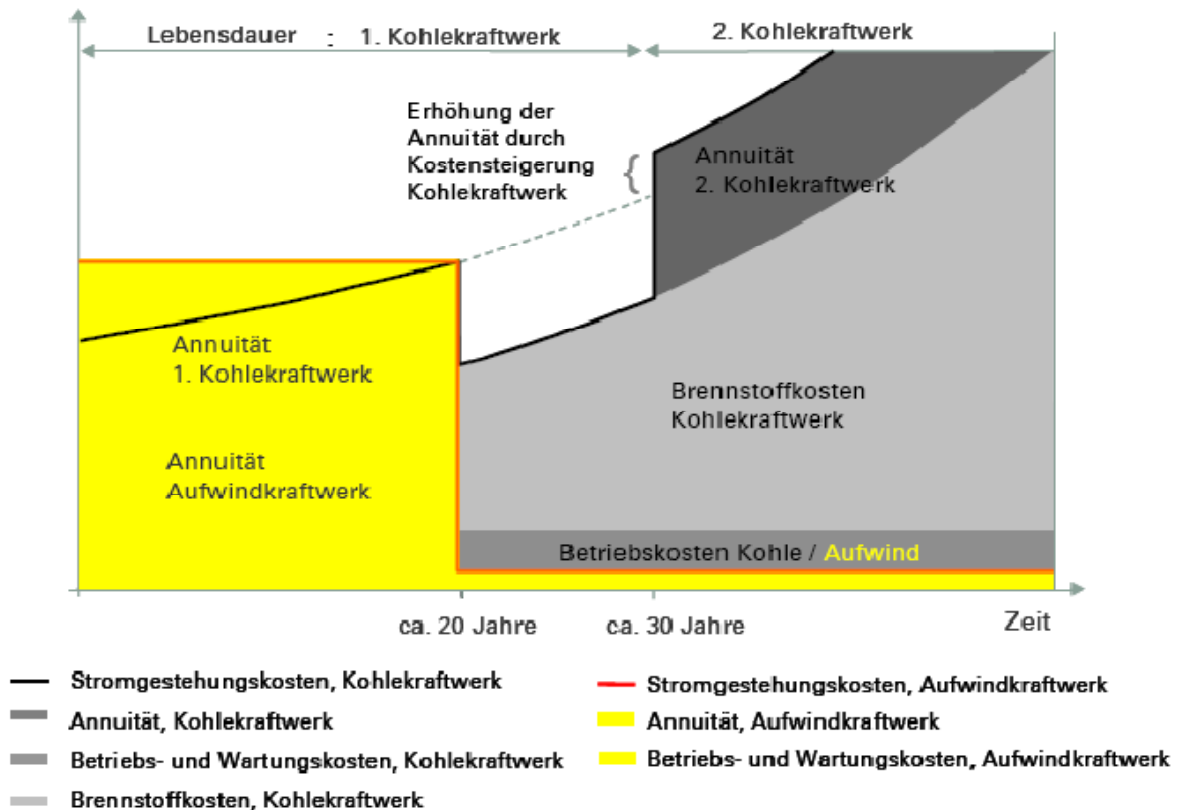


Abbildung 3: Vergleich Fossile-Energieerzeugung

In Abb. 3 ist schön zu erkennen, dass sich bei einer angenommenen Abschreibungszeit von 20 Jahren die beiden Kraftwerkstypen im ungefähr gleichen Kostenbereich rangieren. Das Aufwindkraftwerk kann jedoch nach der Abschreibung mit äußerst niedrigeren Betriebskosten und einer höheren Betriebszeit aufwarten, so muss beim Kohlekraftwerk nach ca. 30 Jahren eine neue Anlage errichtet werden. Durch die stetige Abhängigkeit des Kohlekraftwerkes von zuzuführendem Brennstoff, mit voraussehbar steigendem Preis und der schon genannten geringeren Betriebszeit, kommt es schnell in einen Bereich der die Kosten des Aufwindkraftwerkes übersteigt.

## 4.3. Standortbezogene Dimensionierung

Die Dimensionierung des Kraftwerks und die damit verbundenen Kosten gestalten sich relativ flexibel. Nachdem eine angestrebte Leistung entweder durch eine entsprechende Dimensionierung des Kamins oder der Kollektorfläche erzielt werden kann, ist es möglich flexibel auf die jeweiligen vor Ort herrschenden Rohstoffpreise der Einsatzregion zu reagieren und somit die Errichtungskosten zu minimieren.

## 5. Zukunftsaussichten

Derzeit ist der Bau eines 200MW Aufwindkraftwerks in Australien nahe der Stadt Mildura geplant. Die Gegend eignet sich sehr gut, da dort eine große ebene Fläche mit hoher Sonneneinstrahlung zur Verfügung steht. Auch Unwetter wie Wind und Hagel sind in dieser Region sehr selten. Das Kollektordach soll einen Durchmesser von 5 km haben und der Kamin 1000 m hoch sein. Dies wäre somit das höchste Bauwerk der Welt.



Abbildung 4: Animation 200MW-Anlage

---

### Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Funktionsprinzip des Aufwindkraftwerkes .....	1
Abbildung 2: Investitions- und Stromgestehungskosten .....	2
Abbildung 3: Vergleich Fossile-Energieerzeugung .....	3
Abbildung 4: Animation 200MW-Anlage .....	4

### Quellenangebe:

- Das Aufwindkraftwerk – Wasserkraftwerk der Wüste (Gerhard Weinrebe, Stuttgart)(2004)
- Wikipedia - <http://de.wikipedia.org/wiki/Thermikkraftwerk>
- www.Diplomet.de
- Pilot-Anlage in Manzanares – <http://www.udo-leuschner.de/basiswissen/SB111-04.htm>