

**Zeitschrift:** Hochparterre : Zeitschrift für Architektur und Design  
**Band:** 13 (2000)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Windräder auf Bergkuppen : Windenergie : Stromproduktion im Aufwind  
**Autor:** Brunner, Stephan  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-121408>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 22.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



# Windräder auf Bergkuppen

**Die Nutzung der Wasserkraft und die Nutzung der Sonnenstrahlen gehören zu den bekanntesten Arten, Strom über erneuerbare Energie zu gewinnen. In nächster Zeit wird auch die Stromproduktion mit Wind von sich hören lassen. Sie kostet relativ wenig und Wind ist in der Schweiz reichlich vorhanden.**

Die Stromproduktion mit Wind nahm in der Schweiz in den letzten zehn Jahren um 63 Prozent pro Jahr zu, in Deutschland gar um 105 Prozent. Gleichzeitig wuchsen weltweit die Investitionen in die Windenergie jedes Jahr um 40 Prozent. Trotzdem, die Nutzung der Windenergie steht noch am Anfang. 1998 steuerten die Schweizer Windenergieanlagen 0,005 Prozent zur gesamten Elektrizitätsproduktion bei. Damit liegen wir in Europa an drittlezter Stelle. Dänemark produziert heute 10 Prozent des Elektrizitätsverbrauchs mit Wind – bis zum Jahr 2030 sollen es 50 Prozent sein. In der Schweiz fällt die Planung etwas bescheidener aus: Das Bundesamt für Energie sieht für das Jahr 2030 eine Stromproduktion aus Windenergieanlagen von 3 bis 5 Prozent vor, was etwa 2500 Mio. kWh entspricht. Deutschland produziert bereits heute mit Windenergie 3000 Mio. kWh Strom.

## Die Windenergieanlage

Eine Windenergieanlage besteht aus einem oder mehreren Türmen, die jeweils einen Rotor und eine Gondel aufweisen. Die entsprechende Technologie ist ausgereift, erprobt und nicht nur – wie zum Beispiel in Dänemark – im Küstenbereich, sondern auch im Landesinneren wirtschaftlich. Allerdings scheint die Planung von Windenergieanlagen in der Schweiz etwas schwieriger als anderswo. Die Topografie, die Berechenbarkeit der Winde und die Temperaturschwankungen sind komplexer als an Küstenstandorten. Der ideale Standort für eine Windenergieanlage sieht folgendermassen aus:

- hoch gelegen: Der Energiegehalt des Windes steigt in der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit. Die Wirtschaftlichkeit der Windenergie hängt somit stark von den Windverhältnissen am Standort ab. Standorte mit hoher Windgeschwindigkeit liegen in der Schweiz über 800 m, besonders im Jura und im nordwestlichen Alpenraum
- nahe am Stromnetz: Die Windenergie muss ins Stromnetz gespiesen werden. Doch günstige Standorte sind in der Schweiz oft abgelegen, der Anschluss

ans Stromnetz kann daher für kleinere Anlagen unverhältnismässig teuer sein

- gut erschlossen: Windenergieanlagen benötigen Betonfundamente, günstig sind daher Zufahrtsstrassen für schwere Lastwagen.

## Die Gestalt von Windenergieanlagen

Der ideale Standort für Windenergieanlagen verlangt also zum Teil sich widersprechende Bedingungen. Dazu kommt, dass Standorte mit hoher Windgeschwindigkeit meist exponierte, von weither sichtbare Standorte sind. Das stellt hohe Anforderungen an die Gestalt der Anlagen. Den Planern bieten sich verschiedene Möglichkeiten. Einerseits können sie Türme in unterschiedlichen Farben, Grössen und Ausführungen wählen, andererseits das Erscheinungsbild der Anlage durch die Anordnung der einzelnen Türme beeinflussen. Die heute meistgewählten Türme sind konische Stahlrohre, am Standort verschraubt. Gittertürme sind wegen der Materialersparnis zwar billiger, weisen aber eine plumpere Erscheinung auf. Für kleinere Anlagen kommen auch abgespannte schlanke Masten in Frage. Sie sind noch günstiger als Gittertürme, doch die Verspannung benötigt mehr Platz, und sie kann leicht zerstört werden. Die Anordnung der Türme in flachen Gebieten besteht heute meist aus einfachen geometrischen Formen. In hügeligen Gebieten bewähren sich Anlagen, deren Türme den Höhenkurven des Terrains folgen.

## Die Kosten

Strom aus Windenergie hat sich zur kostengünstigen Technologie im Bereich der erneuerbaren Energiequellen entwickelt. Bestehende Anlagen in Europa produzieren zu 7 bis 12 Rp./kWh – je nach Investitionskosten und Windverhältnissen. Anlagen für schwachen Wind und damit relativ grossen Rotordurchmessern kosten mehr als solche für starken Wind und damit kleineren Rotordurchmessern. Die relativ alte Windenergieanlage auf dem Grenchenberg produziert seit 1994 jährlich 120 000 kWh Strom zum Preis von 55

Rp./kWh. Die städtischen Werke von Grenchen kaufen den Strom zu 18 Rp./kWh. Die Differenz zu den Produktionskosten übernimmt der WWF Schweiz, der damit auch den Stromverbrauch seines Geschäftssitzes in Zürich deckt. Die grösste Windenergieanlage der Schweiz auf dem Mont Crosin produziert zu 25 Rp./kWh, der Strom der projektierten Anlage in Sainte-Croix soll 13 bis 16 Rp./kWh kosten. Die Schweizer Anlagen produzieren vor allem deshalb teurer, da bei uns der Wind schwächer und weniger häufig bläst als in Küstennähe, die Installation einer Anlage aber etwas teurer kommt: die stärkeren Temperaturschwankungen im Vergleich zur Küste erfordern einen aufwändigeren Unterhalt.

## Der Vergleich

Der ökologische Vergleich mit anderen Technologien ist auf verschiedene Arten möglich. Einerseits lassen sich die Emissionen von CO<sub>2</sub> pro kWh vergleichen, die zum Bau, Betrieb und Abbruch der Anlage anfallen, andererseits die benötigte graue Energie zur Produktion einer kWh Elektrizität. Ein weiterer Vergleich liegt in der benötigten Fläche pro kWh. Die drei Vergleiche (siehe Tabelle) zeigen: Die Stromproduktion über Windenergie braucht weniger Platz und weniger graue Energie als die Stromproduktion über Solarzellen. Allerdings lassen sich Solarzellen in bebauten Flächen integrieren, während Windenergieanlagen normalerweise in die Landwirtschaftszone zu stehen kommen. Die Stromproduktion über fossile Brennstoffe fällt fünfzig bis hundert Mal schlechter aus. Mit der Atomstromproduktion lässt sich die Stromproduktion über Windenergie nur schwer vergleichen. Die grössten ökologischen Nachteile der AKWs – Entsorgung, Unfallrisiko – lassen sich nicht mit anderen Technologien vergleichen. Die Produktionskosten für Strom aus Solarzellen betragen 70 bis 115 Rp./kWh – bei sinkender Tendenz. Das deutsche Bundesumweltministerium schätzt, dass die Produktionskos-



ten für Strom aus Solarzellen bis 2020 um 70 bis 75 Prozent sinken, jene für Strom aus Windanlagen um 30 bis 35 Prozent. Der Strom aus Solarzellen könnte sich somit auf Produktionskosten von 20 Rp./kWh einpendeln. Der Strom aus Windenergie auf 5 Rp./kWh.

**Fünf Prozent**

Die Windenergie kann in zwanzig, dreissig Jahren 3 bis 5 Prozent unserer Stromproduktion decken, zu einem marktfähigen Preis. Wir müssen uns dafür auf ein leicht verändertes Landschaftsbild einlassen, wir müssen uns an grosse Windräder auf einigen Hügel- und Bergkuppen gewöhnen. Hässlich sind sie nicht, sie produzieren günstig und sie können von den 44 Mio. t CO<sub>2</sub>, die die Schweiz heute pro Jahr ausstösst, 2,9 Mio. t verhindern. Das ist etwas. **Stephan Brunner**

**Graue Energie in kWh pro kWh Energiegewinn**

|                      |                  |
|----------------------|------------------|
| <b>Solarzellen*</b>  | <b>0,73–0,91</b> |
| <b>Windenergie**</b> | <b>0,07–0,19</b> |
| <b>Fossil***</b>     | <b>3,61–3,70</b> |

**Emission von kg CO<sub>2</sub> in pro kWh**

|                      |                  |
|----------------------|------------------|
| <b>Solarzellen*</b>  | <b>0,14–0,17</b> |
| <b>Windenergie**</b> | <b>0,01–0,04</b> |
| <b>Fossil***</b>     | <b>0,85–1,32</b> |

**Flächenverbrauch pro kWh (cm<sup>2</sup> und Jahr)**

|                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| <b>Solarzellen*</b>  | <b>42,8–53,3</b>          |
| <b>Windenergie**</b> | <b>0,4–0,6</b>            |
| <b>Fossil***</b>     | <b>nicht vergleichbar</b> |

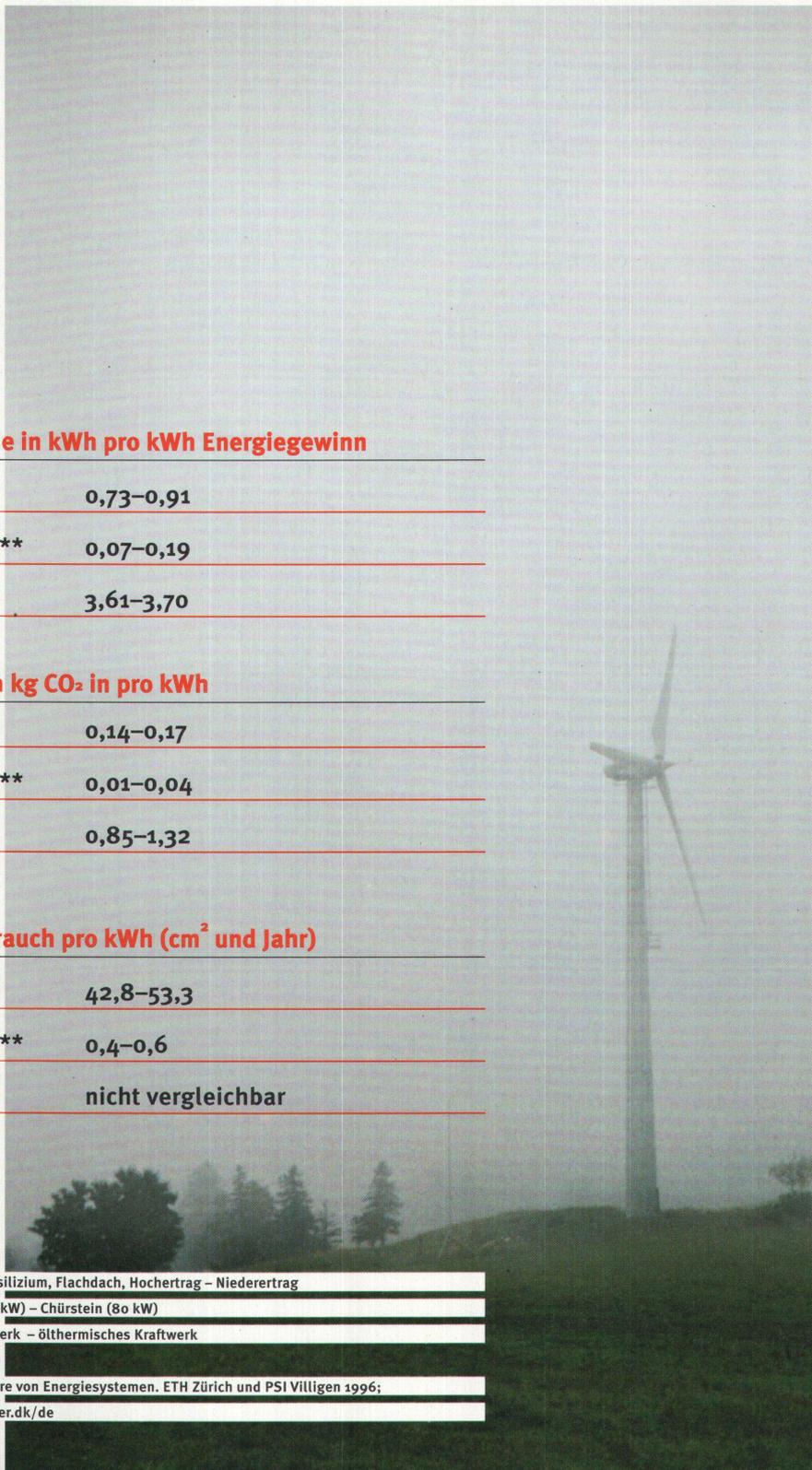
\* 3-kW-Anlage, Monosilizium, Flachdach, Hohertrag – Niederertrag

\*\* Mont Crosin (2460 kW) – Chürstein (80 kW)

\*\*\* Braunkohlekraftwerk – ölthermisches Kraftwerk

Quellen: Oekoinventare von Energiesystemen. ETH Zürich und PSI Villigen 1996;

<http://www.windpower.dk/de>



Suisse-Eole, die Vereinigung zur Förderung der Windenergie in der Schweiz, hat zusammen mit dem Bundesamt für Energie den Leitfaden «Planung von Windenergieanlagen» erarbeitet. Im ersten Teil werden Fragen zur Standortabklärung beantwortet, im zweiten Teil die Ermittlung des Windangebots. Ausserdem unterstützt das Bundesamt für Energie Planer und Betreiber von Windenergieprojekten auf verschiedene Art und Weise (Windenergiehandbuch, Windstärkenkarten, regionale Planungshilfen, Subventionen, Beratungen). Leitfaden und Informationen bei: Suisse Eole, 062 / 834 03 04 oder [www.suisse-eole.ch](http://www.suisse-eole.ch).