



DEUTSCHE  
GESELLSCHAFT FÜR  
ZERSTÖRUNGSFREIE  
PRÜFUNG E.V.

ZfP-Sonderpreis der DGZfP beim Landeswettbewerb Jugend forscht

# SCHLESWIG-HOLSTEIN 1



## Innovatives Vertikalrad - Vom Winde verdreht

Marcus Jochimsen

Thies Kösling

Finn Sören Babbe

### **Schule:**

Hermann-Tast-Schule  
Am Bahndamm  
25813 Husum

# Tripple Veraeo-Rotor



Thies Kösling, Marcus Jochimsen, Finn Babbe

Anmeldungsnummer: 22503

## *Gliederung:*

1. Kurzbeschreibung
2. Einleitung
3. Stand der Wissenschaft und Technik
4. Bau bis zur Funktionalität
  - 4.1 Bau bis zu Funktionalität
  - 4.2 Tests
    - > Flügelstellung
    - > Flügelprofil
    - > Langzeittest
    - > Wirkungsgrad
5. Diskussion
6. Aussichten

# 1. Kurzbeschreibung

Im Rahmen des an unserer Schule stattfindenden Projektkurses „Regenerative Energien“ bekamen wir die Aufgabe eine Gerätschaft zu bauen, die mithilfe von erneuerbaren Energiequellen für den Menschen nutzbare Energie (Strom, Wärme, Druck) gewinnt. Unser Ziel war sehr bald klar: ein Windrad. Aber nicht einfach nur ein normales Windrad, wir wollten ein vertikales Windrad bauen, das nicht in das Schema der bisher der existierenden Windräder passt. Während unseres Baus entwickelten wir ein neues aerodynamisches Prinzip, das Verdrängung und Auftrieb miteinander kombiniert. Vom Design her war es ebenfalls sehr ansprechend und die Materialkosten waren auch nicht sehr hoch. Sie beliefen sich auf 110 Euro.

Die Produktion verlief mit einigen kleinen Problemen, die wir jedoch schnell lösen konnten. Unser Prototyp drehte sich jedoch nicht im Wind. Aber bereits mit dem zweiten Flügelprofil schafften wir es, eine Rotation zu erzeugen.

Daraufhin optimierten wir dieses Windrad und schafften es die Energieausbeute zu deutlich zu erhöhen. Beim zweiten Flügelprofil erreichten wir bereits einen Wirkungsgrad von 1,3 %. Später schafften wir mit unserem dritten Profil 2,75 % bei einer Windgeschwindigkeit von 20km/h.

Unser Windrad ist sehr gut für den Privatgebrauch geeignet. Durch seinen einfacher Aufbau, die Materialien, sein nettes Design und seine einfache Montage an einem Fixpunkt ist es sehr flexibel an verschiedensten Orten einsetzbar (z.B. auf Häuserdächern, Straßenlaternen und in abgelegenen Gegenden ohne feste Stromversorgung). Ein Privathaushalt könnte man durch die Kopplung mehrere Räder merkbar entlasten. Bestechend hierbei ist der Preis der Materialien, der unter 100 €liegt und so für jedermann erschwinglich ist.

## 2. Einleitung

Zu Beginn des neuen Schuljahres setzten wir in unserem Projektkurs „Regenerative Energien“ in kleine Gruppen zusammen, um ein neues Produkt aus dem Bereich der erneuerbaren Energien zu erarbeiten.

Aufgrund der geografischen Gegebenheiten, der Westküste mit dem Wind als prägendem Element und unser Heimatstadt Husum, der Windhauptstadt der Welt, war es naheliegend ein Windrad zu bauen.

Wir entschlossen uns dazu, ein innovatives, kleines, leicht und günstig zu bauendes Windrad zu entwickeln und waren, trotz der hier ansässigen „normalen“ Windräder, schnell bei einem Vertikalläufer angelangt, da wir nicht einfach ein hiesiges Windrad in klein nachbauen wollten.

Ein wichtiger Aspekt unserer Entwicklung sollte die Ästhetik und die Geräuschkulisse unseres neuen Vertikalläufers sein, weil nur über die Ästhetik eines Produkts und eine geringe Geräusentwicklung die Akzeptanz auf ein solches Maß gesteigert werden kann, dass es zum Einsatz auf dem eigenen Dach und in Siedlungen auf Laternen kommen kann.

Nach einer ersten Funktionalitätsprüfung wollten wir unser Windrad dann optimieren und einen möglichst hohen Wirkungsgrad erreichen. Insgesamt stand jedoch das Design im Vordergrund.

## **3. Stand der Wissenschaft und Technik**

Zunächst informierten wir uns im Internet über verschiedene vertikale Windräder. So sind wir zum einen auf den „Savonius-Rotor“ und zum anderen auf den „Darrieus-Rotor“ gestoßen. Wir haben speziell nach vertikalen Windrädern gesucht, da diese einige Vorteile im Vergleich zu herkömmlichen Windrädern mit horizontaler Achse besitzen. Vertikalläufer sind sehr leise, kostengünstig zu produzieren, produzieren keinen Schattenwurf, der einem bekannten Windrad ähnelt und sie lassen sich aufgrund eines einzigen Befestigungspunktes auf z. B. Hausdächern, Bäumen oder Laternen anbringen. Ein weiterer herausragender Vorteil ist das Fehlen einer Windnachführung, die den Rotor zum Wind ausrichtet, da vertikale Windräder unabhängig von Windrichtungen sind. Des Weiteren brauchen sie keinen konstanten Wind und kommen im Gegensatz zu Horizontalläufern auch mit Luftverwirbelungen zurecht.

Wir haben uns für die Variante eines vertikalen Windrades entschieden, die das Prinzip des „Savonius-Rotors“ mit dem des „Darrieus-Rotors“ vereint, da wir etwas Neues, Interessantes und Ungewöhnliches entwickeln wollten.

Der „Savonius-Rotor“ wirkt nach dem Prinzip der Verdrängung. Hier werden die Flügel bewegt, indem der Wind auf diese trifft und sie mittels Verdrängung in die Strömungsrichtung des Windes stößt.

Im Falle der Abbildung 3.1 ist schon eine Optimierung des Rotors vorgenommen worden. Hier wurden die Flügel versetzt zueinander angebracht, wodurch der Wind nicht nur die Innenseite des Flügels, die dem Wind zugewandt ist, sondern auch durch Ablenkung mittels der Krümmung des Flügels auf die Innenseite des abgewandten Flügels trifft.

Der „Darrieus-Rotor“ wirkt nach einem komplexeren Prinzip. Er wirkt nach dem Prinzip des Auftriebs.

Es wird an jedem Flügel, wie bei einem Flugzeug, Auftrieb erzeugt. Der Auftrieb entsteht, wenn Luft über einen Flügel mit Tragflächenprofil strömt (Abb. 3.2). Die Luft, die über die Oberseite des Flügels strömt, ist schneller als die, die unter dem Flügel entlang strömt. Dadurch entsteht über der Oberseite ein geringer Druck, während unter dem Flügel ein hoher Druck entsteht. Somit wird der Flügel nach oben „gezogen“.

Bei dem „Darrieus-Rotor“ wird eine Tragfläche lediglich senkrecht angebracht.

## **4. Bau**

### **4.1 Bau bis zur Funktionsfähigkeit**

Als Erstes machten wir uns Gedanken zu einer möglichen Aufhängung der Flügel und dachten über ein generelles Grundgerüst sowie Montage an verschiedenen Orten nach.

Zunächst war es unsere Idee, eine durchgehende Achse zu haben, auf die wir wiederum unser Windrad hätten setzen können. (Abb. 4.1)

Da wir jedoch nicht über die technischen Mittel verfügten, diese Art Aufbau zu verwirklichen, verwarfen wir sie recht schnell wieder.

Die nächste Idee war ein simpler Aufbau mithilfe von zwei Fahrradfelgen, verbunden mit einer Gewindestange. Dieser Aufbau löste desweiteren noch das Problem der

Energiegewinnung. Den Strom konnten wir nun simpel mit einem Nabendynamo „abzapfen“.

Beim Bau traten die ersten Probleme auf. Im Handel war keine Gewindestange zu erstehen, die dasselbe Gewinde hatte, wie die Fahrradfelge. Desweiteren gab es auch keine Muffen die die beiden Gewindearten hätte verbinden können. Es war also an uns, eine eigene Muffe herzustellen. Wir besorgten uns einige Muffen passend zur Gewindestange und erhitzen diese sehr stark und drehten sie auf das andere Gewinde. Somit schafften wir es, eine für unsere Zwecke geeignete Muffe zu zuschneiden. Das Ganze zusammen geschraubt und mit Kontermuttern versehen, ergab das Grundgerüst. Nur drehen sich zwei Fahrradreifen im Wind nicht.

Jetzt brauchten wir noch etwas, das unser Windrad antreiben würde. Unsere Idee waren Flügel aus PVC-Rohren. Solche Rohre haben den Vorteil, dass sie bereits eine Vorbeugung haben und leicht verformbar sind. Unser verwendetes PVC-Rohr hat ein Durchmesser von  $d = 10$  cm und einen Umfang  $u = 31,4$ cm. Zunächst schnitten wir ein Rohr der Länge 1,1 m in vier gleich breite Stücke. Montiert haben wir dann drei dieser Rohrteile mit Flügelschrauben an der Fahrradfelge. Dafür mussten wir zunächst Löcher in Fahrradfelge und Rohr bohren. Die Löcher in den Flügel setzen wir 10 cm oberhalb der Kante. In die Felge bohrten wir unten wie oben 12 Löcher, um später Variationsmöglichkeiten zu haben. Um den Wirkungsgrad zu erhöhen, schleiften wir die Flügel an den Rändern aerodynamisch ab. Die Flügel brachten wir schräg im Vergleich zu Hauptachse an. Zur Stabilisation und um Druck auf die Flügel zu setzten, brachten wir zusätzlich noch Drahtquerverstrebungen an. In Abbildung 4.3 ist diese frühe Version zu sehen, in der wir bereits etwas Druck auf die Flügel ausgeübt haben, damit sich diese nach außen wölbten. In einem ersten Test mit handelsüblichen Zimmerventilatoren konnten wir bereits eine Rotation erreichen. Zu diesem Zweck bauten wir ein vorläufiges Gestell, um es auf den Boden stellen zu können, damit es sich frei drehen konnte. Mit diesem Gestell arbeiten wir heute noch, da es sich als sehr variabel und doch stabil erwiesen hat. Im ersten Außentest jedoch drehte es sich überhaupt nicht. Dies war zunächst merkwürdig. Jedoch stellten wir beim Innentest fest, dass die Ventilatoren nur die eine Seite des Windrades einem Luftdruck ausgesetzt hatten.

Wir bauten das Windrad also wieder ab und gingen zurück in die Werkstatt. Zunächst schnitten wir neue Flügel-Profile zu. Diesmal zerlegten wir ein Rohrteil in drei gleichbreite Stücke. Zusätzlich schnitten wir Kerben unten und oben in den Flügel, sodass sich diese insgesamt dem Wind stärker zu drehen. Durch einen Zufall bemerkten wir eine weitere Optimierungsmöglichkeit: Durch das Abklappen der überstehenden Teile unten (Abb. 4.4) ergab sich ein sehr günstiger Winkel der Flügel. In einem Vorlauf mit den Ventilatoren konnten wir bereits eine erhöhte Drehgeschwindigkeit feststellen.

Dieses neue Design/Optimierung bestand auch den Außentest und drehte sich im regulären Wind. Hierbei kam es jedoch auch zum nächsten Problem: Die Befestigung zwischen Gewindestange und obere Felge war längst nicht so fest, wie gedacht, und drehte sich während eines zweitägigen Außeneinsatzes ab, sodass die obere Felge nur noch durch die Flügel gehalten wurde. Glücklicherweise sind hierbei keine schweren Schäden entstanden.

Die Lösung brachten Kontermuttern über und unter der von uns zurecht geschnitten Muffe. Die sorgten dafür, dass sich die Muffe weder in die eine noch in die andere Richtung von selbst drehen konnte. Zusätzlich stabilisierten sie die gesamte Verbindung. Bei einem

weiteren Testlauf, mit einer Glühbirne als Verbraucher, drehte sich das Windrad zwar langsamer aber trotzdem.

Eine erste Funktionalität war erreicht.

## 4.2 Tests

Nach der erreichten Funktionalität war uns es jetzt möglich, genaue Messdaten zu ermitteln und unser Windrad von der Leistung her zu optimieren. Insbesondere konzentrierten wir uns bei der Optimierung auf Flügelstellung und Flügelprofile.

Für eine erste Testreihe liehen wir uns eine Turbine mit Verbrennungsmotor von der Freiwilligen Feuerwehr aus Husum und eine Turbine mit Starkstromanschluß von der Berufsschule Rendsburg aus.

Beide Turbinen liefen gut und erzeugten in einer Entfernung von 2 Metern Windgeschwindigkeiten von bis zu 45 km/h, gemessen mit einem Anemometer. Jedoch waren unsere Messmethoden nicht ausgereift. Wir hatten lediglich ein Voltmeter zur Verfügung. Der Nardendynamo liefert Wechselstrom in Form einer Sinuskurve. Das Voltmeter macht jedoch nur zeitlich punktuelle Messungen. Die Werte schwankten also sehr stark und eine genaue Ermittlung der Stromstärke war so nicht möglich. Wir beschränkten uns also zunächst einmal die Umdrehungen pro Minute zu zählen und als Verbraucher eine Glühbirne anzuschließen, welche jedoch keinen gleichmäßigen Widerstand darstellte.

### Flügelstellungen:

Wir haben in der folgenden Messreihe jeweils die Anzahl der Umdrehungen in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit für die jeweiligen Flügelstellungen gezählt.

#### **Stellung 1:**

unten abgeknickt – Gewindestange 90 cm – leichter Druck auf Querstreben

→ ruhige, gleichmäßige Drehung

#### **Stellung 2:**

unten abgeknickt – oben abgeknickt – Gewindestange 90 cm – leichter Druck auf Querstreben

→ sprunghafte, unregelmäßige Drehung,

○ teilweise sehr schnell <> teilweise fast stehen geblieben

#### **Stellung 3:**

nicht abgeknickt – Gewindestange 90 cm – starker Druck auf Querstreben – starke Ausbeulung der Flügel

→ keine Drehung erreicht

#### **Stellung 4:**

nicht abgeknickt – Gewindestange 80 cm – leichter Druck auf Querstreben – durch kürzere Gewindestange sind die Flügel näher an der Gewindestange

→ gleichmäßige Drehung, langsamer als Stellung 1

Als Ergebnis dieser Testreihe lässt sich feststellen, dass die Flügelstellung 1 mit einer Gewindestange von 90 cm am besten abschnitt. In Stellung 1 lief das Windrad regelmäßig und mit einer guten Umdrehungszahl.

Zwei Wochen nach unserer Testreihe wollten wir uns noch näher mit der Funktionsweise unseres Windrades beschäftigen und Luftströme sichtbar machen. Hierfür besorgte uns die Lehrkraft Herr Adler eine Nebelmaschine aus dem Theaterbereich. Jedoch verlief die Arbeit mit der Nebelmaschine nicht so erfolgreich, wie erhofft. Der Rauch wurde viel zu stark verteilt, um Luftströme erkennen zu können. Aber man konnte klar erkennen, dass sich Rauch direkt über dem Windrad sammelte. Daraus folgerten wir, dass der Wind auf die Flügel trifft und an ihnen nach oben strömt und hierbei noch Energie abgibt.

#### **Flügelprofile:**

Zwischenzeitlich schnitten wir noch ein drittes Flügelprofil zu, welches einem halben PVC-Rohr im Umfang entspricht. Bei diesem fügten wir, wie beim zweiten Profil, oben und unten Einkerbungen und Löcher zum Abknicken hinzu. Durch die starke Rundung war ein Abknicken am unteren Ende überhaupt nicht mehr möglich.

Für eine genaue Messung der Stromstärke besorgten wir uns ein Oszilloskop aus der Physik-Sammlung unserer Schule. Zusätzlich arbeiteten wir mit einem festen Widerstand von 40 Ohm. Diese Voraussetzungen ermöglichten uns, genaue Messdaten zu sammeln und die Flügelprofile im Vergleich genauer zu betrachten.

In dem Diagramm kann man gut erkennen, dass sich Flügelprofil 1 als nicht sehr tauglich erwiesen hat. Selbst bei hohen Windgeschwindigkeiten ist es zu keiner Rotation gekommen. Der Unterschied zwischen den Flügelprofil 2 und seiner optimierten Variante ist ersichtlich.

Einen Großteil unserer Arbeit verbrachten wir mit der Optimierung dieses Flügelprofils. Wie man sehen kann, recht erfolgreich. Flügelprofil 3 ist gemessen, ohne dass unten oder oben die Endstücke abgeknickt wurden. Das Abknicken brachte bei diesem Flügelprofil keine Drehung im Flügel selbst, die die Laufleistung hätte erhöhen können. Jedoch ist zu erkennen, dass eine große Fläche eine größere Leistung erbringt, da diese den Wind besser fängt.

#### **Langzeittest:**

Über unseren Lehrer bekamen wir Zugriff auf einen Datalogger. Ein Datalogger misst in regelmäßigen Abständen Daten und speichert diese. In unserem Fall die Stromstärke. Dazu baute uns Herr Adler noch ein Gleichrichter, der unseren abgelieferten Wechselstrom in



pulsierenden Gleichstrom umwandelte. Dies war nötig, da der Datalogger nur Gleichstrom messen kann. Für unseren Langzeittest benutzen wir einen Widerstand von 55 Ohm. Aufgestellt haben wir unser Windrad auf dem Dach unserer Schule in Husum.

Der Langzeittest zeigt uns, dass unser Windrad durchaus in der Lage ist, kontinuierlich Strom zu liefern und das mit recht passablen Werten bei einer Spannung von ungefähr 4 Volt. Bei einem Widerstand von 55 Ohm ergibt sich daraus die Leistung  
 $P$  (Leistung) =  $U \cdot I$  und  $I = U/R$

$$P = 4 \cdot 4/55 \text{ Watt} = \mathbf{0,29 \text{ Watt.}}$$

### Wirkungsgrad:

Wirkungsgrad unseres dritten Flügelprofils:

Windgeschwindigkeit:  $v = 20 \text{ km/h} = 5,55 \text{ m/s}$

Höhe des Windrades: 1,24 m, Durchmesser: 0,68 m

durchströmte Fläche  $A$  :  $1,24 \text{ m} \cdot 0,68 \text{ m} = 0,84 \text{ m}^2$

Luftdichte  $p$ :  $1,2 \text{ kg/m}^3$ , Stromstärke: 10 V, Widerstand: 42 Ohm

**Leistung des Windes:**  $P_{\text{wind}} = 0,5 \cdot p \cdot A \cdot v^3 \text{ Watt}$   
 $= 0,5 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 5,56^3 \text{ Watt}$   
 $= \mathbf{86,627 \text{ Watt}}$

**Leistung des Windrades:**  $P = U \cdot I = U \cdot U/R$   
 $= 10 \cdot 10/42 \text{ Watt} = \mathbf{2,38 \text{ Watt}}$

**Wirkungsgrad** =  $P_{\text{Windrad}} / P_{\text{wind}} = \mathbf{0,0274 = 2,74 \%}$

Dies ist bereits ein sehr respektabler Wert für eine so einfache Konstruktion. Der maximale theoretisch zu erreichende Wirkungsgrad eines Savoniusrotors liegt bei 23 %. Dabei muss man beachten, dass wir bei unserer Konstruktion noch Energieverluste durch z. B. Unwucht des Rades haben, die bei einem professionellen Bau nicht auftreten.

## 5. Diskussion

Unsere am Anfang gestellten Ziele haben wir insgesamt sehr gut erreicht. Zum einen haben wir es geschafft, unserem Windrad ein hohes Maß an Ästhetik zu geben. Öfter wurden wir gefragt, ob wir nicht ein Kunstwerk bauen, anstatt eines Windrades. Zum anderen schafften wir es, das Windrad so konstruieren, dass es lediglich an einem Punkt befestigt werden muss. Dieser Umstand sorgt dafür, dass unser Windrad äußerst flexibel einsetzbar ist. Unser Ziel eines einfachen Aufbaus haben wir nicht ganz erreicht, da wohl nicht jeder ein Feingewinde in eine normale Muffe schneiden kann. Wird diese jedoch zur Verfügung gestellt, ist wohl jeder imstande ein solches Windrad aufzubauen.

Das Wichtigste ist jedoch, dass es sich überhaupt im Wind drehte und Energie mit einem respektablen Wirkungsgrad erzeugte, was unser Windrad nun schon seit einigen Wochen auf dem Dach der Schule beweist.

Unser Windrad wirkt sowohl nach dem Prinzip der Verdrängung, als auch nach dem Prinzip des Auftriebs:

Betrachten wir zunächst nur einen Flügel.

Das Verdrängungsprinzip wirkt so lange, bis sich die Innenseite des Flügels dem Wind abgewandt ist. Durch die Krümmung des Flügels ist ein recht großer Winkel möglich, da sich der Wind in einem großen Winkelbereich in den Flügeln fängt. Das Auftriebsprinzip wirkt, wenn der Flügel nicht senkrecht, sondern schräg zum Wind steht. Der Auftrieb ist am größten, wenn sich der Flügel in einem Winkel von  $90^\circ$  zu der Strömungsrichtung des Windes befindet. Wirken nun aber beide Prinzipien zusammen, im Optimalzustand, ergibt sich ein Anstellwinkel von  $45^\circ$ .

Der beschriebene Vorgang findet bei allen drei Flügeln statt. Durch die Verwendung von drei Flügeln wird eine kontinuierliche Krafteinwirkung ermöglicht. Wir haben uns desweiteren für drei Flügel entschieden, da man eine geringere Unwucht als mit nur zwei Flügeln erhält.

Wir haben die Flügel schräg zu der Drehachse angebracht, damit der Wind nach dem Verdrängungsprinzip über die gesamte Länge eines Flügels einwirken und an ihnen entlang strömen kann, um so den Rotor zu entlasten.

Stabilisiert wird der Rotor durch den auftretenden Drehimpuls. Dieser wirkt zu jedem Zeitpunkt tangential zur Zentripetalkraft (Abb. 5.1). So wirkt diese Beschleunigung an einem beliebigen Punkt auf dem Flügel, wie eben beschrieben. Dreht sich dieser Flügel nun ein bisschen weiter, so wirkt der Drehimpuls in eine andere Richtung. Dies geschieht auf der gesamten Umlaufbahn um die Achse. Jeder Punkt auf einem Flügel wird so auf eine Kreisbahn gezwungen.

Auch, trotz der hin und wieder auftretenden widrigen Umstände beim Bau des Windrads, die auf die mangelnden Werkzeuge zurückzuführen sind, haben wir unsere Arbeit sehr gut erledigen können. Das lag zu einem sehr großen Teil an dem Zusammenhalt im Team. Jeder half jedem und das sogar teamübergreifend in unserem Projektkurs. So konnten Probleme schnell erkannt und gelöst werden.

Alles in allem war die Arbeit an diesem Projekt sehr lehrreich und hat viel Spaß gemacht. Wir wünschen uns für die Zukunft weiter so gute Zusammenarbeit und einen Erfolg unseres Produktes.

## **6. Aussichten**

Bei unserem Windläufer handelt es sich um ein Testprojekt. Die Möglichkeiten sind noch längst nicht ausgeschöpft. Die Möglichkeiten für den Anstellwinkel sind bisher noch fast gänzlich unerforscht. Die Flügelgröße ist auch noch nicht ausgereift. Als Nächstes steht wohl eine Veränderung des Durchmessers des Rohres an. In diesen beiden Variationsmöglichkeiten sehen wir noch ein erhebliches Potential. Den Wirkungsgrad unseres Rades können wir schätzungsweise damit noch mindestens um weitere 40%-50% steigern. Haben wir erst mal

eine optimale Flügelgröße, Profil, Anstellwinkel und Flügelstellung planen wir unser Windrad einmal professionell zu produzieren und so die großen Energieverluste, die wir durch Unwucht und Reibung haben, zu minimieren. Bei diesem Bau wollen wir dann auch unsere Röhrenflügel durch glasfiberverstärkte Kunststoffflügel ersetzen.

Wenn wir unser Windrad ausgereizt haben, bieten sich eine Fülle von Einsatzmöglichkeiten, für die sich unser Windrad sehr gut eignen würde:

Zum einen wäre da der Einsatz auf dem Dach eines Hauses. Dies ist aufgrund der leichten Bauweise und der Befestigung an nur einem Punkt leicht zu bewerkstelligen. Zudem verschönert unser Windrad wegen des hohen ästhetischen Faktors jedes Haus und macht es zu einem Haus der Zukunft. Auch auf Hochhäusern in der Stadt wäre so etwas denkbar.

Dann wäre da weiter der Einsatz auf Straßenlaternen, um in deren Sockel eine Batterie zu laden, die dann bei eintretender Dunkelheit die Straßenlaterne unabhängig vom lokalen Stromnetz versorgt.

Auch auf den Dächern von Stadien würde unser Windrad ein neues innovatives Element sein.

In Gebieten ohne geregelte Stromversorgung kann unser Windrad helfen, die Stromversorgung zu sichern, da die Produktionskosten und der Arbeitsaufwand zur Installation gering sind.

## Quellen:

Internetrecherche:

[http://www.silentfuturetec.at/index.php?option=com\\_content&view=article&id=57&Itemid=61&lang=de&b06e5e6e33c7d17321e9da817ff2c6d3=4097c46fed11ccf28f0bc54c8330c892](http://www.silentfuturetec.at/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=61&lang=de&b06e5e6e33c7d17321e9da817ff2c6d3=4097c46fed11ccf28f0bc54c8330c892)

<http://pcon-wind.de/index.htm>

<http://pl.physik.tu-berlin.de/groups/pg235/Winter96-97/Experiment03/windrad.html>

<http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/physik/971>

Die Bilder wurden auf Grund von zu erwartenden Sendeproblemen gelöscht.