

Verbesserte Nutzung der Windkraft durch Anordnung neuartiger Windturbinen auf Bergen und Gewässern

Herbert Jericha, Emil Göttlich

Technische Universität Graz, Inst. f. Thermische Turbomaschinen u. Maschinendynamik,
Inffeldgasse 25A, 8010 Graz Tel.: +43 316 873 - 7725 od. 7231,
E-Mail: jericha@ttm.tu-graz.ac.at, emil.goettlich@tugraz.at, <http://ttm.tugraz.at/>

Kurzfassung: In Anbetracht der Vermeidung von CO₂ Ausstößen durch verstärkte Nutzung von Windenergie hat das Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik der Technischen Universität Graz zwei neue Windmaschinen entwickelt. Dabei handelt es sich einerseits um eine Windturbine mit vertikaler Achse und in Zwangsbewegung umlaufenden und um ihre Achse rotierenden Rotorscheaufeln sowie andererseits um eine schnelllaufende Windturbine zur Konvertierung von katabatischen Winden.

Keywords: Windturbine, vertikale Achse, drehbare Schaufeln, katabatische Winde

1 Einleitung

Nach neuesten Erkenntnissen muss der CO₂ Gehalt der Atmosphäre so niedrig wie möglich gehalten werden. Yasuki Shirakawa hat durch seine Veröffentlichung „The impact of atmospheric CO₂ concentration above 400 ppm“ [1] veröffentlicht in „Global CCS Institute“ im November 2013 mitgeteilt dass: „with 400 ppm CO₂ in the atmosphere we have crossed an historic threshold and entered an new danger zone ... we all have to take note what that means.“ In Anbetracht dessen und zum Zwecke der Erhöhung des Anteils der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Quellen hat das Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik der Technischen Universität Graz zwei neue Windenergiekonverter entwickelt, die starke Winde in schwierigem Gelände erfassen können. Dabei handelt es sich einerseits um eine Windturbine mit vertikaler Achse und in Zwangsbewegung umlaufenden und um ihre Achse rotierenden Rotorscheaufeln sowie andererseits um eine schnelllaufende Windturbine zur Konvertierung von katabatischen Winden. Für die senkrecht stehende Windturbine wurde bereits durch die TU Graz Förderung für das entsprechende bereits erteilte Patent erhalten [2].

2 Windturbine mit vertikaler Achse

2.1 Aufbau und Funktion

Eine derartige Windturbine (siehe Bild 1 und 2) ist mit drei rotierenden Schaufeln (3) um eine vertikal ausgerichtete Mittelachse (A) ausgerüstet, die in ihrem Zentrum (R) verdrehbar gelagert sind und im Profil große Höhe und lange Profillängen aufweisen. Rund herum angeordnete Leitschaufeln (15) ermöglichen eine Windwirkung auf die Breitseite der

Rotorschaukeln über $\frac{3}{4}$ eines Umlaufes. Diese Leitschaufeln sind insgesamt mit ihrem Tragring (26) drehbar und damit auf die Windrichtung einstellbar. Bei Änderung der Windrichtung werden die Leitschaufeln entsprechend um die Rotorachse geschwenkt.

Die Windkraft wirkt auf die rotierenden Laufschaufeln, welche um ihre Achse (R) nur halb so schnell wie das Zentrum der Grundplatte (A) rotieren. (Siehe Bild 2). Dadurch kommt es zur gewünschten von der Umfangsposition abhängigen Position der Laufschaufeln, die quer zum Wind mit ihrer Profilachse stehen und dadurch große Beträge der Windwirkung erfassen. Im Gegenlauf erfolgt die Windwirkung über die Profilschneidkante und daher mit geringer Wirkung. Auf Bild 2 ist die Lage der feststehenden Leitschaufeln in ihrer Form und Winkelwirkung gezeigt. Im Normalbetrieb steht dieser Ring der Leitschaufeln fest und wird nur verdreht, wenn sich die Windrichtung ändert.

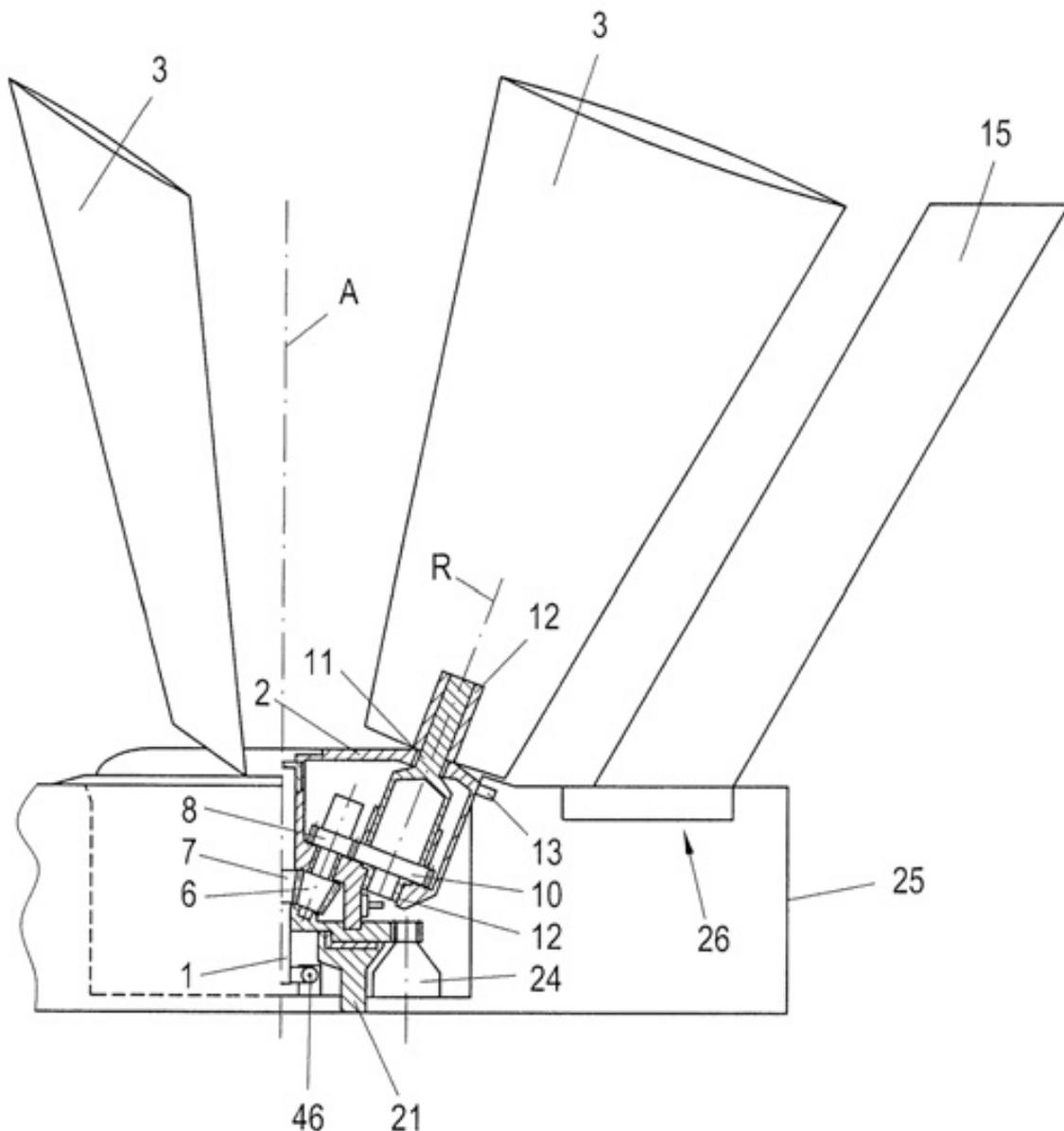


Bild 1: Seitenansicht der Windturbine mit innerem Aufbau der Schaufelverstellung, bei der rechten Laufschaufel 3 sind die Dimensionen einer ohne Verzerrung dargestellt.

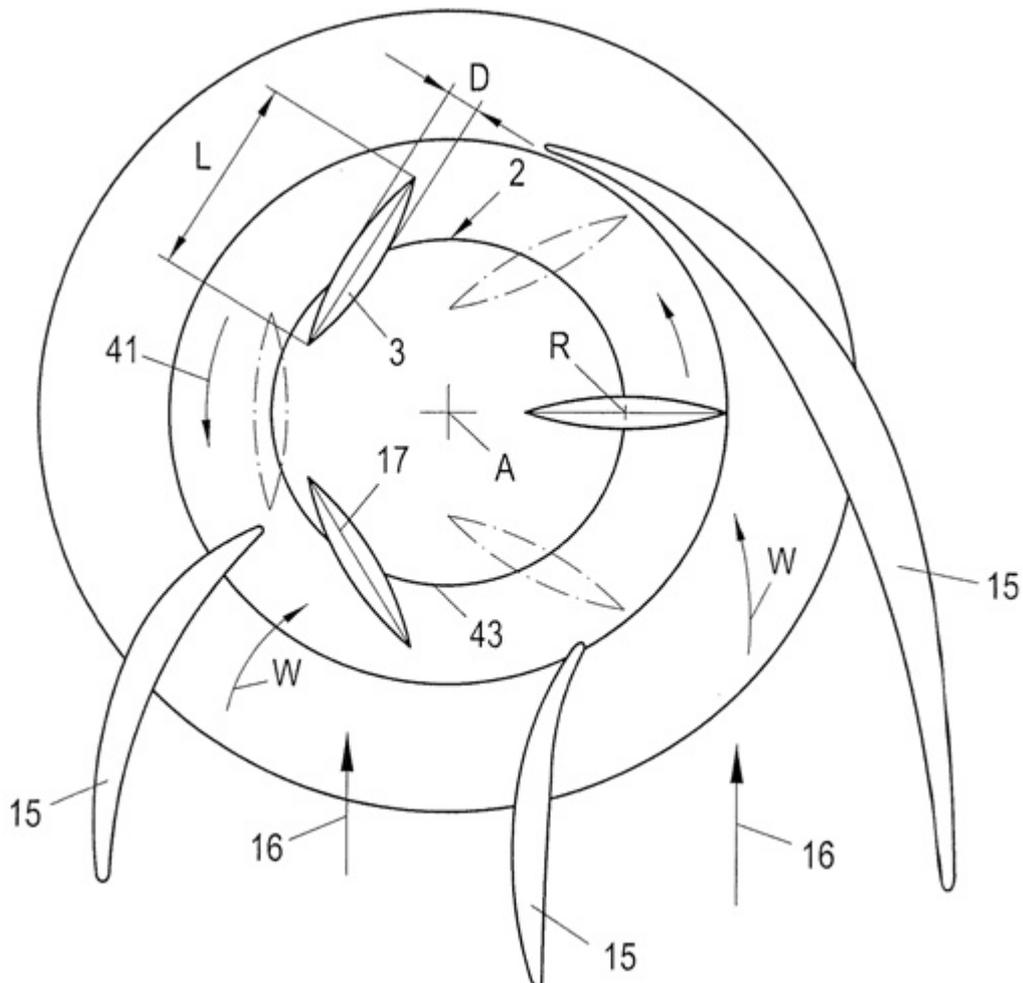


Bild 2: Schaufelprofile und Windströme in ihrer Wirkung auf die Laufschaufeln

Wie Bild 2 zeigt, sind die Leitschaufeln als zwei große Kanäle wirkend auf die Laufschaufeln zu sehen. Dadurch wird die gewünschte Belastung der Laufschaufeln durch den Wind erreicht. Die Laufschaufeln sind symmetrisch gestaltet, da sie nur mit der halben Drehzahl ihrer Grundplatte rotieren und somit abwechselnd auf beiden Seiten angeströmt werden. Daraus ergibt sich die gewünschte Stellung der Laufschaufeln eben quer zu den Strahlen des Windes (W) aus den beiden Kanälen der Leitschaufeln. Die veränderliche Öffnung der Strömung aus den Leitschaufeln ist durchaus erwünscht und zwar so, dass sich mit der Bewegung der Laufschaufeln eine Veränderung an der Außenseite gegenüber der Leitschaufel, aber auch an der Innenseite ergibt.

Im Bild 1 rechts dargestellt ist die Laufschaufel (3), die hier quer zur Windrichtung zu sehen ist und somit in dieser Stellung die höchste Übertragung der Windkraft auf die drehbare Schaufelgrundplatte bedeutet. Im Bild 1 sind somit einerseits an der mittleren Laufschaufel (3), die gerade quer zur Windrichtung steht, die genauen Dimensionen der Laufschaufel ersichtlich und andererseits der im unteren Teil der Laufschaufel angeordnete Übertragungsmechanismus, der die Energie des Windes nach unten zum Generator (24) weitergibt.

Bild 3 zeigt die Zahnradübersetzung in der Grundplatte (2) der Laufschaufeln, die in der Zusammenarbeit der Zahnräder (10) und (8) die entsprechende Drehbewegung der Rotorscheufeln und eine Verminderung der Drehzahl ergibt. Das Zahnrad (8), das mit dem unten liegenden Kegelrad (6) verbunden ist, ist mit dem in der Mitte befindlichen stationären Kegelrad (7) kämmend. Solange die Windrichtung konstant ist, steht dieses still. Über den Antrieb (46) und der Scheibe (20) können jedoch mit dem Kegelrad (7) über die Verbindung (6) zu (8) und (10) alle drei Laufschaufeln an eine geänderte Windrichtung angepasst werden. Vom Stirnrad (22), das Bestandteil der drehbaren Grundeinheit (2) darstellt und auf dem Lager (40) abgestützt ist, wird die mechanische Leistung auf das Ritzel (23) auf der Generatorwelle geleitet. Von dort kann nach erfolgter Umwandlung die elektrische Leistung über entsprechende Kabel abgeleitet werden.

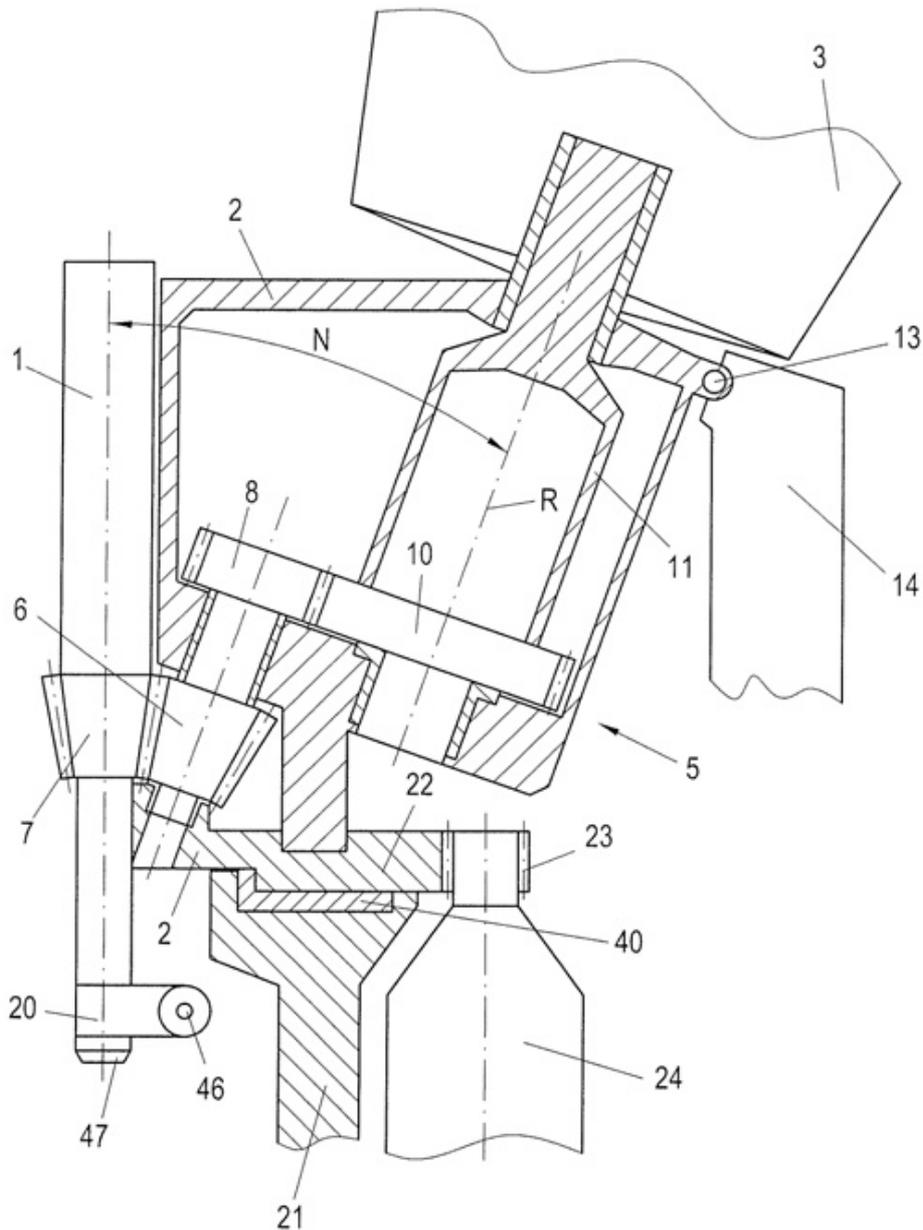


Bild 3: Schaufelverstellung über Kegelräder (7) und (6) sowie Stirnräder (8) und (10), Kraftübertragung über Plattform (2) Großrad (22) und Ritzel (23) auf Generator (24)

2.2 Strömung durch die Beschauelung

Betrachtet man in Bild 2 die Anordnung der Leitschaufeln, die daraus folgende Strömungsrichtung (W) und die Wirkung der Luftströme auf die Laufschaufeln, so erkennt man, dass in dieser Lage der Laufschaufeln noch ein großer Anteil der Strömungskraft in Umfangsrichtung (41) auf die Laufschaufeln übertragen wird. Diese Situation ändert sich nur, wenn die Laufschaufel (3) links liegend vom Wind nicht mehr erfasst wird. (strichlierte Darstellung der Laufschaufel). Dabei sind aber die beiden übrigen Laufschaufeln (strichlierte Zeichnung) in durchaus günstiger Lage am Ende der mittleren Leitschaufel und ebenso günstig am Ende der rechten Leitschaufel angekommen, sodass ein beträchtlicher Leistungsübertrag stattfindet. Daraus ergibt sich der hohe Beitrag von den Leitschaufelkanälen die auf die rotierenden Laufschaufeln wirken, der oben erwähnt wurde. Eine detaillierte Studie der Strömung und der Kraftwirkung auf die Schaufeln über einen Umlauf für eine als auch für alle drei schaufeln im Verband in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit wurde mittels CFD in [3] durchgeführt.

Bei Windrichtungsänderung ist neben der Anpassung durch Verdrehung des zentralen Kegelrades (7) gleichzeitig der äußere Ring (26) und die drei Leitschaufeln gemeinsam der neuen Richtung zuzuführen. Hier ist eine entsprechende Bewegung elektrisch auszuführen. Sie wird am unteren Ende der zentrischen Führungssäule (1) durch den Aktuator (46) bewirkt.

In Bild 4 ist ein Gesamtbild der Leitschaufeln und der Laufschaufeln dargestellt. Die Leitschaufeln passen sich der Außenbewegung der Laufschaufeln an. Es entstehen dadurch unterschiedliche Abstände über die Höhe der Laufschaufeln und über den Umfang. Die Leitschaufeln sind etwas größer, da die Strömungsgeschwindigkeit über die Höhe der Laufschaufel möglichst konstant gehalten werden soll.

2.3 Vorteile

Eine derartige Windturbine kann auch bei höheren Windgeschwindigkeit betrieben werden und muss nicht vom Netz genommen werden wie konventionelle Anlagen. Sie ist auch für starke Schwankungen in Windgeschwindigkeit und der Richtung widerständig.

- Die Schaufeln sind nach außen geneigt und passen sich daher durch eine größere Umfangsgeschwindigkeit entsprechend dem größeren Wind in mit zunehmender Höhe an.
- Die Zunahme der Dicke der Laufschaufeln am Schaufelfuß ist nötig, um der Biegebeanspruchung zu entsprechen.

Eine solche Anlage der vorgeschlagenen Größe hat beträchtliches Gewicht, ist somit an den Aufstellungsort gebunden und hat dazu die einzelnen Komponenten in entsprechender Festigkeit ausgeführt. Es werden am Aufstellungsort im Gebirge oder am Rande von Gebirgshängen hohe Leistungen erreichbar sein. Dies gilt auch für natürliche Seen oder Stauseen.

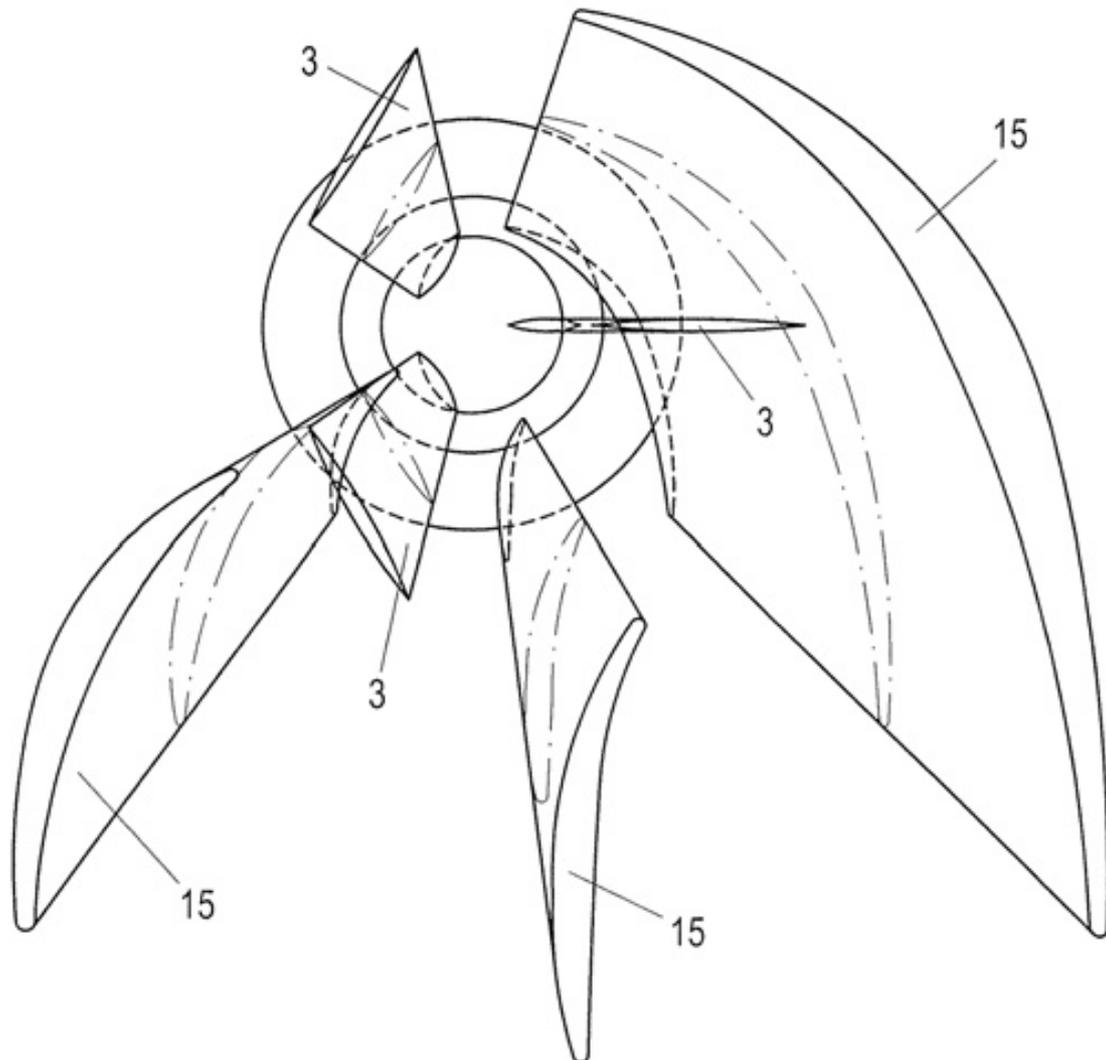


Bild 4: Ansicht von oben auf die rotierende Plattform mit den drei Laufschaufeln (3), sowie die außerhalb liegenden Leitschaufeln (15) in voller Größe. Es wird hier die Wirkung eines Windes von unten nach oben erfasst

3 Windturbine für katabatische Winde

3.1 Anwendungsgebiet

Die zweite vorgeschlagene Windturbine (Katabatische Windturbine) dient zur Konversion von katabatischen Winden. Der Name stammt von der griechischen Bezeichnung für Fallwinde – katabatikos – bergab gehen. Diese kommen häufig im Süden Europas über den Meeren vor (z.B. Bora). Diese Windturbine hätte den Vorteil, relativ energiearme Länder mit umweltfreundlicher Energie versorgen zu können. Diese Winde haben meist große Geschwindigkeiten und bewegen sich über die Wasseroberfläche, sodass eine Montage dieser Windturbine auf einem Schiff oder einem Katamaran zweckmäßig wäre. Sie sind auch anwendbar im Gebirge wenn Stauseen in großer Höhe für die Verwendung von Wasserkraft vorgesehen sind. Es ergeben sich dabei oft günstige Lagen der Windrichtung.

3.2 Aufbau

Eine derartige Energieanlage wurde bereits in [4] detailliert vorgestellt und berechnet und besteht im Wesentlichen aus einer axial durchströmten Turbinenstufe, nach der der Gegendruck durch Injektorwirkung eines zusätzlichen Luftmassenstromes abgesenkt wird. Siehe dazu Bild 5. Es wird dabei der Strom in die direkte Luftturbine, die einen Teil der erhaltenen Energie an das Laufrad abgegeben hat durch die erwähnte Vermischung mit der Zusatzströmung auf eine höhere Geschwindigkeit beschleunigt, sodass im Diffusor dieser Maschine eine Geschwindigkeitssteigerung im Abstrom erreicht wird. Es wird dabei nicht die Eintrittsgeschwindigkeit erreicht, wohl aber ein beträchtlicher Anstieg des Druckes im nachfolgenden Diffusor erzielt. In Summe entsteht so ein höheres Druckgefälle über die Turbinenstufe.

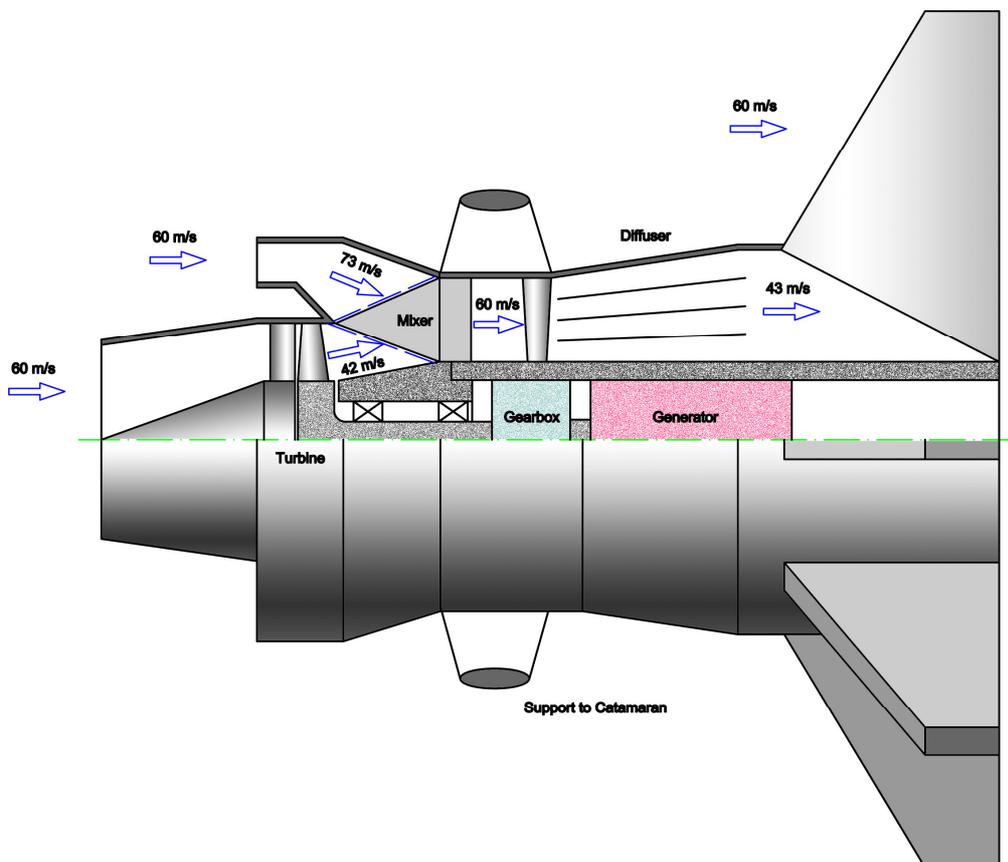


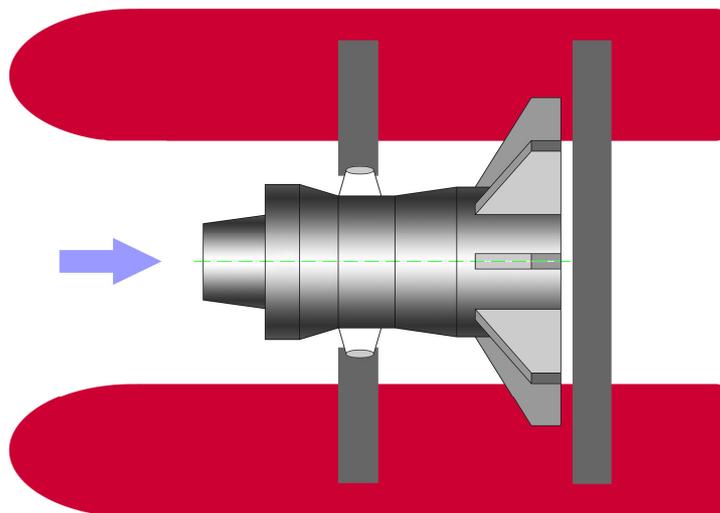
Bild 5: Schnittbild der Turbine

Bild 5 zeigt das Schnittbild der Maschine mit kegelförmigem Einlass, Leit- und Laufschaufeln und dem Dreiecksmischer mit der Luft in den nebenan liegenden Staukanälen. Weiters zeigt das Gehäuse der Turbine, die inneren Wege für Luftantrieb und den Austritt in die Umgebung. die Vorgänge beim Eintritt in die erste Schaufelreihe, die Mischung mit der schnellen Zusatzluftmenge und hierauf den Austritt im Diffusor. Der Lufteintritt in diese Maschine erfolgt durch den Wind in den Turbinenkanal und durch die Zusatzluft ebenfalls als Windströmung in den Mittelteil.

Die Energiezufuhr an die Turbine erfolgt gemäß Bild 5, in dem gezeigt ist, dass sich durch die Mischung mit der Nebenströmung ein verstärkter Durchfluss an Luft ergibt, sowie der Antrieb von Getriebe und Generator. Die Teilmassenströme im Mischer werden durch gewellte Hinterkanten der Leitbleche und der damit vergrößerten Oberfläche zur Mischung gebracht. Dadurch erhöht sich die Austrittsgeschwindigkeit vom dreiecksförmigen Mischer und den nachfolgenden Schaufeln, die wiederum die Geschwindigkeit im Austrittsdiffusor und in den seitlich liegenden Austrittsschaufeln erhöht. Für weitere Details und die Berechnung siehe [4].

Insgesamt ist diese Turbine durch tragende Katamarane über dem Wasser schwimmend gehalten und wird durch Kabel gegen den Wind festgehalten und erlaubt eine Ausrichtung der Maschinenachse in Richtung des Windes. Siehe Bild 6.

Eine Brücke zwischen den Schwimmkörpern trägt in der Mitte das oben geschilderte Turbinengehäuse. Der Antrieb erfolgt durch den Oberflächenwind in ebener Richtung über der Wasseroberfläche.



**Bild 6: Windkraftmaschine auf beiden Schwimmkörpern des Katamarans getragen
(Ansicht von oben)**

4 Zusammenfassung und Ausblick

Beide gezeigten Maschinen stellen einen Beitrag zur CO₂-freien Energiegewinnung dar. Die Idee dahinter war, auch starke Winde in bisher schwer erschließbaren Landstrichen zu nutzen. Lediglich die Zuführung der gewonnenen elektrischen Energie zu den gegebenen Netzen ist durchzuführen. Wenn dies nicht direkt möglich ist, so könnte auch eine anschließende Elektrolyse zur Herstellung von H₂ als Energiespeicher dienen. Während die erste vorgestellte und bereits patentierte Variante eine stationäre Anlage von kleinen bis auch großen Leistungen repräsentiert, stellt die zweite Variante ein transportables System mittlerer bis großer Leistung dar. Das Institut möchte mit diesen unkonventionellen und innovativen Maschinen zur Diskussion und Erweiterung des Standes der Technik beitragen.

5 Referenzen

- [1] Yasuki Shirakawa, „The impact of atmospheric CO₂ concentration above 400 ppm“, 13 November 2013, Global CCS (Carbon Capture and Storage) Institute, <http://www.globalccsinstitute.com/insights/authors/yasuki/2013/11/13/impact-atmospheric-co2-concentration-above-400-ppm>
- [2] Patentschrift AT 511 955 B1 2013-04-15, „Windturbine mit vertikaler Achse“, 15.04.2013, Herbert Jericha, Emil Göttlich, Wolfgang Sanz
- [3] Herbert Jericha, Emil Göttlich, Thorsten Selic, Wolfgang Sanz, „NOVEL VERTICAL-AXIS WIND TURBINE WITH ARTICULATED BLADING“, ASME Paper GT2012-68969, ASME Turbo Expo 2012, Kopenhagen, Dänemark
- [4] Herbert Jericha, Emil Göttlich, Wolfgang Sanz, „NOVEL WIND TURBINE FOR KATABATIC WINDS“, ASME Paper GT2012-69363, ASME Turbo Expo 2012, Kopenhagen, Dänemark