



Entwicklung einer innovativen
und rentablen Kleinwindkraftanlage
zur Energiegewinnung
für Haushalte und Kleingewerbe

VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!



Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds



Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	2
Abstract	3
1. Einleitung	4
1.1 Aufgabenstellung.....	4
1.2 Schwerpunkte des Projektes	4
1.3 Einordnung in das Programm	4
1.4 Verwendete Methoden	5
1.5 Aufbau der Arbeit	5
2. Inhaltliche Darstellung	7
2.1 Windkraftanlagen mit vertikaler Drehachse	7
2.1.1 Die Bauformen	7
Savonius-Rotor.....	7
Darrieus	7
H-Darrieus-Rotor	8
2.2 Ertragsberechnungen	9
2.3 Konstruktion	10
2.4 Berechnung.....	10
3. Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....	12
4. Ausblick und Empfehlungen	13
5. Literaturverzeichnis.....	14

Kurzfassung

Das Projekt SMARTWIND hat die Schaffung einer Datenbasis zur Entwicklung einer einfachen und kostengünstigen Kleinwindkraftanlage für den dezentralen Einsatz zum Ziel. Geplante Märkte sind Privatpersonen, Ortsverbände und Firmen die selbständig Energie erzeugen wollen. Das Projekt vereint 5 Firmen mit den unterschiedlichsten Fähigkeiten aus den Bereichen der Energie-, Elektro- und Compositetechnik, Strömungsdynamik und Forschungseinrichtung zu einem einzigartigen interdisziplinären Team. Eine neue Form der Windradgeometrie verbunden mit Leichtbau soll es ermöglichen, sowohl bei geringen Windstärken, als auch über die gesamte Bandbreite der Windstärke, effizient elektrische Energie zu gewinnen und diese in verschiedenen Anwendungen in einem Wohnhaus oder auch einem Gewerbebetrieb zu verwerten. Ziel der Entwicklung ist es, dem Markt eine kostengünstige und effiziente Windkraftanlage zur Verfügung zu stellen, die auch ohne staatliche Förderungen einen Return of Investment je nach Standort nach 6 bis 8 Jahren ermöglicht.

Im Projekt werden vor allem die notwendigen technischen, rechtlichen wie auch wirtschaftlichen Daten für eine erfolgreiche Entwicklung eines derartigen Systems geschaffen.

Das Projektvorhaben wurde mittlerweile erfolgreich abgewickelt. Am Anfang wurde eine Recherche über Kleinwindanlagen durchgeführt und auch nach bestehenden Patenten für derartige Anlagen gesucht. Allgemein kann gesagt werden, dass die Kleinwindanlagen, die am Markt vertreten sind großteils nur das klassische 3-Flügler Konzept benutzen, zumindest gibt es kaum Hersteller für Vertikalrotoren, die technisch ausgereifte Windkraftanlagen zu einem marktverträglichen Preis für den „Hausgebrauch“ anbieten. Weiters kann auch gesagt werden, dass die durchgeführten Windmessungen an nicht exponierten Stellen leider nicht die erwarteten Ergebnisse erreicht haben. Es zeigte sich aber mit den zusätzlichen Messungen an exponierteren Stellen, dass ab einer durchschnittlich erreichten Windstärke von ca. 3 m/s eine Windkraftanlage beginnt Sinn zu machen.

Erste Berechnungen der möglichen Erträge von vertikalen Windkraftanlagen ergeben, dass der mögliche Leistungskoeffizient gegenüber den klassischen 3-Flügler zwar schlechter ist, aber in Bezug auf die Bauweise auch große Vorteile hinsichtlich der Anlaufeigenschaften und der Leistungsausbeute bei böigem Wind gegeben sind. Weiters entsteht durch die geringe Schnelllaufzahl eines Savonius gegenüber anderen Rotorformen ein nicht zu vernachlässigender Vorteil hinsichtlich Lärm und Gefahren von schnell rotierenden Teilen. Generell kann gesagt werden, dass wenn man es schafft eine konstruktionstechnisch einfache Lösung zu generieren, dem Erfolg einer kleinen Vertikalwindkraftanlage bis ca. 3 KW nichts im Wege steht. Genaue Vergleiche sind nur durch exakte Berechnungen mit Simulationssystemen und in weiterer Folge mit „echten“ Anlagen möglich. Darum wird eine Weiterführung des Projektes angestrebt bei dem genau diese Aspekte behandelt werden.

Abstract

The aim of the project SMARTWIND in the program “new energy 2020” is to create a database for the development of a simple and economical small-wind-powered plant for decentralized applications. Planned markets are private user, local federations and companies who want to produce independently energy for their own. This project combines 5 partners with different skills from the ranges of energy, electrical and composite technology, flow dynamics and research establishments to a unique interdisciplinary team. A new design of the wind wheel geometry should make it possible to win electricity efficiently, already with small wind forces and over the complete range of the wind energy spectrum, and allows the use of it in different applications in houses or companies. Goal of this development is to place it to the market as an efficient and economical wind power plant that makes a return of investment possible after 6 to 8 years also without governmental sponsorship.

The project will create all the necessary technical, legal and economical data for a successful development of such systems.

The whole planned work of the project has been carried out. At the beginning a general investigation of small wind turbines and their properties was done. The project team searched for existing patents of such wind systems. Generally it can be said that the small wind turbines which are represented on the market, mainly use the classic 3-wing concept; at least, there is no manufacturer for vertical turbines who provides “households” and small companies with competitive priced systems. The found patents do not include any “danger” for a new development on a simple solution as planned for this project. All patents choose a complex approach, which seems to be patentable but the general form or function of a savonius or darrieus rotor can not be patented. Initial calculations of the potential energy gain, that is possible for such wind turbines, show that the coefficient of performance is not as good as the classical 3-wing construction. But these constructions also show great advantages in terms of starting characteristics and power output given at gusty wind conditions. Concerning the danger of fast rotating parts and the generation of noise a savonius concept also has big advantages. Finally only accurate calculations with simulation systems and a real prototype can show the advantages of such a wind systems and make comparison with other system possible. Therefore a continuation of the project is aimed!

1. Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Das Projekt SMARTWIND hat die Schaffung einer Datenbasis zur Entwicklung einer einfachen und kostengünstigen Kleinwindkraftanlage für den dezentralen Einsatz zum Ziel. Geplante Märkte sind Privatpersonen, Ortsverbände und Firmen die selbständig Energie erzeugen wollen. Das Projekt vereint 5 Firmen mit den unterschiedlichsten Fähigkeiten aus den Bereichen der Energie-, Elektro- und Compositetechnik, Strömungsdynamik und Forschungseinrichtung zu einem einzigartigen interdisziplinären Team. Eine neue Form der Windradgeometrie verbunden mit Leichtbau soll es ermöglichen, sowohl bei geringen Windstärken, als auch über die gesamte Bandbreite der Windstärke, effizient elektrische Energie zu gewinnen und diese in verschiedenen Anwendungen in einem Wohnhaus oder auch einem Gewerbebetrieb zu verwerten. Ziel der Entwicklung ist es dem Markt in Zukunft eine kostengünstige und effiziente Windkraftanlage zur Verfügung zu stellen. Im Projekt werden vor allem die notwendigen technischen, rechtlichen wie auch wirtschaftlichen Daten für eine erfolgreiche Entwicklung eines derartigen Systems geschaffen.

1.2 Schwerpunkte des Projektes

Im Projekt wurde speziell die wissenschaftlich umfassende Datenerhebung, als auch die Erstellung erster Konzepte angestrebt. Das gewonnen Wissen beziehungsweise die Ergebnisse und Daten der vorgelagerten Recherchen und Messungen sollen eine Basis für die folgenden Arbeitspakete „Pflichtenheft“ und „Kostenevaluierung“ bilden. Vor allem wird im Zuge der Entwicklungsarbeit auf eine spätere kostengünstige Serienfertigung geachtet, um ein wirtschaftlich sinnvolles Produkt garantieren zu können. Wichtig sind somit eine wirtschaftliche Betrachtung und damit verbundene eine „Go/NoGo“ Entscheidung für die weiterführenden Schritte bzw. für eine spätere Umsetzung der Ergebnisse in einen Prototypen.

1.3 Einordnung in das Programm

Laut der Leitlinien des Programms adressiert das Projektvorhaben die Themenpunkte Energie und Endverbraucher. Genauer genommen geht es um die lokale Autonomie von Endverbrauchern bzw. aktive Teilnahme an der regionalen Energieversorgung.

Die neu entwickelte Kleinwindkraftanlage fällt damit natürlich in den Bereich Erneuerbare Energie und trägt damit zur Reduzierung der Klimaauswirkungen bei. Es ist zugleich ein „Intelligentes Energiesystem“, da es Strom liefert, zwischenspeichert und auch mit anderen Systemen wie Photovoltaik kombiniert werden kann. Da es sich um eine kleine Windkraftanlagen handelt, verteilt sich die „Windernte“ bei entsprechender Dissemination

auch auf eine größere Fläche als dies bei den großen Anlagen derzeit möglich ist, da diese durch Bewilligungsverfahren verzögert oder sogar verhindert werden. Ziel ist es, eine Anlage zu entwickeln, die in Zukunft ohne aufwendige Behördenverfahren und Bewilligungen betrieben werden kann.

1.4 Verwendete Methoden

Die Wissensdatenbank und die Grundlagen der Physik wurden mit Hilfe von Literatur und Internetrecherchen zu einem eigenen Bericht inkl. Literaturverzeichnis zusammengefasst.

Auch die Patentrecherche wurde mit dem Anwenderprogramm „Invention Navigator“ über das Internet selbst durchgeführt. Dieses Programm ermöglicht eine weltweite Recherche und Verwaltung von Patenten.

Für die Modell- bzw. Zeichnungserstellung wurde mit dem CAD Programm „Solid Works“ gearbeitet. Erste Last- und Ertragsberechnungen wurden im MS -Excel erstellt, die genauen Lastberechnungen für die Rotor und Mastkonstruktion wurde mit einem Finite-Element Programm durchgeführt. Für das Projektmanagement wurde MS Projekt verwendet.

1.5 Aufbau der Arbeit

Das Projekt wurde in die 5 folgenden Arbeitspakete aufgliedert.

Arbeitspaket 1: Wissensdatenbank inkl. Patentrecherche

Im ersten Schritt wurde eine Wissensdatenbank erstellt, um alle Projektpartner auf den gleichen Wissenstand zum Thema Kleinwindkraft zu bringen. Weiters wurde eine Patentrecherche angesetzt um etwaige Patentkonflikte schon im Vorfeld ausräumen zu können. Die Erstellung einer vereinheitlichen Norm für die Nennleistung sollte die Vergleichsmöglichkeit der unterschiedlichen Systeme erhöhen.

Arbeitspaket 2: Windmessung

Im Arbeitspaket 2 wurde eine Windmessung über die gesamte Projektlaufzeit durchgeführt, um Daten für die Ertragsberechnung bzw. die spätere Konstruktion zu generieren. Die Messungen erfolgen bewusst nicht an Idealstandorten für Windkraftanlagen, da eben eine Anlage für den Hausgebrauch entwickelt werden soll und damit nicht wie bei Großanlagen üblich der Standort beliebig wählbar bzw. auch nicht immer im freien unverbauten Gelände ein Aufstellen möglich ist.

Arbeitspaket 3: Ermittlung der Behördenauflagen

Ziel des Arbeitspaket 3 war es, mehr Transparenz in die oft undurchsichtigen Behördenauflagen für Kleinwindkraftanlagen zu bringen. Es sollten sowohl die Auflagen für das Aufstellen solcher Anlagen wie auch die maschinenbaulichen und elektrischen Vorgaben bzw. Normen erhoben werden. Dieses Wissen ist notwendig, um spätere Entwicklungsschritte in die richtige Richtung zu lenken.

Arbeitspaket 4: Erstellung eines Pflichtenhefts

Für eine spätere Entwicklung und Umsetzung der angestrebten Windkraftanlage wird ein Pflichtenheft unumgänglich sein; dies ist das Ziel des Arbeitspaketes 4. Die Zusammenfassung der aus den vorhergehenden Paketen ermittelten Daten dient als Basis für ein Folgeprojekt, speziell für die Designkonzepte sowie die Anlagengröße und die zukünftige Prototypenentwicklung.

Arbeitspaket 5: Kostenevaluierung

Im letzten Arbeitspaket ging es um die Evaluierung der Kosten für das neue vertikale Windraddesign und deren Komponenten. Aufgrund von den ersten Auslegungen und Berechnungen kann der Verbrauch der nötigen Compositematerialien ermittelt werden. Weiters sollte recherchiert werden, welche Bauteile sowohl auf der elektrischen wie der maschinenbaulichen Seite von Nöten sind bzw. wie viel diese kosten werden. Es sollte zwischen den ersten Prototypen und einer später möglichen Serie kostenmäßig unterschieden werden.

2. Inhaltliche Darstellung

Im Folgenden sehen sie einen Auszug aus den im Projekt gewonnenen Daten.

2.1 Windkraftanlagen mit vertikaler Drehachse

Windkraftanlagen mit vertikaler Drehachse sind die älteste Rotorbauform und wurden vorerst als reine Widerstandsläufer ausgeführt. Erst später gelang es, den aerodynamischen Auftrieb auszunutzen. [1]

2.1.1 Die Bauformen

Neben diversen Mischbauweisen kann grundsätzlich zwischen 3 verschiedenen Bauformen der Kleinwindkraftanlagen mit vertikaler Drehachse unterschieden werden:

Savonius-Rotor

Der konventionelle Savonius-Rotor wird charakterisiert durch niedrige Schnelllaufzahlen und geringe Leistungsbeiwerte. Bei optimaler Form kann er auch den Auftrieb nutzen. Die maximalen Leistungsbeiwerte liegen bei 0,25. [1]

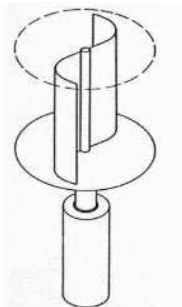


Abbildung 1: Savonius-Rotor [2]

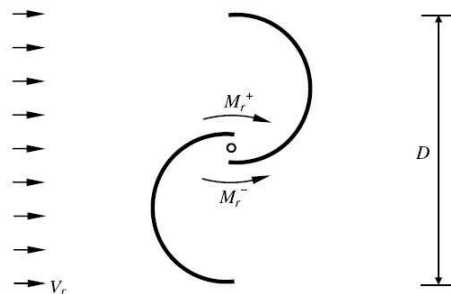


Abbildung 2: Funktionsweise eines Savonius-Rotors [7]

Der Savonius-Rotor besteht meist aus 2 halbrunden Rotorschaukeln. Durch den Wind wird ein Moment erzeugt. Das Moment an der Innenseite ist aufgrund der unterschiedlichen Widerstandswerte der Oberflächen größer und so entsteht ein insgesamt positives Moment [7].

Darrieus

Die geometrische Form der Rotorblätter eines Darrieus ist kompliziert und der Rotor ist sehr aufwändig in der Herstellung. [1] Entwickelt wurde der Darrieus-Rotor hauptsächlich in Nordamerika, besonders im „National Research Council of Canada“ und in den „Sandia National Laboratories“. Dort wurde bereits 1974 ein Darrieus mit 5 m Durchmesser und 1977 ein 60 kW Darrieus mit 17 m gebaut. [10]



Abbildung 3: Typischer Darrieus-Rotor [8]

Während für kleinere Anwendungen Darrieus-Rotoren mit geraden Rotorblättern besser geeignet sind, sind für größere Anwendungen herkömmliche Darrieus-Rotoren mit gekrümmten Rotorblättern zu bevorzugen, da keine so hohen Biegemomente wie bei H-Rotoren auftreten [10].

H-Darrieus-Rotor

Der H-Rotor (oder H-Darrieus) besteht aus geraden Rotorblättern, die mit Haltestreben mit der Rotorwelle verbunden sind. Diese Rotorform war besonders in England, den USA und Deutschland verbreitet [1]. Die von Musgrove entwickelte Windturbine mit variabler Rotorgeometrie zur groben Leistungs- u. Drehzahlregelung scheiterte allerdings an den hohen Herstellkosten. [1]



Abbildung 4: Typischer H-Rotor [9]

Die geraden Rotorblätter des H-Rotors bringen aufgrund der einfachen Geometrie Vorteile gegenüber dem herkömmlichen Darrieus und werden besonders für kleine Leistungsbereiche und Schwachwind-Gebiete empfohlen. Nachteil dieser Rotorbauform sind vor allem die höheren Biegemomente, verglichen mit dem herkömmlichen Darrieus mit gekrümmten Rotorblättern. [10]

Die Leistungsbeiwerte die von H-Rotoren erreicht werden, sind in der Regel höher als die der Savonius-Rotoren. Sie sind allerdings etwas niedriger als jene von Darrieus-Rotoren.

2.2 Ertragsberechnungen

Anhand von vorhandenen und den gemessenen Winddaten verschiedener Standorte und mit den ermittelten C_p -Kurven von verschiedenen untersuchten Rotoren kann der Jahresenergieertrag für diese Rotortypen abgeschätzt werden.

In der folgenden Abbildung sind die C_p -Kurven aller im Projekt ausgewerteter Rotortypen dargestellt.

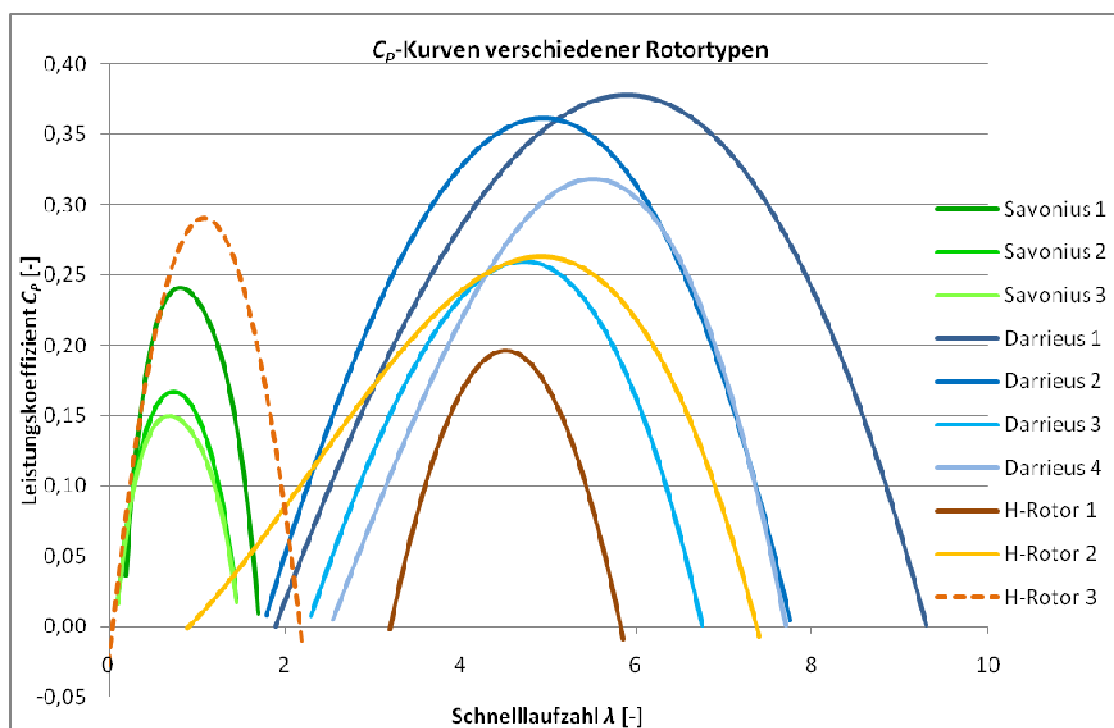


Abbildung 5: C_p -Kurven aller Rotortypen

Der spezifische Ertrag bezeichnet den Jahresertrag pro Erntefläche. Die Erntefläche oder auch durchströmte Fläche wird bei einer Windkraftanlage durch den Rotordurchmesser D und die Rotorhöhe H bestimmt und in dieser Tabelle auf einen Quadratmeter normiert.

Rotortyp	Jahresenergieertrag [kWh/(m ² a)]			
	Bei 2,70 m/s	Bei 2,89 m/s	Bei 3,37 m/s	Bei 5,37 m/s
Savonius 1	57,7	64,5	105,7	309,7
Savonius 2	39,9	44,6	73,0	213,9
Savonius 3	35,9	40,1	65,7	192,5
Darrieus 1	90,5	101,1	165,7	485,3
Darrieus 2	86,5	96,7	158,4	464,0
Darrieus 3	62,2	69,5	113,9	333,7
Darrieus 4	76,2	85,1	139,6	408,7
H-Rotor 1	46,9	52,4	85,8	251,4
H-Rotor 2	62,9	70,3	115,3	337,6

Tabelle 1: spezifische Netto-Jahresenergieerträge für verschiedene Rotortypen und Standorte

2.3 Konstruktion

Vorerst wurde für die ersten Überlegungen der Savoniusrotor in Betracht gezogen. Die Konstruktion dieser Windkraftanlage mit vertikaler Drehachse des Rotortyps Savonius erfolgte teils auf ersten Annahmen und Schätzungen und teils auf Basis bereits realisierter Anlagen. Im folgenden Bild sehen sie ein erstes Model der konstruierten Savonius-Windkraftanlage.

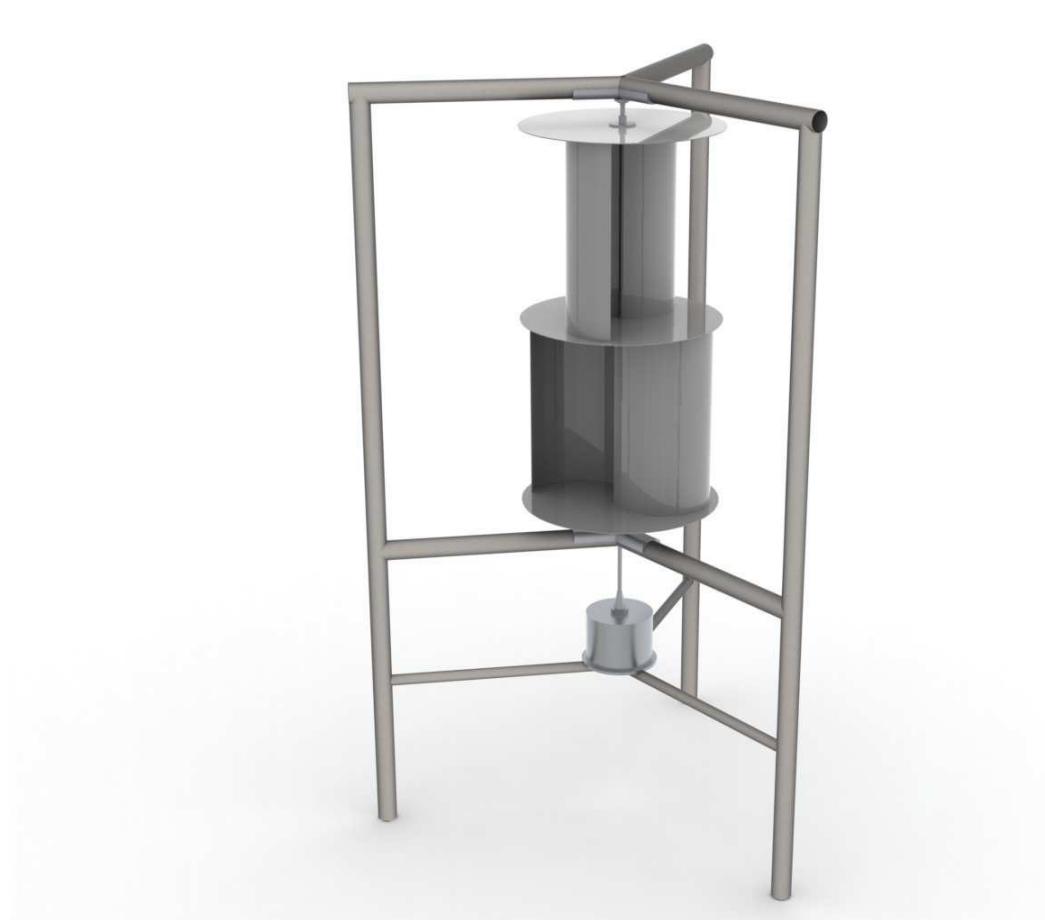


Abbildung 6: Model des angedachten Savoniusrotors

2.4 Berechnung

Aufbauend auf der zuvor durchgeführten Konzeptstudie, bei der man auch die maximalen Windlasten berücksichtigt hat wurden erste Berechnungen durchgeführt. Diese Studie sollte eine Basis für die weitere Kostenabschätzung einer Prototypenanlage ergeben.

In der Abbildung ist der verformte Rotor unter maximaler Windlast zu sehen. Anzumerken ist, dass eventuell die mittige Platte und auch der Rotor selbst mit z. B. karbonfaserverstärktem Material (CFK) mit höherem E-Modul verstärkt werden sollte, um zu hohe Verformungen zu vermeiden.

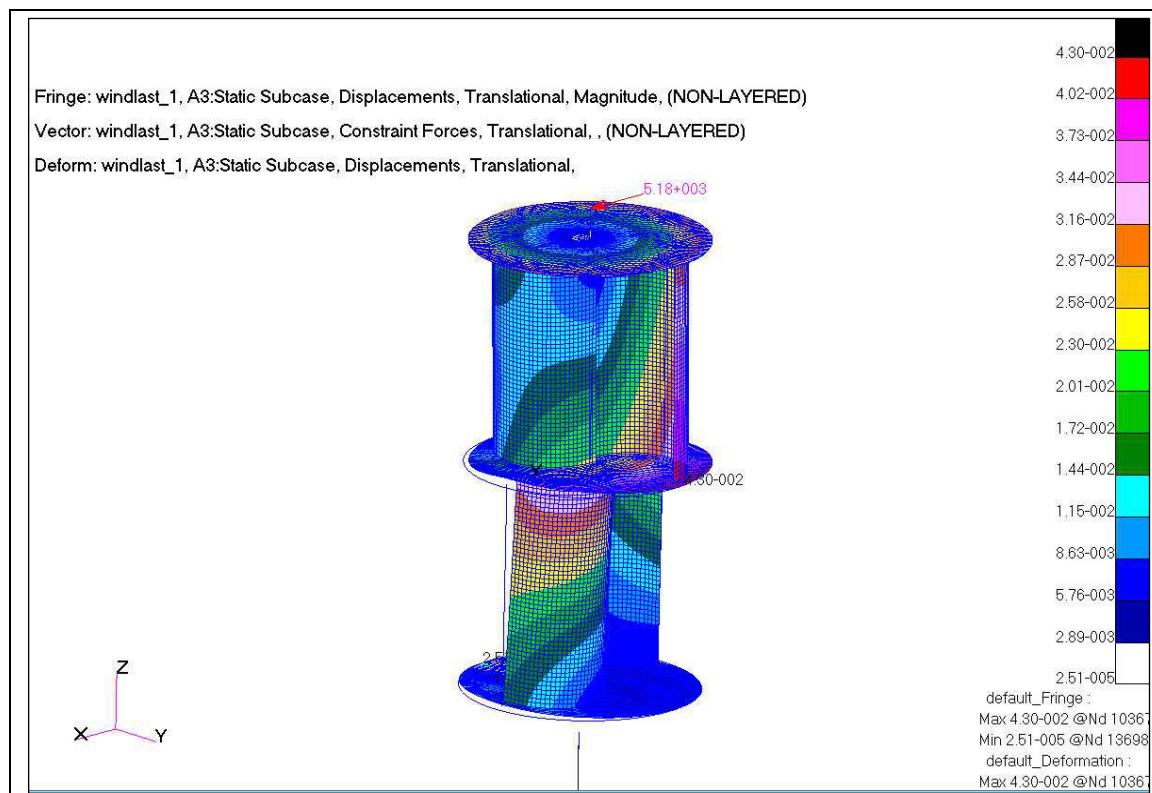


Abbildung 7: Verformter Rotor unter maximaler Windlast

3. Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Wie unter Punkt 2 ersichtlich, wurde eine Recherche über die verschiedenen Kleinwindkraftanlagen durchgeführt und auch nach bestehenden Patenten für derartige Anlagen gesucht. Allgemein kann gesagt werden, dass die Kleinwindanlagen, die am Markt vertreten sind, hauptsächlich nur das klassische 3-Flügler Konzept benutzen, zumindest gibt es kaum Hersteller für Vertikalrotoren die technisch ausgereifte Windkraftanlagen zu marktverträglichen Preisen für den „Hausgebrauch“ anbieten. Die Vertikalanlagen die es am Markt gibt sind größtenteils noch nicht typengeprüft verfügbar und kommen meistens aus Übersee.

Die gefundenen Patente beinhalten keine „Gefahr“ für eine Neuentwicklung die auf eine einfache Lösung setzt, da alle Patente bzw. Offenlegungen einen komplexen Ansatz wählen, der eben patentwürdig erscheint. Die generelle Form bzw. Funktion eines Savonius- bzw. Darrieus- Rotors kann nicht patentiert werden.

Berechnungen der möglichen Erträge von vertikalen Windkraftanlagen ergeben, dass der mögliche Leistungskoeffizient gegenüber den klassischen 3-Flügler zwar schlechter ist, aber in Bezug auf die Bauweise auch große Vorteile hinsichtlich der Anlaufeigenschaften und der Leistungsausbeute bei böigem bzw. turbulenten Wind gegeben sind. Weiters entstehen zum Beispiel durch die geringe Schnelllaufzahl eines Savonius gegenüber anderen Rotorformen ein nicht zu vernachlässigender Vorteil hinsichtlich Lärmemission und Fehlerquellen von schnell rotierenden Teilen.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die durchgeführten Windmessungen an nicht exponierten Stellen die im Vorfeld erwarteten Ergebnisse leider nicht erreicht haben. Es zeigte sich aber mit den zusätzlichen Messungen an exponierteren Stellen, dass sich ab einer durchschnittlichen Windstärke von ca. 3 m/s eine Windkraftanlage zu rentieren beginnt. Dabei ist auch zu sehen, dass genau in diesem unteren Windstärkenbereich vertikale Windkraftanlagen einen Vorteil gegenüber dem klassischen 3-Flügler haben.

Genauere Vergleiche sind nur durch weitere exakte Berechnungen mit Simulationssystemen und in weiterer Folge mit „echten“ Anlagen möglich. Darum wird auch eine Weiterführung des Projektes angestrebt bei dem genau diese Aspekte behandelt werden.

4. Ausblick und Empfehlungen

Auf diesen aus diesem Projekt vorliegenden Daten aufbauend wäre die Umsetzung und Optimierung einer ersten Prototypenanlage das nächste Ziel. Mit dieser sind dann Testläufe bzw. in Folge auch Vergleiche mit einem „Standard 3 Flügler“ am selben Standort durchzuführen. Weiters ist eine Kombination mit einer Photovoltaikanlage geplant, um bei Insellösungen eine komplett autark funktionierende Stromquelle mit einem zentralen Speicher und Wechselrichter anbieten zu können. Grundsätzlich kann gesagt werden dass auch bei noch so genauer Betrachtung der Gegebenheiten und weiterer Untersuchungen erst die Umsetzung und der Betrieb einer Prototypenanlage die Wahrheit ans Tageslicht bringen wird können. Mit den neuen gewonnen Daten müsste dann mittels Iterationsschritten ein Optimum aus Performance und Kosten der Anlage herausgearbeitet werden.

Generell kann gesagt werden, dass wenn man es schafft eine konstruktionstechnisch einfache Lösung zu generieren dem Erfolg einer kleinen Vertikalwindkraftanlage nichts im Wege steht.

5. Literaturverzeichnis

- [1] *Hau E. (2008) Windkraftanlagen: Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.*
- [2] <http://www.reuk.co.uk/OtherImages/savonius-wind-turbine2.jpg>, zugegriffen am 22. Mai 2009
- [3] *Riegler H. HAWT versus VAWT. Refocus Juli/August 2003: 44-46*
- [4] *Eriksson S., Bernhoff H., Leijon M. (2006) Evaluation of different turbine concepts for wind power. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2008, 12: 1419-1434*
- [5] *Refocus. Small wind turbines. Refocus März/April 2002: 30-36*
- [6] *Menet J.L. (2004) A double-step Savonius rotor for local production of electricity: a design study. Renewable Energy 2004, 29: 1843-1862*
- [7] *Altan B.D., Atilgan M., Özdamar A. (2008) An experimental study on improvement of a Savonius rotor performance with curtaining. Experimental Thermal and Fluid Science 2008, 32: 1673-1678*
- [8] <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Darrieus-windmill.jpg&filetimestamp=20070621164637>, zugegriffen am 26. Februar 2009
- [9] <http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:H-Darrieus-Rotor.png.jpg>, zugegriffen am 26. Februar 2009
- [10] *Paraschivoiu I. (2002) Wind Turbine Design. With Emphasis on Darrieus Concept. Presses Internationales Polytechnique, Montreal. Seite 37-61*

IMPRESSUM

Verfasser

Lynx Composites GmbH
Gewerbestrasse West 16, 4921 Hohenzell
Tel: +43 7752 70318 0
Fax: +43 7752 70318 18

Projektpartner

- P1. FH OÖ Forschungs- & Entwicklungs GmbH
- P2. Bernecker Engineering Microelectronics & Software
- P3. techn. Büro-Ingenieurbüro für MB Wolfgang Billinger
- P4. McSolar Handel & Montage GmbH

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
office@klimafonds.gv.at
www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH