



EIFER

EUROPÄISCHES INSTITUT FÜR ENERGIEFORSCHUNG
INSTITUT EUROPEEN DE RECHERCHE SUR L'ÉNERGIE
EUROPEAN INSTITUTE FOR ENERGY RESEARCH

Geschichte der Windkraft Bauformen

KIT



- Seefahrt ?
- Mechanische Windkraftanlagen
- Stromerzeugende Windkraftanlagen
 - Frühe Versuchsanlagen
 - Der Ausbau der Windkraft
 - Moderne Anlagen
 - Offshore
 - Zukunft ...

Wandbild 1.400 v.Chr. (ca. 5.000 v.Chr.)



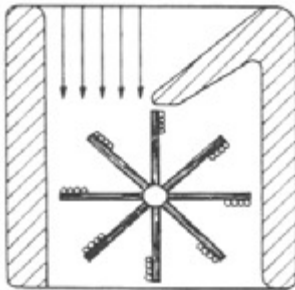
Vertikalachsen Windmühlen

- Königs Hamurabi um 1750 v.Chr. in Babylon (Gesetzbuch – Hinweis)
- Erfinder Heron von Alexandria 100 n.Chr. (Orgel – Dokument)
- Nachweise ab 700 n. Chr.:
 - Persien (Getreidemühlen)
 - Tibet (Gebetsmühlen)
 - China (Wasserpumpen)

Persische Windmühlen (Afghanistan / Tibet)

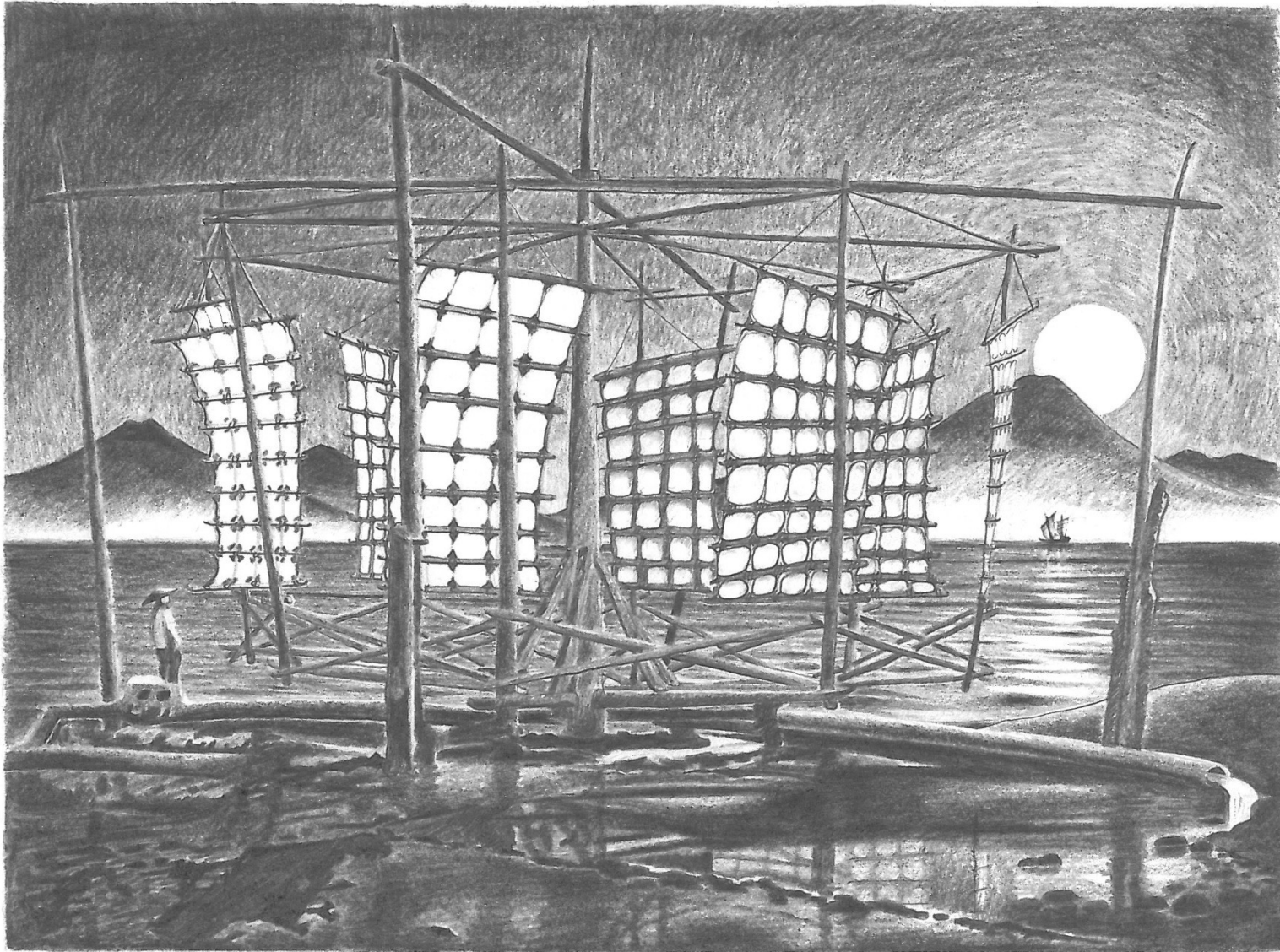


- Ca. 700
- Widerstandsläufer
- Vorzugswindrichtung



richtungsunabhängig

Chinesische Windmühle



© M 2007

- Bekannt seit dem 12. Jahrhundert
- Horizontale Achse
- Historische Umstände :
 - Perfektionierung des Handwerks
 - Mangel an Arbeitskräften („Wohlstand“)
 - Christianisierung der nordischen Völker
- Einsatzfelder :
 - Mahlen, Dreschen, Pumpen, Schöpfen, Sägen, Hämmern, Klopfen, Walken

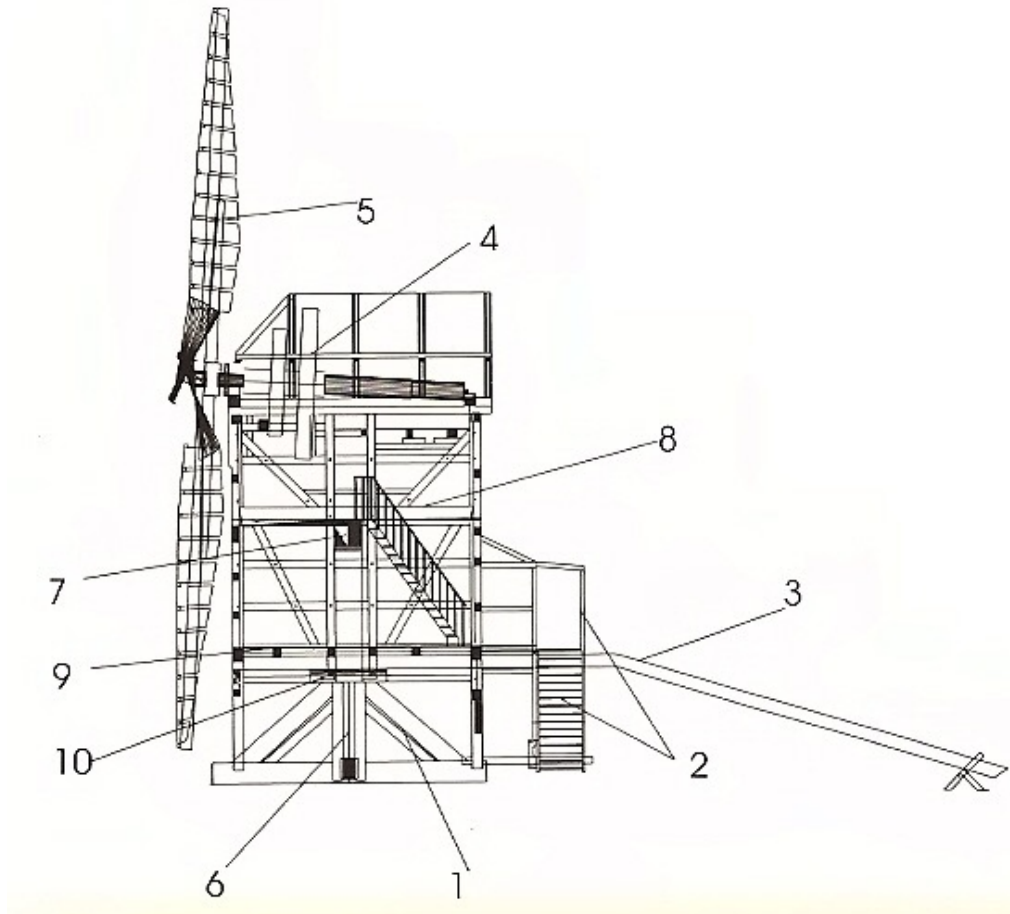
Historische Entwicklung

- Bockwindmühlen 12. Jh.
- Turmwindmühlen 14. Jh.
- Wippmühle 15. Jh.
- Holländermühle 16. Jh.
- Paltrokmühle 16. Jh.
- Westernmill 18. Jh.
- Ausbreitung:
 - Europa 19. Jh. ca. 200.000
 - Amerika 1930 ca. 600.000 (Westernmill)

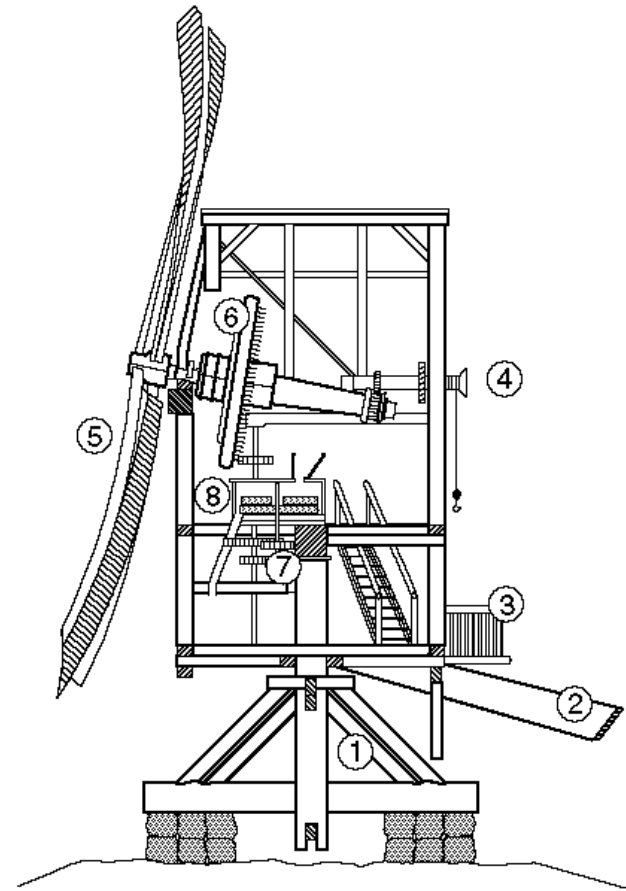
Bockwindmühle (12. bzw. 15. JH D)



Bockwindmühle - Innenleben



Deutsche Bockwindmühle 15 Jh.



- | | |
|---------------|--------------|
| 1 Bockgerüst | 5 Flügelbaum |
| 2 Hebelbalken | 6 Kammrad |
| 3 Treppe | 7 Getriebe |
| 4 Seilaufzug | 8 Mahlgang |

Turmwindmühlen 14-15 Jh.



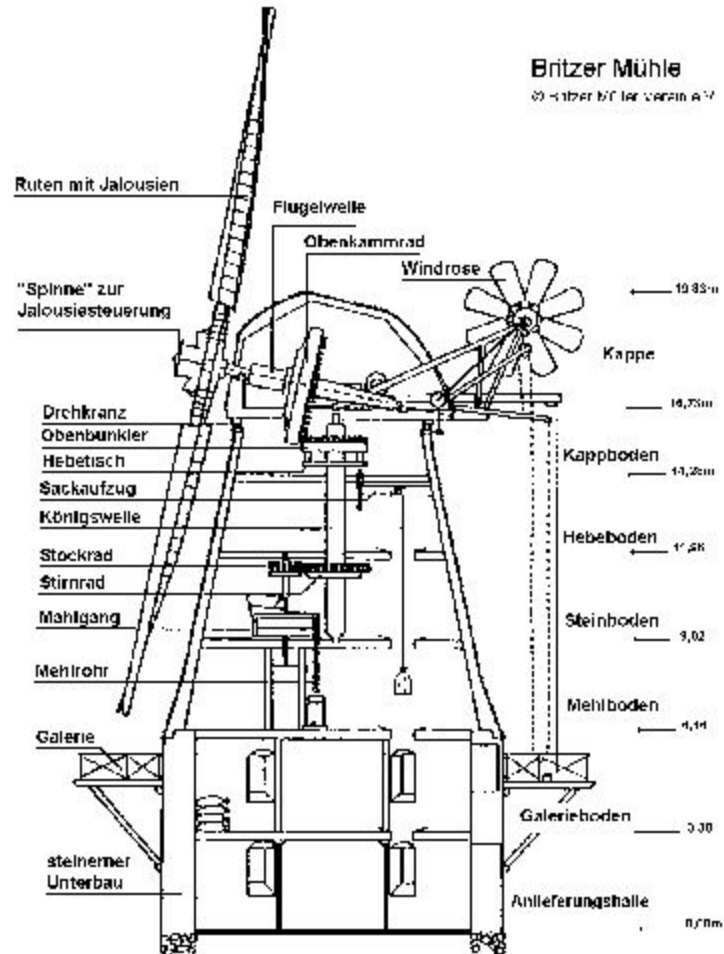
Turmwindmühlen (Bretagne / England 1830)



Wippmühle, Kokermühle



Holländermühle 16. JH



Holländer



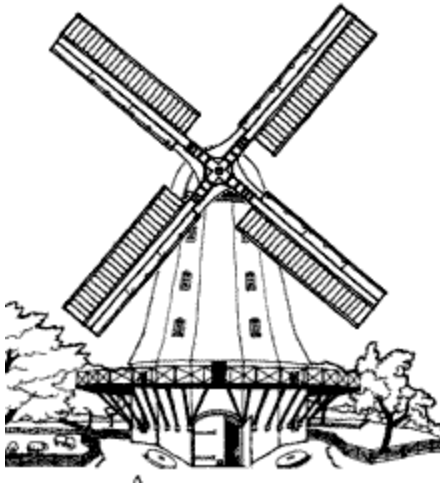
Paltrockmühle ab 16 Jh.



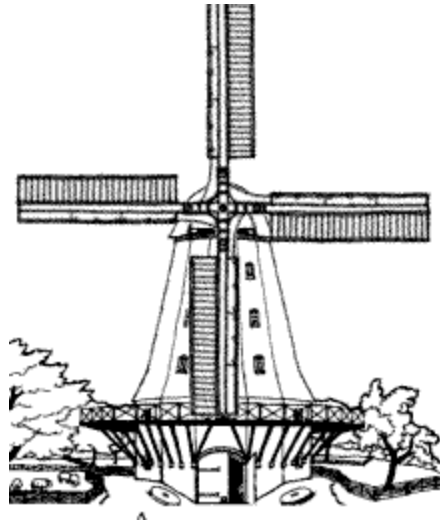
Scheunenmühle 1864 / Jalousienflügel



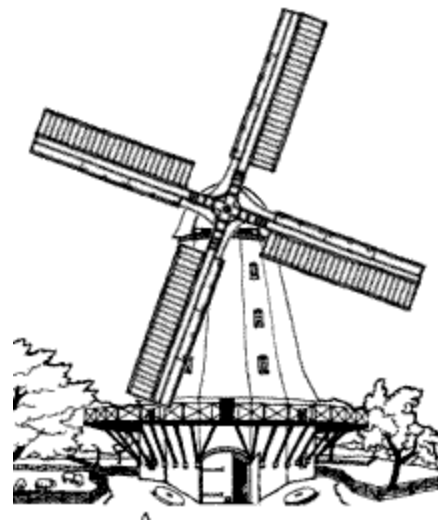
Flügelsprache



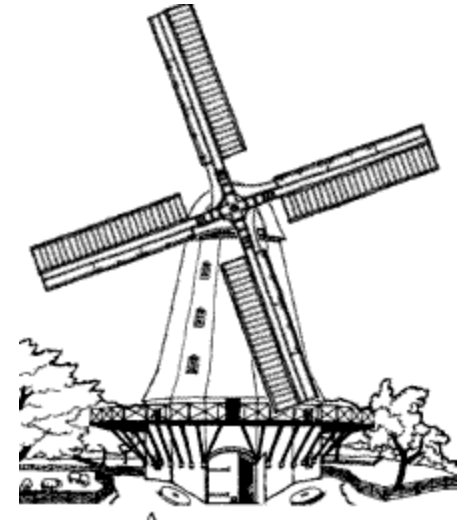
Feierabend



Pause



Freudenschere



Trauerschere

Alte Mühlen – Daten & Leistungen

- Ø 20 – 25 m
- Nabe : 20 – 30 m
- Gewicht : 40 – 50 t
- $8 \text{ kW} < P < 12 \text{ kW}$
- Bis zu 1 t Mehl / Tag
- Auftriebsprinzip
- Wirkung auch mit schrägen Platten
- Maximaler Wirkungsgrad um die 28% (Smeaton 18 Jh.)



- Südeuropa
 - Turmwindmühlen
 - Segeltuch
 - Vorzugswindrichtung
 - Getreidemühlen



Windmühlen in Westsibirien



Windmühlen in Rumänien



Amerika - Westernmill

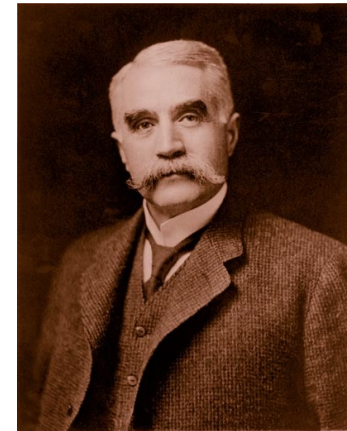
- Entwicklung des Westens
- Stahlblech / Holz
- Langsamläufer
- Massenproduktion
- Vollautomatisch
- Wasserpumpen



Charles F. Brush (1849-1929)



- 1888
- Ø 17m – 144 Blades
- 500 rpm / Getriebe
- 12 kW Gleichstrom
- 20 Jahre
- -> GE

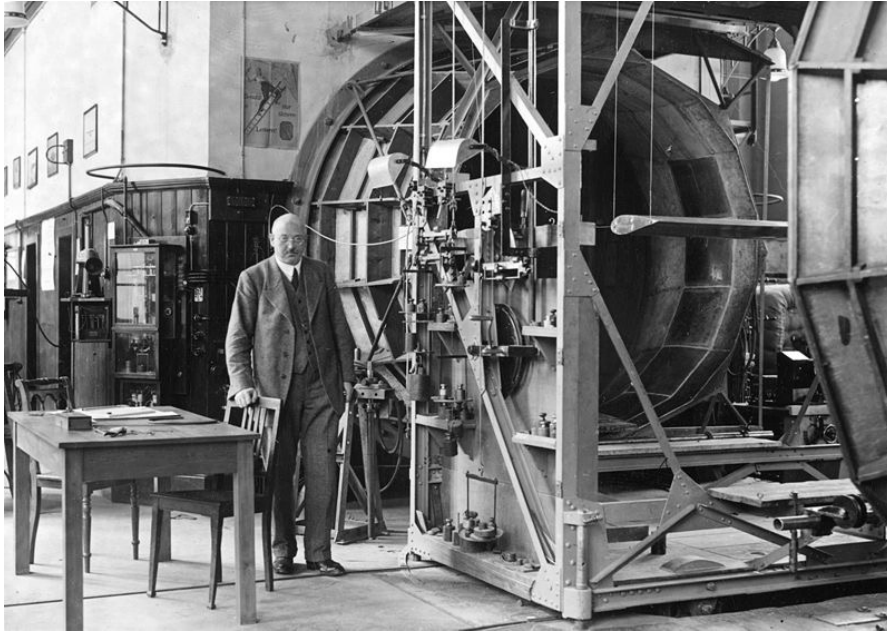


Poul la Cour (1846-1908)



- 1891 Schule
- Elektrolyse – H₂ – Gaslicht !
- Theorie
- Windkanal
- 1918 Dänemark
 - 120 E-Werke mit Windkraftanlagen
 - 20-35 kW
 - 3 MW Gesamt
 - 3% des Bedarfs

Albert Betz (1885 – 1968)



- Physiker
- Betzsches Gesetz
- 1920 Artikel
- 1925 Buch
 - Windenergie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen

Johannes Juul (1887 – 1969) Gedser Anlage



- Schüler von Poul La Cour
- 1. Drehstromgenerator
- 1956
- 200 kW
- LUV-Läufer
- Elektrische Nachführung
- Stall-Regelung
- 11 Jahre Betrieb



Georges Darrieus (1888 – 1979) 1931 Patent



F.L. Smith 1940-1950 (Dänemark, 35 kW)



Smith-Putnam (1941 USA)



1,25 MW

Tvind (1956 Dänemark)



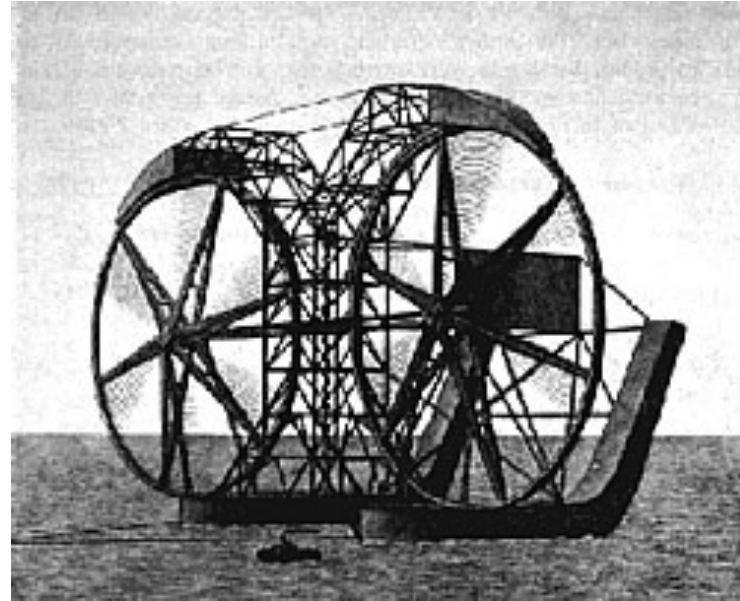
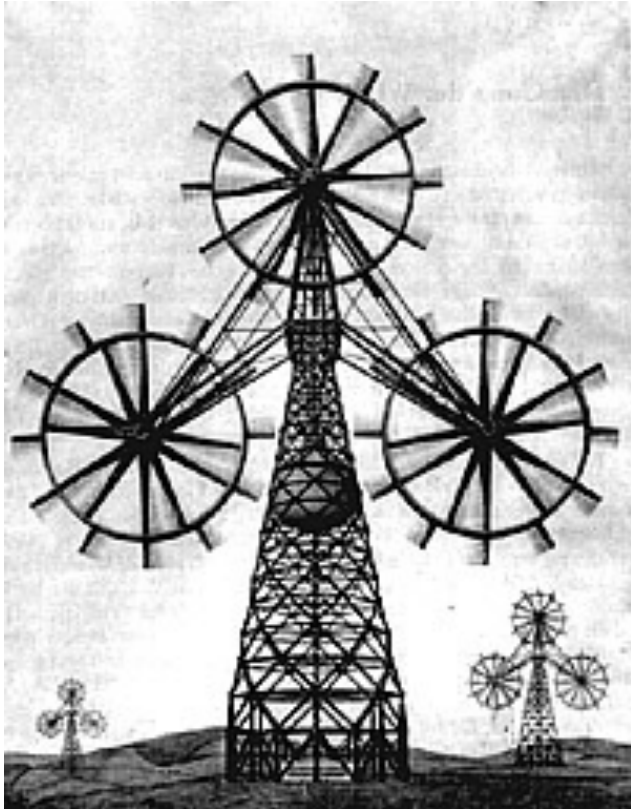
2 MW

Ulrich W. Hüttner (1910 - 1990)

- 1957 100 kW (2 Blatt)
- 1958 10 kW Offshore
- 1967 Rotorblätter aus GFK

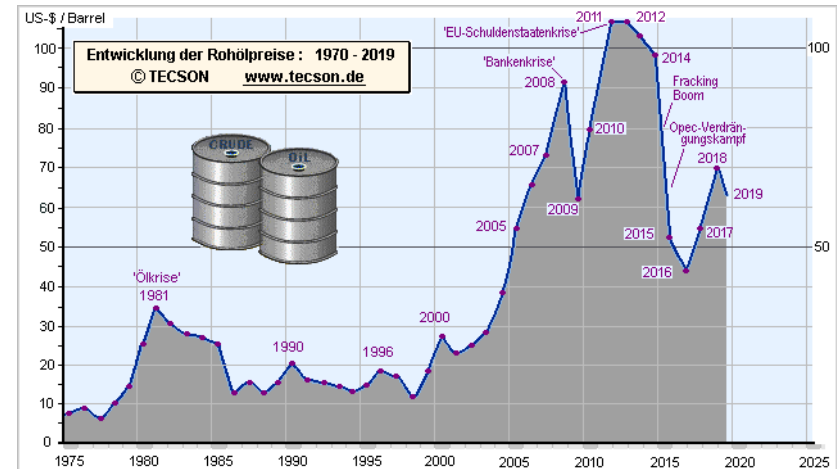
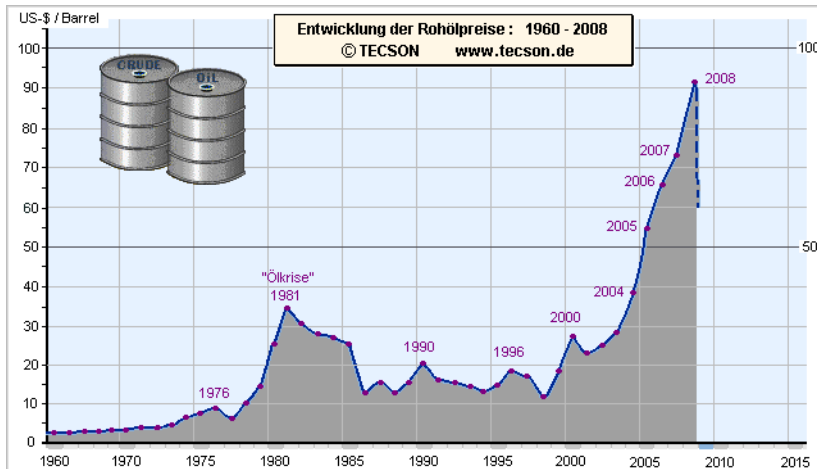


1930 – Hermann Honnef - Windkraftträume



1973 + 1979 Ölkrise – AKW Nein Danke !!!

Club of Rome ... Grenzen des Wachstums ... letztlich auch der IPCC



Dänisches Modell (Bsp. Bonus 30 kW)



- LUV Läufer
- 3 Rotorblätter
- Passiv Stall
- Asychrongenerator
- 2 Generatoren
- Massenproduktion
- Netzkopplung
- Seit 1980

Growian (Deutschland 1983 - 1987)



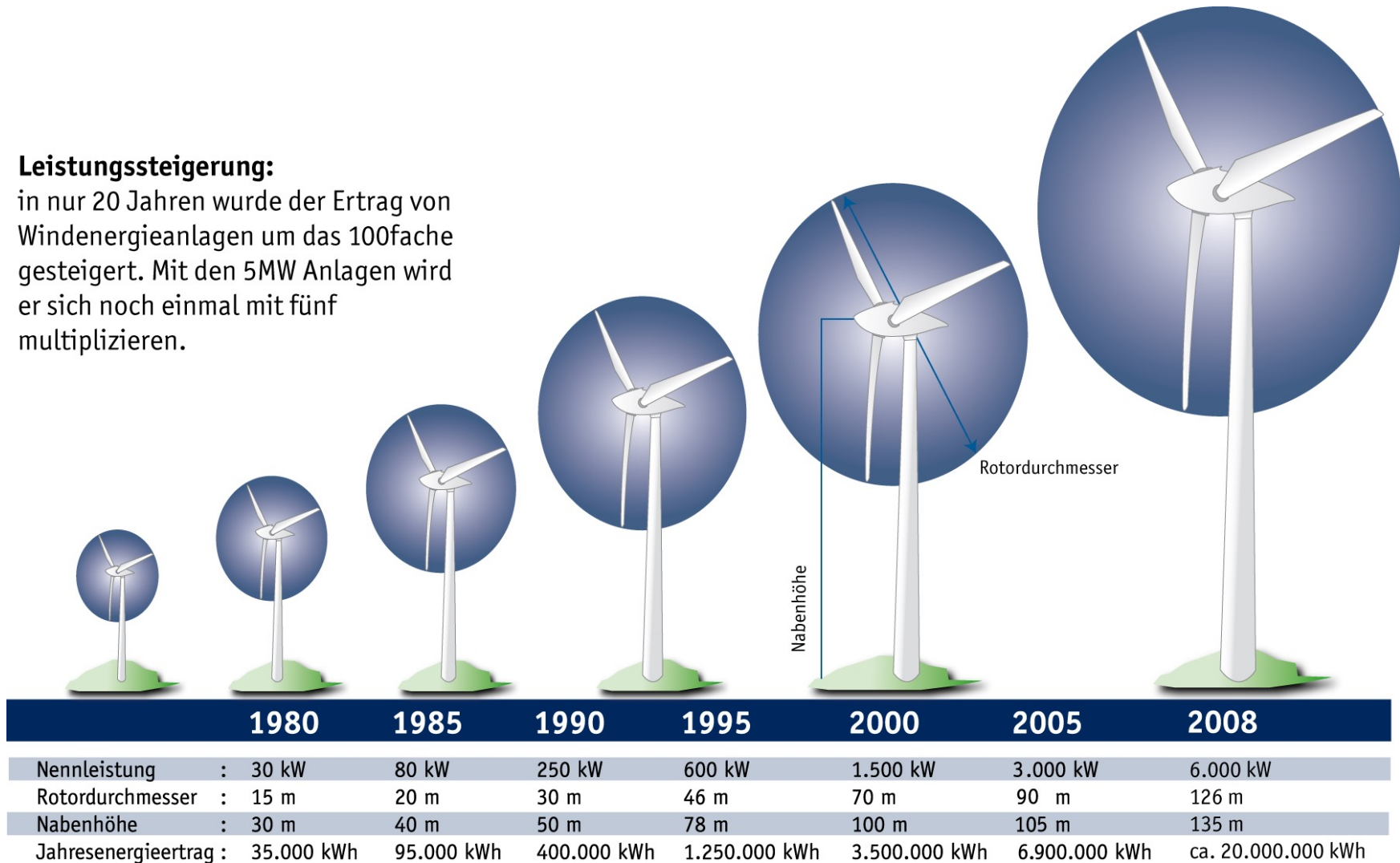
- Lee-Läufer
- 3 MW
- Pendelnabe
- Nabenhöhe 100m
- Ø 100,4 m

Californischer Windrausch 1980-1985 (55 kW)

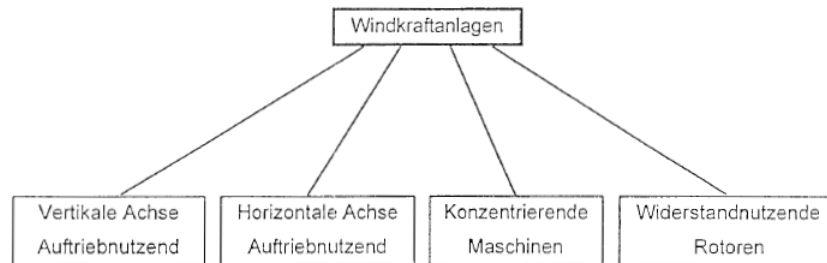


Leistungssteigerung:

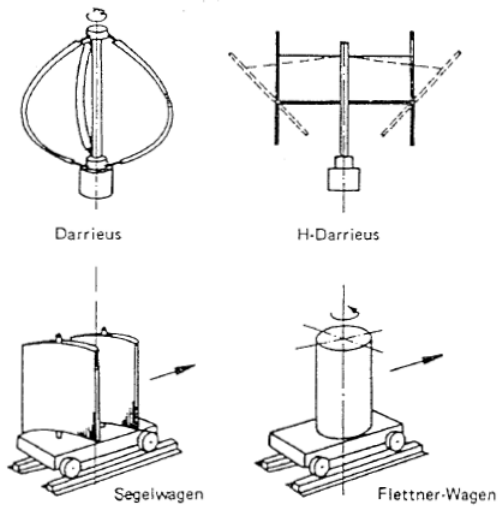
in nur 20 Jahren wurde der Ertrag von Windenergieanlagen um das 100fache gesteigert. Mit den 5MW Anlagen wird er sich noch einmal mit fünf multiplizieren.



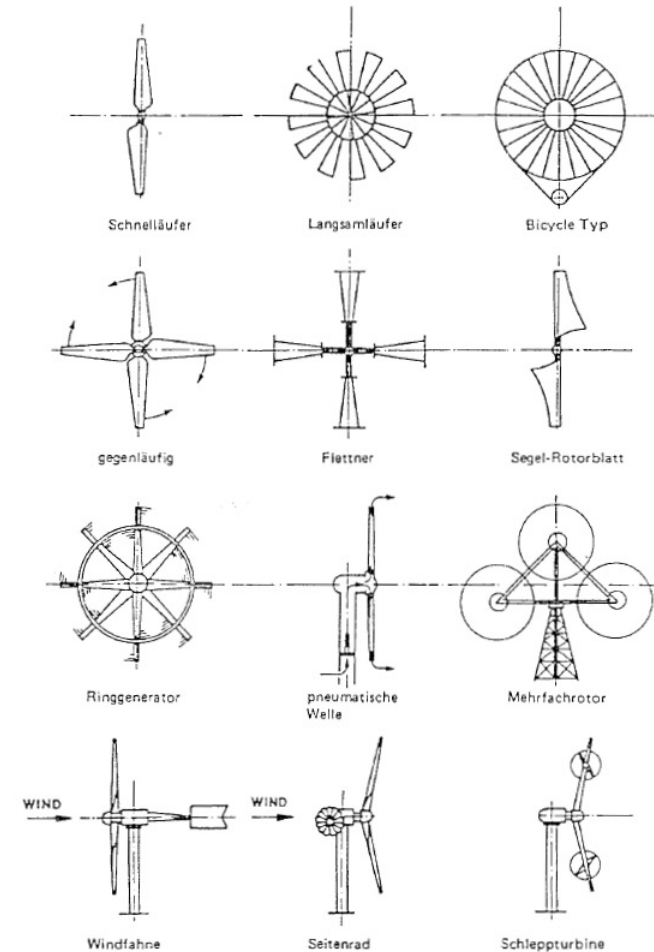
Bauformen



Vertikale Achse, Auftriebnutzend:

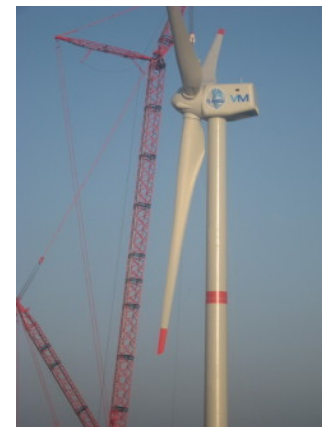


Horizontale Achse, Auftriebnutzend:



Stand der Technik I ...

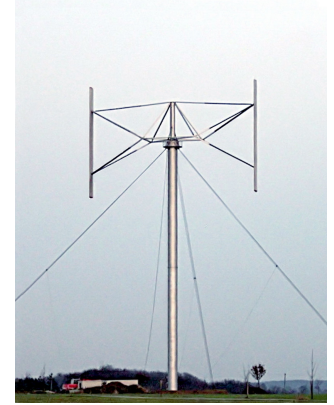
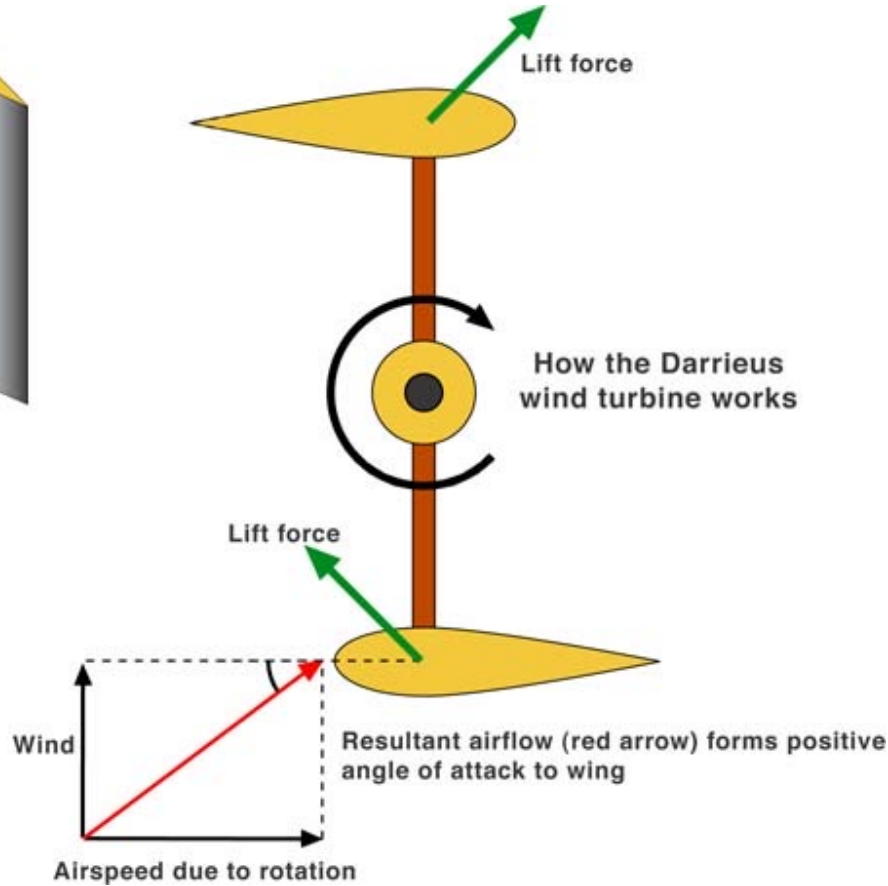
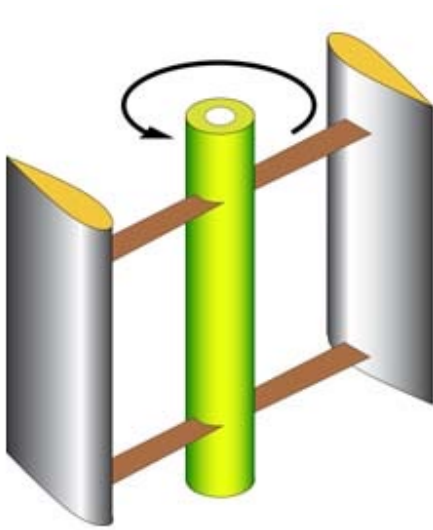
Multimegawatt



Typ	Enercon E-126	Repower 5M	Multibrid M5000	Bard VM
Leistung	6 MW	5 MW	5 MW	5 MW
Rotor durchmesser	126 m	126 m	126 m	122 m
Nabenhöhe	135 m	120 m	102,6 m	99 m

Technology Overview

Vertical Axes Wind Turbine VAWT / Darrieus



H-Darrieus



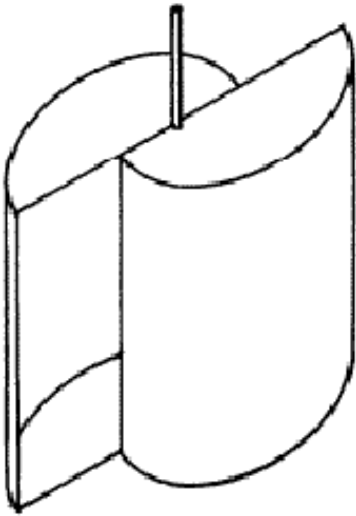
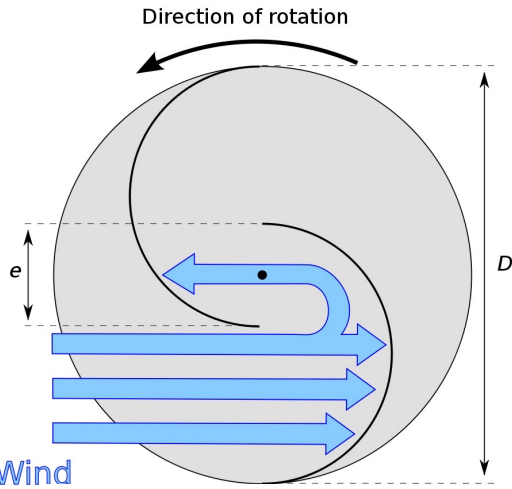
Darrieus

independent of wind direction

$$c_p \approx 0.30$$

Technology Overview

Vertical Axes Wind Turbine VAWT / Savonius



Savonius-Darrieus

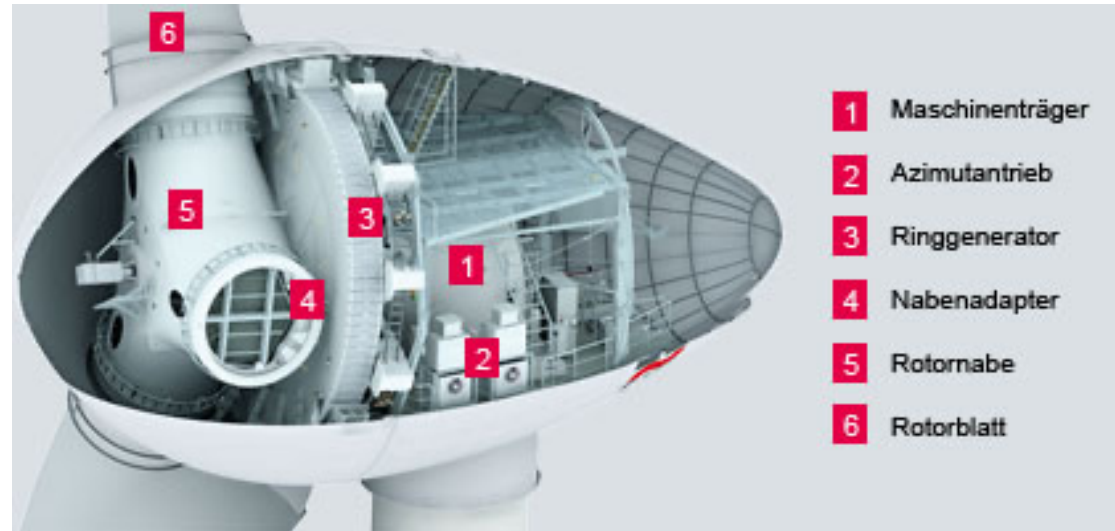
$$c_p \approx 0.18$$

always starts

Enercon E126

7.580 kW

Nennleistung:	7.580 kW
Rotordurchmesser:	127 m
Nabenhöhe:	135 m
Windzone (DiBt):	WZ III
Windklasse (IEC):	IEC/NVN IA
Anlagenkonzept:	getriebelos, variable Drehzahl, Einzelblattverstellung
Rotor	
Typ:	Luvläufer mit aktiver Blattverstellung
Drehrichtung:	Uhrzeigersinn
Blattanzahl:	3
Überstrichene Fläche:	12.668 m ²
Blattmaterial:	GFK (Epoxidharz) / GFK; GFK (Epoxidharz) / Stahl, integrierter Blitzschutz
Drehzahl:	variabel, 5 – 11,7 U/min
Blattverstellung:	ENERCON Einzelblattstellsystem, je Rotorblatt ein autarkes Stellsystem mit zugeordneter Notversorgung
Antriebsstrang mit Generator	
Hauptlager:	einreihiges Kegelrollenlager
Generator:	direktgetriebener ENERCON Ringgenerator
Netzeinspeisung:	ENERCON Wechselrichter
Bremssysteme:	3 autarke Blattverstellsysteme mit Notversorgung, Rotorhaltebremse
Windnachführung:	aktiv über Stellgetriebe, lastabhängige Dämpfung
Abschaltgeschwindigkeit	28 - 34 m/s (mit ENERCON Sturmregelung)
Fernüberwachung	ENERCON SCADA



Gründung :

64 Pfähle à 25 m x 0,56 m
1.500 m³ Beton
180 t Bewehrungsstahl

Enercon E126 (Emden)

7.580 kW



Enercon E126 (Emden)

7.580 kW



Enercon E126 (Emden)

7.580 kW



Stand der Technik II ...



Vestas 
MHI VESTAS OFFSHORE WIND

Vestas **V164-10.0**
P_N **10,0 MW**
 **164 m**



Enercon E-126 – 7.6 MW – worlds ~~"largest"~~ wind turbine
Tower 135m / Total 198.5m / Blades 56m / Hybrid



SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES

Samsung **S7.0-171**
P_N **7,0 MW**
 **171 m**



Stand der Technik III ...

SG 11.0-200 DD

Wind class

I, S

Rotor diameter

200 m

Serial production

2022

Nominal power

11.0 MW

Key Facts

- Built on proven Siemens Gamesa Direct Drive technology
- High profitability alongside reduced risk
- Up to 40% AEP compared to its predecessor, the SG 8.0-167 DD

Recommended for

High wind, offshore location

Model versions

Model	Rotor diameter	Wind class
SG 11.0-200 DD	200 m	I, S

SG 14-222 D

Wind class

I, S

Rotor diameter

222 m

Serial production

2024

Nominal power

14 MW

Key Facts

- Designed for all wind speeds
- High profitability alongside reduced risk
- More than 25% increase in AEP compared to its predecessor
- Up to 15 megawatts capacity with Power Boost

Recommended for

High wind, offshore location

Model Versions

Model	Rotor diameter	Wind class
SG 14-222 DD	222 m	I, S



Noch nie konnte mit einem Windrad so viel Energie innerhalb von 24 Stunden erzeugt werden.

Windräder werden immer größer und immer leistungsfähiger. Vor allem im **Offshore-Bereich** werden derzeit regelmäßig **neue Rekorde** aufgestellt, wenn es um Energie-Output und schiere Größe der Turbinen geht.

Einen **neuen Weltrekord** gibt es nun bei der Menge der erzeugten Energie. Das Windrad mit der **Typenbezeichnung SG 14-222 DD von Siemens Gamesa**, ein Tochterunternehmen von Siemens Energy, hat an einem Tag so viel Energie erzeugt, wie noch kein anderes Windrad zuvor.

Rotor mit 222 Meter Durchmesser

Innerhalb von 24 Stunden konnten **359 MWh Energie** erzeugt werden, schreibt das Unternehmen in einem **Twitter-Posting**. Diese Energiemenge reiche aus, um mit einem durchschnittlichen **Elektroauto 1,8 Millionen Kilometer** zu fahren.

Das SG 14-222 DD Windrad von Siemens Gamesa hat einen nominalen Output von **14 MW**. Im so genannten "Power Boost"-Modus sollen es sogar **15 MW** sein. Der Rotor der Turbine hat einen **Durchmesser von 222 Meter** und kommt auf eine Windabdeckung von **39.000 Quadratmetern**. Ein Rotorblatt ist **115 Meter** lang.

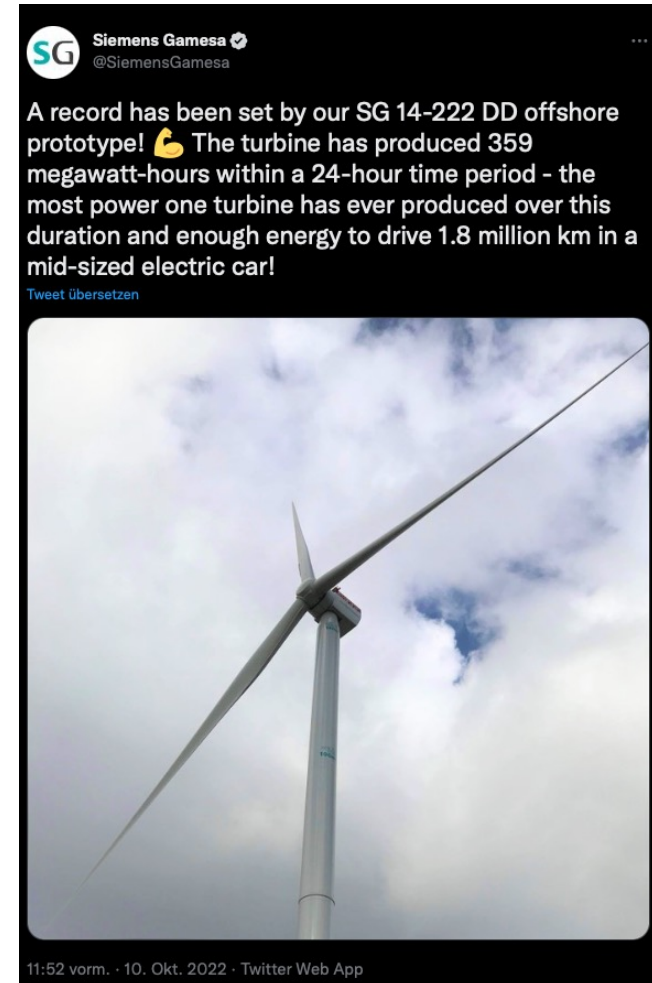
Bei dem Siemens-Gamesa-Windrad handelt es sich allerdings noch um einen Prototypen, dessen Serienfertigung für **2024** geplant ist. Im Vollbetrieb soll die Turbine **18.000 Haushalte** jährlich mit Strom versorgen können.

Riesiges Windrad bricht Weltrekord bei Energieerzeugung

15.10.2022

© futurezone.at

<https://futurezone.at/produkte/windrad-weltrekord-energieerzeugung-megawatt-offshore-siemens-gamesa-durchmesser-rotor/402183396>



HALIADE-X 14 MW

GE Renewable Energy is developing **Haliade-X 14 MW**, the most powerful offshore wind turbine in operation in the world, with **220-meter rotor**, **107-meter blade**, leading capacity factor (**61%**), and **digital capabilities**, that will help our customers find success in an increasingly competitive environment.

14 MW capacity

220-meter rotor

107-meter long blades

260 meters high

74 GWh gross AEP

61% capacity factor

38,000 m² swept area

Wind Class IEC: IC



TWO DAYS

ONE ROTATION COULD
POWER ONE UK
HOUSEHOLD



60-64%

LEADING CAPACITY
FACTOR



220 METER

ROTOR



248 METERS

HEIGHT

Stand der Technik VI ...

Chinesen bauen größtes Windrad aller Zeiten

25.08.2021



© MingYang Smart Energy

Die Offshore-Windkraftanlage soll über einen Rotordurchmesser von 242 Meter verfügen und eine Leistung von 16 Megawatt haben.

Dieser Artikel ist älter als ein Jahr!

Das chinesische Unternehmen **MingYang Smart Energy** hat eine Windkraftanlage von gigantischen Dimensionen angekündigt. Das **MySE 16.0-242** mit einer Leistung von **16 Megawatt** soll **über einen Rotordurchmesser von 242 Metern** verfügen und **264 Meter** hoch sein.

Wenn die Anlage in Betrieb geht, werden sich ihre **3 jeweils 118 Meter langen Flügel** über eine Fläche von 46.000 Quadratmeter drehen, *berichtet New Atlas*. Pro Jahr soll jede Anlage **80 GWh Energie** produzieren und **20.000 Haushalte** mit Strom versorgen können.



© MingYang Smart Energy

Gegenüber dem Vorgängermodell entspricht dies einer Steigerung von **45 Prozent**, bei einer Durchmesserergrößerung von nur 19 Prozent, *heißt es in einer Mitteilung von MingYang Smart Energy*.

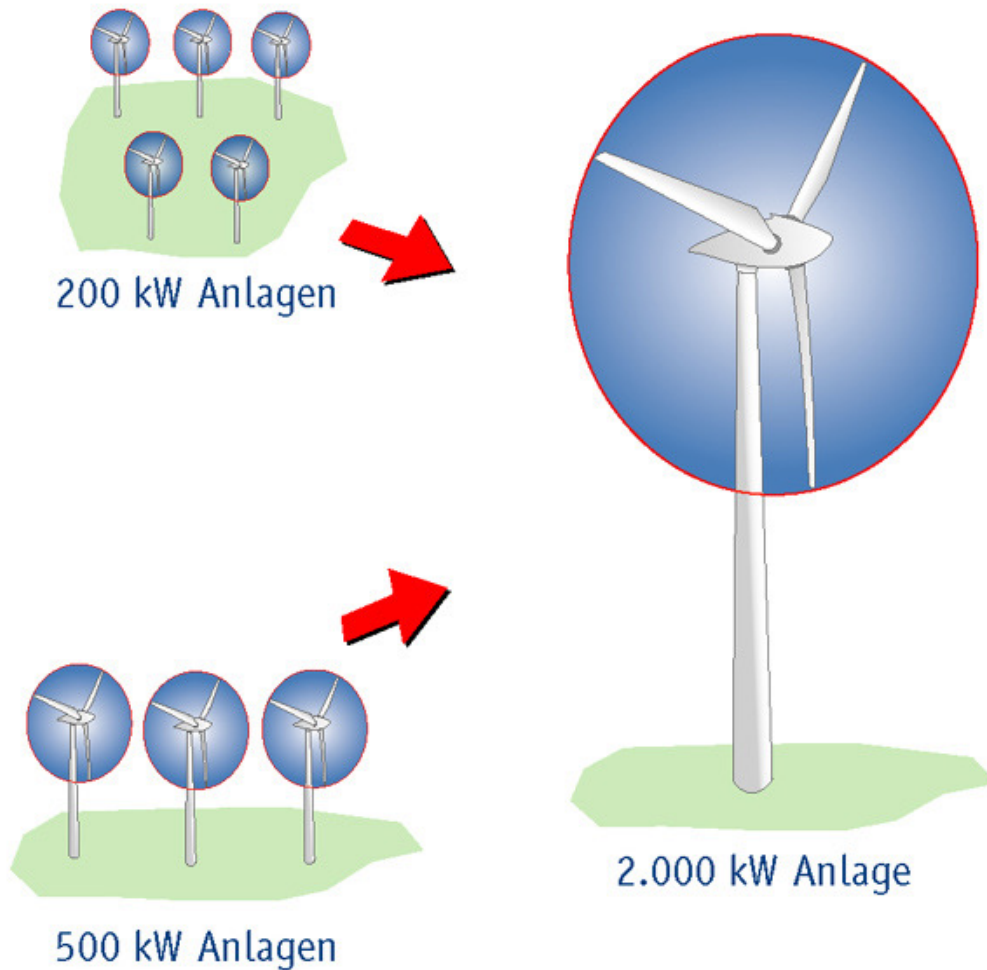
2023 in Betrieb

Die Anlage sei nur der Start seiner neuen 15 MW+ Offshore-Produktplattform, so das Unternehmen. Ein Prototyp des Riesen-Windrads soll im nächsten Jahr gebaut und installiert und **2023** in Betrieb genommen werden. Die **kommerzielle Produktion** soll im ersten Halbjahr **2024** beginnen.

© <https://futurezone.at/produkte/china-groesstes-windrad-mingyang-smart-energy/401482312>

<http://www.myse.com.cn/en/jtxw/info.aspx?itemid=825>

Repowering



Standortoptimierung durch Anlagenerneuerung

- Mindestens eine Halbierung der Anlagenzahl
- Verdopplung bis Verdreifachung der Leistung
- Verdreifachung bis Vervierfachung der Stromerträge

Vorher

Windpark Bassens (Niedersachsen)



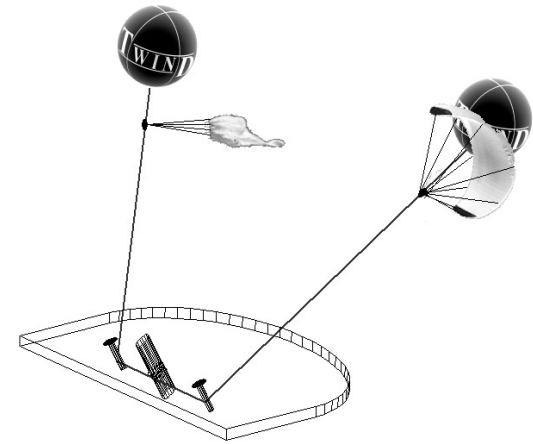
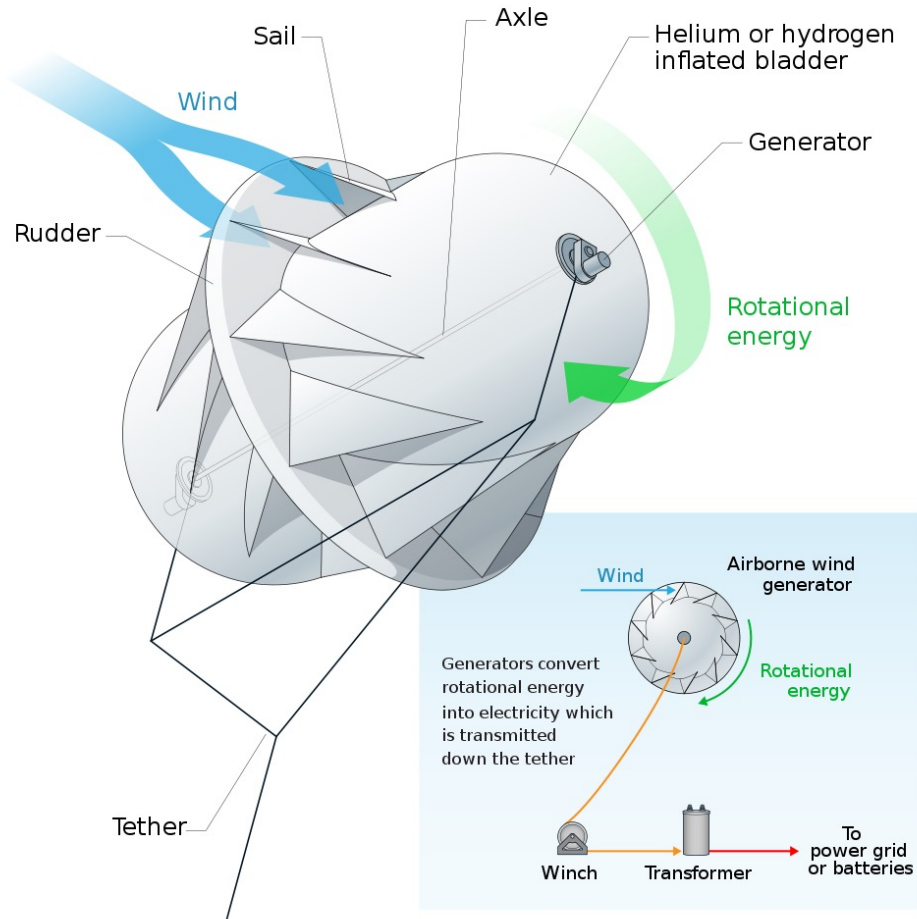
Nachher



Offshore



Airborne Wind Turbine & alte Ideen





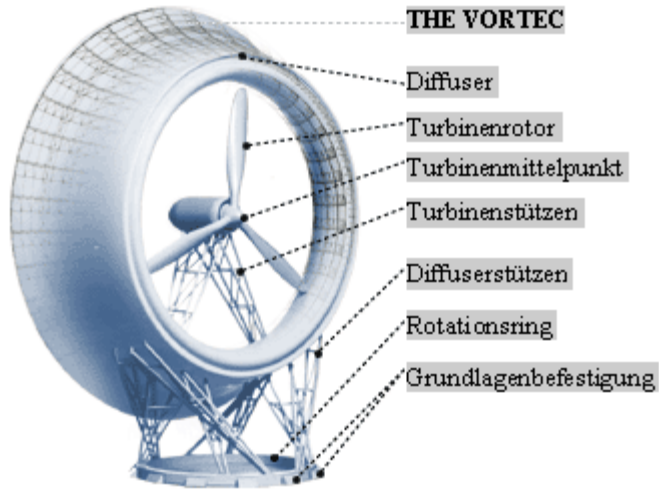
Copyright: Altaeros Energies

Future Altaeros Energies

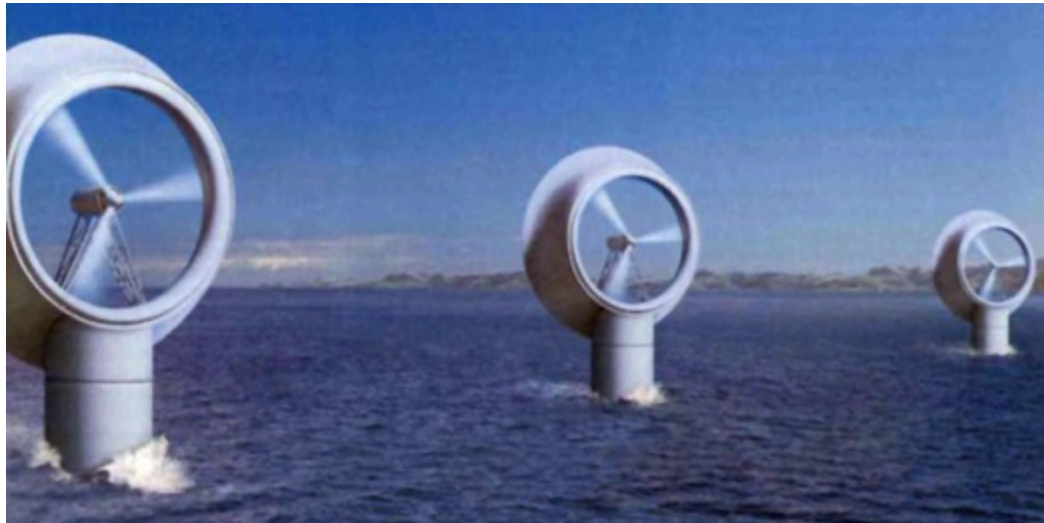


Copyright: Altaeros Energies

Vortec Diffusors



- 54-66 m
- 3,5 – 5 MW
- ... Pleite



Darrieus Visionen und Realitäten



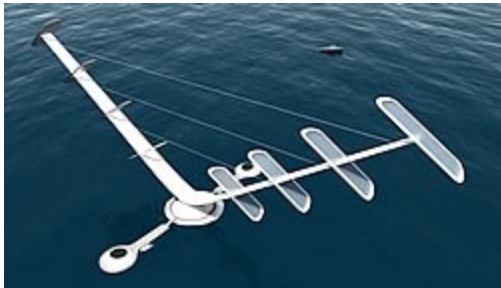
Quiet-Revolution /GB



Wind Sail / USA



WindWall / NL



Aerogenerator 9MW / 2011

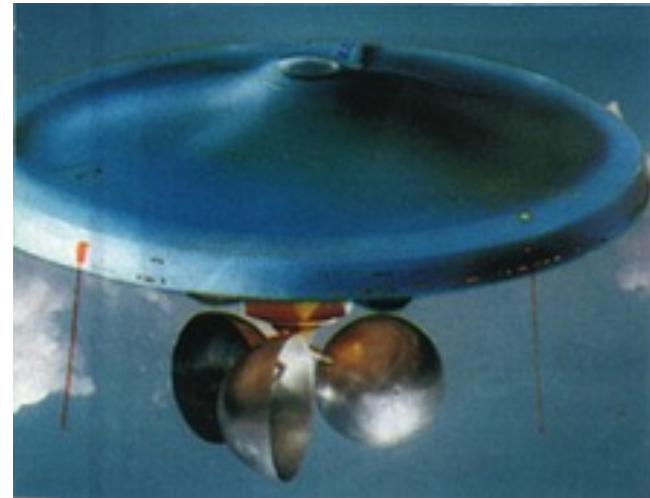


Savonius / Russia

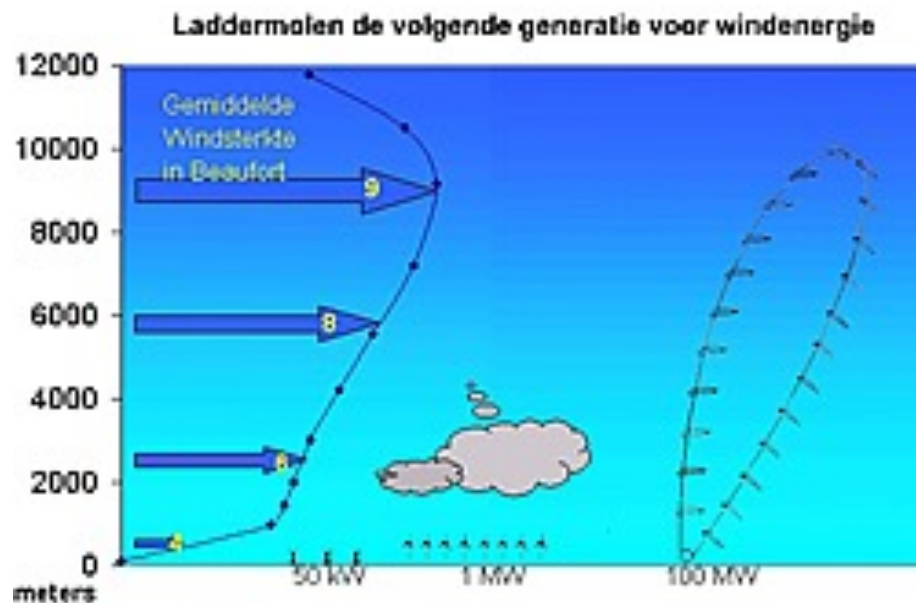
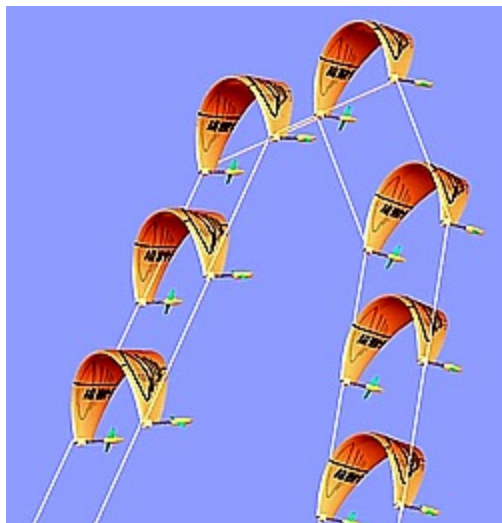


GB / ES – Las Palmas

Visionen von Herbert Beuermann



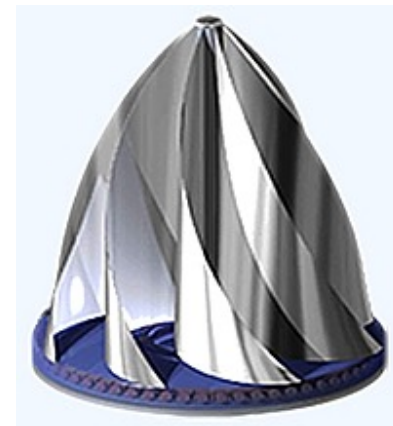
Visionen im Jetstream und mit einer Leiter



Chinesische Visionen MagLev versus Kanadische Realitäten MagWind

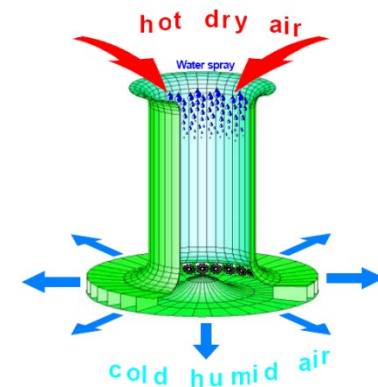
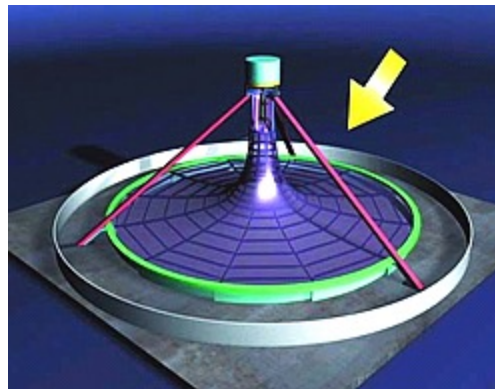


- Vision 1 GW
- Versuch zwischen 300W - 20kW
- Realität 1,1 kW
 - MagWind Kanada



Aufwind oder Abwind oder Wirbel ?

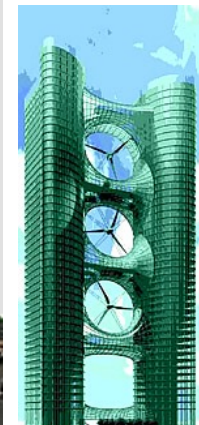
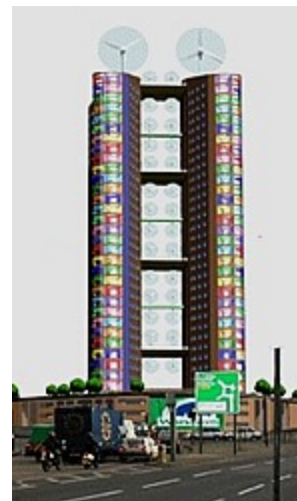
- 100 kW / 1-2%
- 1980-1989
- 200 m Höhe
- Ø 10 m
- 45.000 m² Ø 250m
- 1,2 km Höhe
- Ø 400 m
- Bis zu 900 MW
- ? Pumpen
- ? Salz



Visionen und Realität !



- Bahrain WTC
- 2007
- 3 Rotoren
- 1,2 MW total
- 11-15 %



Integrierte Windkraft ... F&E



Copyright: José Antonio Peñas (Sinc)

Existing Today

Corkscrew shaped, Progressive Field, Cleveland, Ohio



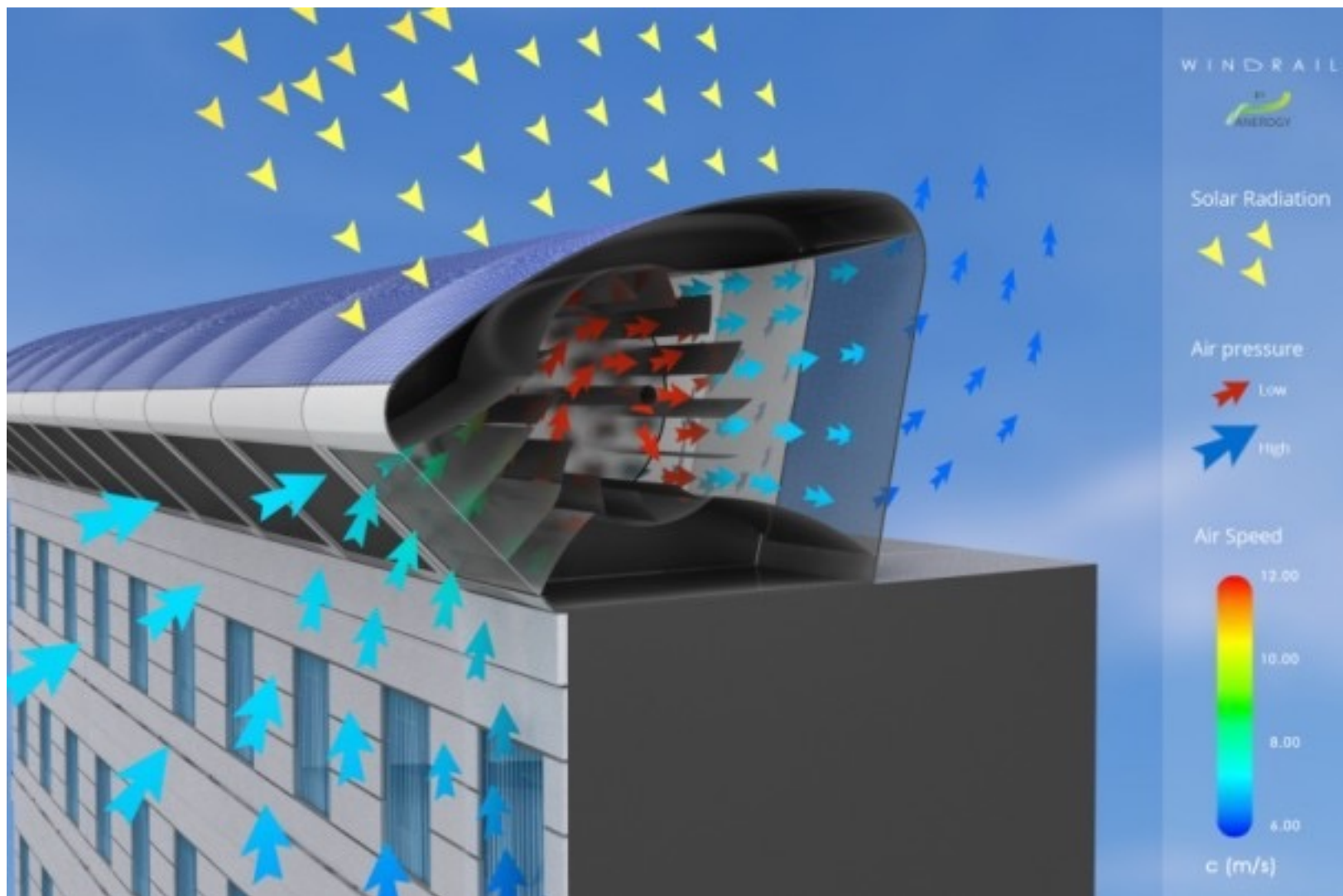
"Progressive Field Wind Turbine" by Astros4477 - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Progressive_Field_Wind_Turbine.jpg#/media/File:Progressive_Field_Wind_Turbine.jpg

R&D Today

Electrostatic Wind Turbine (1-2% actual)



©: TU Delft



©: Anergdy

R&D&D Today

New Style Wind Turbine Aeromine

Mini-Windturbine am Dach erzeugt mehr Strom als 15 Solarmodule

24.10.2022



Aeromine-Windkraftanlagen auf dem Dach eines Lagergebäudes
© Aeromine

Das US-Start-up Aeromine nutzt die Wind-Angriffsfläche großer Gebäude, um mit kleinen Anlagen viel Strom zu produzieren.

Gebäude mit **breiter Front** stellen eine **Hürde für den Wind** dar. Trifft er auf die Fassade, wird er **nach oben abgelenkt**. Hat das Gebäude ein flaches Dach, zieht der Wind dort schnell drüber.

Das US-Start-up **Aeromine** hat sich die Bauweise vieler Gewerbeimmobilien zunutze gemacht, um mit relativ **kleinen Anlagen viel Windenergie** zu nutzen. Angeblich produziert nur eine seine Gebäudeaufbauten mehr Strom als 15 Solarmodule.

Durch die Röhre gesaugt

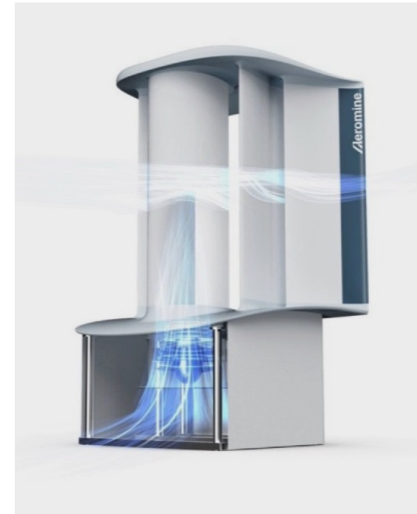
Die Anlagen saugen Luft durch einen niedrigen Einlass und durch eine kurze Röhre nach oben. Dort pfeift er zwischen 2 aerodynamisch geformten Platten durch, die einen **Unterdruck erzeugen**, wodurch unten mehr Luft angesaugt wird. Ein **Propeller samt Generator im Inneren der Röhre** wandelt die Bewegung in Strom um.

Why the World needs a New Wind Energy Solution

Renewable energy is crucial to mitigating climate change and creating a path to energy independence. Yet current rooftop options, such as solar panels and legacy small wind turbines, are limited in how much energy they can produce, require large footprints, and have relatively short life cycles.

Aeromine's innovative solution generates up to 50% more power than equivalent solar solutions harvesting the best performing renewable energy source available.

Aeromine performs under the most extreme weather conditions and produces power when energy demand is greatest.



The Aeromine Difference

Aeromine's patented aerodynamic design captures and amplifies building airflow in wind speeds as low as 5 m.p.h., similar to the airfoils on a race car. Unlike turbines that require rotating rotor blades and many moving parts, making them prone to maintenance issues, the motionless and durable Aeromine solution generates more energy in less space.

Aeromine is designed for installation on buildings with large flat rooftops such as :

- Warehouses and Distribution Centers
- Manufacturing Facilities
- Office Buildings
- Multi-Family Residential Developments
- Big Box Retail



©: Festo

R&D Today ... also ...

Eines der größeren Probleme Onshore ...



R&D Today

Vestas ...



©: Vestas



Wind Catching Systems

Offshore ...



© windcatching.com

Wind Catching Systems

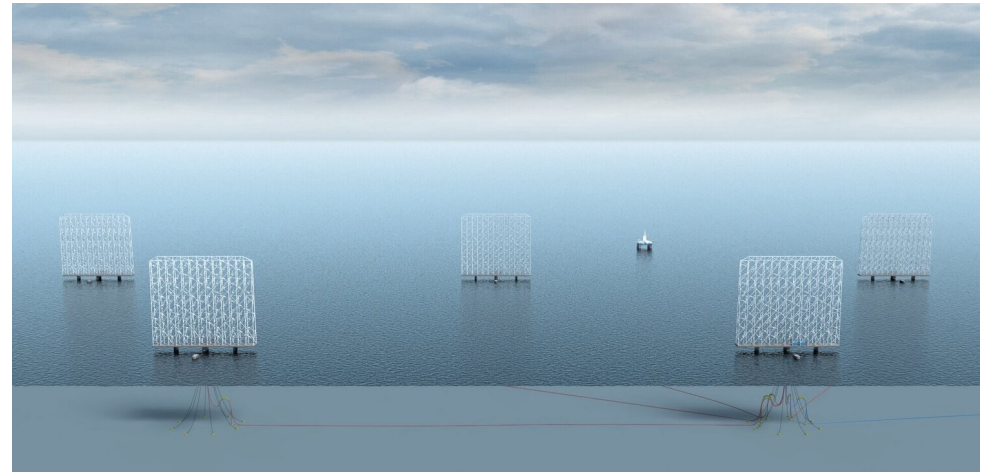
Vision ...

Wind Catching with a different approach

- Designed to optimise energy production for a floating wind power plant
- Designed for easy operations and maintenance
 - Elevator based turbine installation – all heavy operations performed on deck
 - No need for specialized vessels or cranes
- 50 year design life
- Power to X – production and storage

Radically reducing LCOE for floating wind

- Delivers electricity at Grid Parity now
- Significant scalability for future reductions
- One Wind Catching unit produces enough electricity for 80.000 European households
- Five Wind Catching units can produce the same amount of electricity as 25 conventional turbines



Energy scales exponentially with wind speed.

Conventional turbines limit energy output above 11-12 m/s by pitching the blades.

Utilizing the full energy in higher wind speeds and the multirotor effect, the Windcatcher generate 2.5x more annual energy per swept area than a conventional turbine.

Having double the swept area of a conventional 15 MW wind turbine, one Windcatching unit will generate 5x the annual energy production.

© windcatching.com



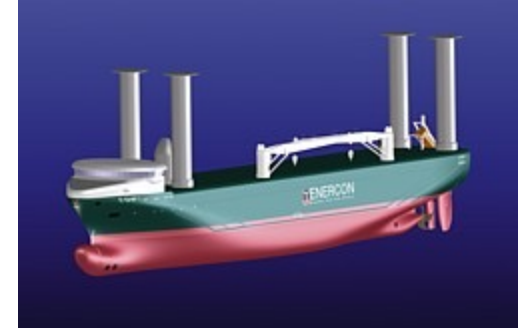
Flettner's Visionen und Realitäten



Buckau



Barbara



Enercon E-Ship



Baden-Baden



Acyone



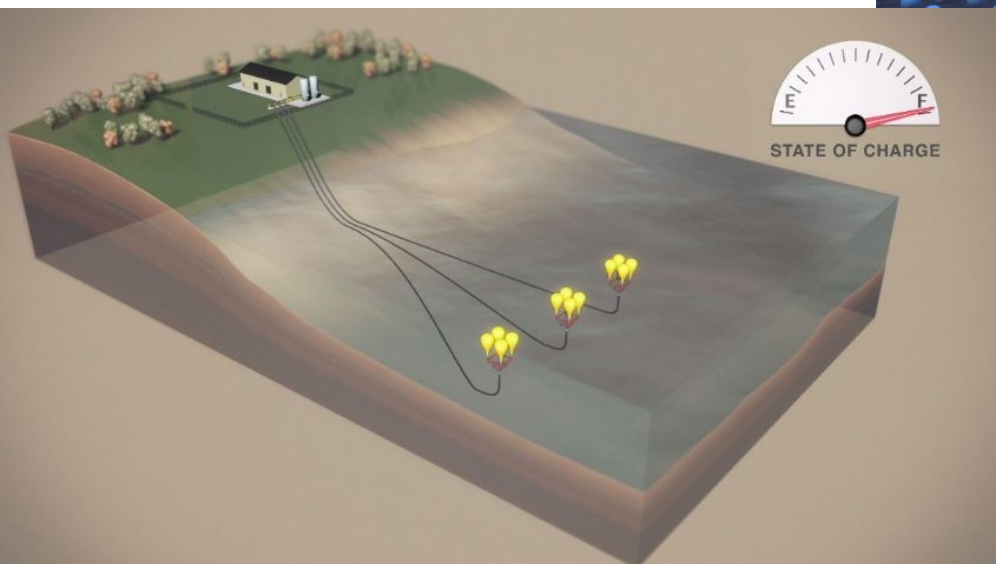
Thom-Rotorship

Flettner's Visionen und Realitäten

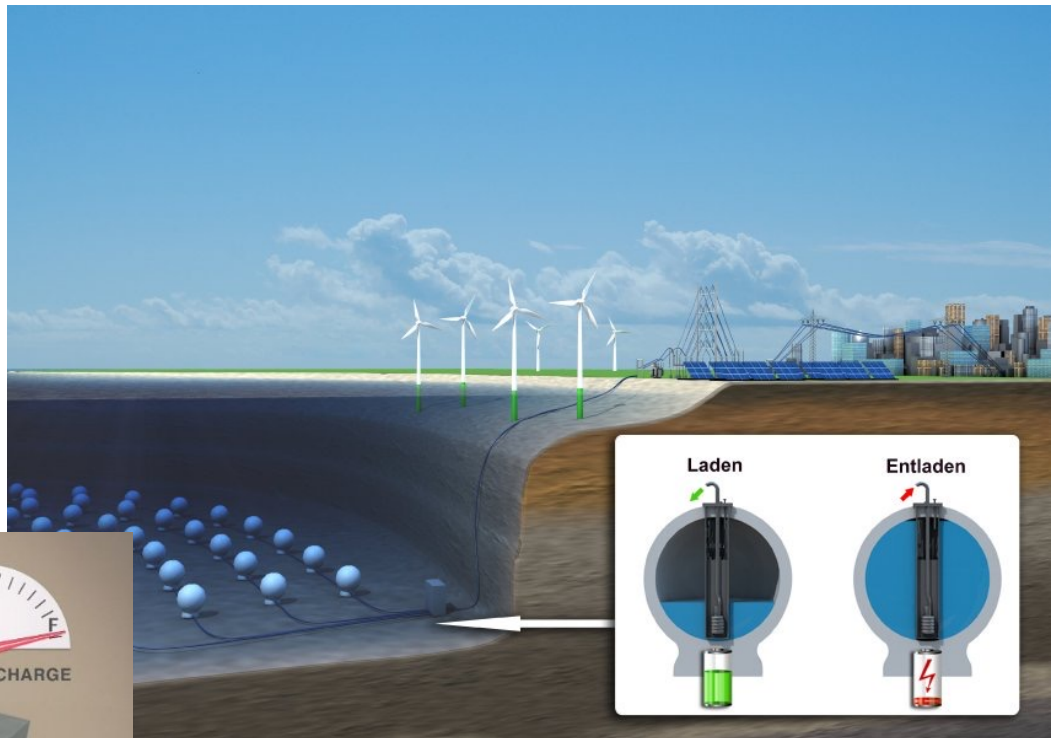


Storage

Pumped air storage



© Hydrostar

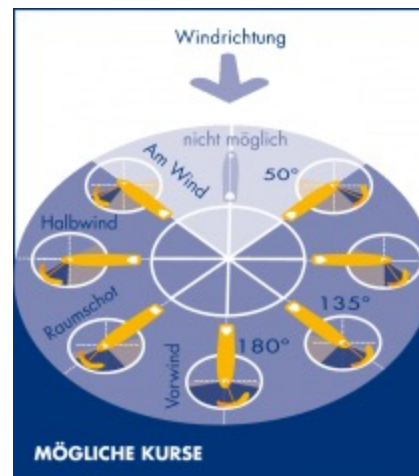


© Hoch-Tief Solutions

Sky Sails



*Reederei Wessel – Frachter (3)
Parlevliet & Van der Plas B.V. (1)
8-16 t Zugkraft (32 2011)
10% - 35% - 50% Reduktion*



Sky Sails aktuell

1 KITE

The ram air kite is made of high-performance textiles with a reinforced ripstop weave. Air intakes and air brakes allow changing the aerodynamic profile during start, operation, and landing. Risers connect the kite's canopy to the control pod below. A line system inside the canopy allows reeling it for storage.

2 CONTROL POD

The control pod contains a system for controlling the flight path and navigation of the kite. It is powered by a ram air turbine. Several installed sensors measure all relevant signals required for a safe and autonomous system operation.

3 TETHER

The tether is the connection between the control pod and the winch inside the ground station. It is made of HMPE and specially developed for applications with a high demand for safety (e.g., cranes and lifts).

4 LAUNCH & LANDING MAST

A reliable and flexible launch and landing system is required to safely launch and land the power kite. The mast can be lowered to attach or unmount it completely.

5 GROUND STATION

A container houses the ground station for easy transport and installation.

6 DRIVE TRAIN

The drive train consists of the winch, gearbox, and generator. It converts the pulling force and velocity of the tether into electrical energy.

7 TRIPOD WITH RING MOUNT

A yaw system corrects the ground station alignment with the wind direction.



07.08.2020, 12:57 Uhr

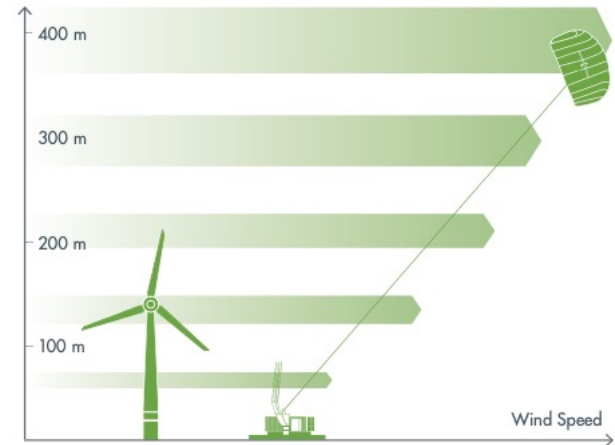
[Meldung drucken](#) | [Artikel empfehlen](#)

Luftfahrtrechtliche Evaluierung von erster Flug-WEA in Deutschland abgeschlossen

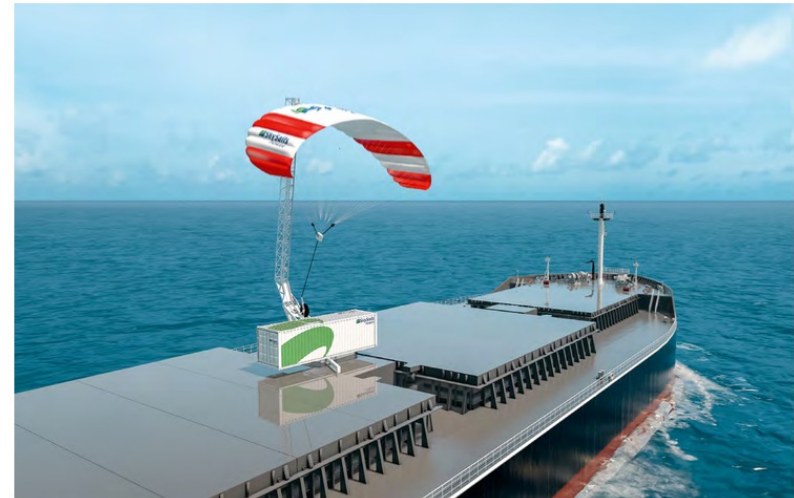
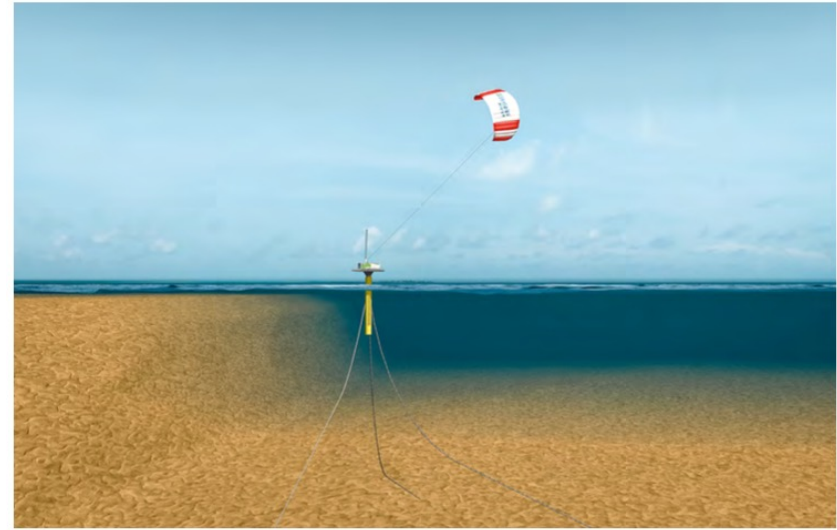


© Sky Sails Group

Hamburg, Karlsruhe, Hannover, Oldenburg - Die Projektpartner SkySails Power, EnBW, EWE OSS und Leibniz Universität Hannover erproben in Schleswig-Holstein erfolgreich den Betrieb der ersten Flug-Windkraftanlage in Deutschland. Die Pilotanlage kann jetzt in den Dauerbetrieb übergehen.



Sky Sails extended



Stromkosten halbiert: Schweizer ernten Höhen-Windkraft mit Drohnen

von Tobias Stahl am 13.10.2021



In aktuell bis zu 600 Metern Höhe über dem Luganersee in der italienischen Schweiz erzeugt das Start-up Skypull Windkraft-Strom mithilfe von Drohnen.

Skypull/Youtube

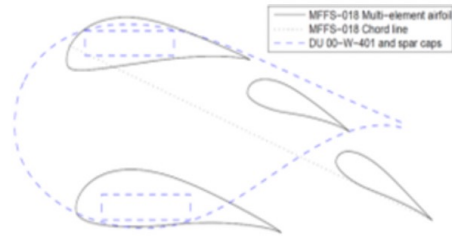
Ein Schweizer Unternehmen arbeitet aktuell daran, Windenergie in immer größere Höhen zu bringen: Mit einer speziellen Drohne will das Start-up Skypull in Höhen von bis zu 800 Metern Strom aus Windenergie erzeugen.



01

DESIGN

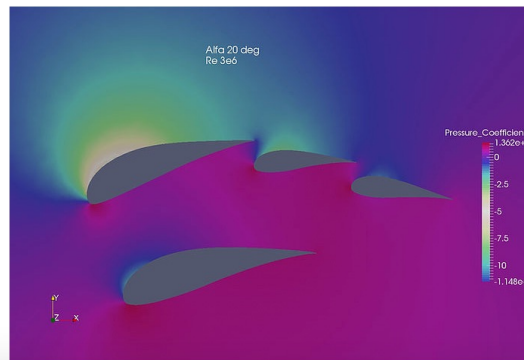
The Skypull drone has a double wing design to maximize lift with reduced wingspan. Additionally, each wing is made of a multi-element airfoil that maximizes lift and minimizes drag for best flying efficiency, similar to the wing of a commercial airplane during take-off and landing. The original patented design "box wing" guarantees increased strength, reduced weight and high resistance to fatigue. Hence, the Skypull drone represents a revolutionary design for optimized flying efficiency and maximum lift, for high capacity (MW) airborne wind energy production.



The wing section profile



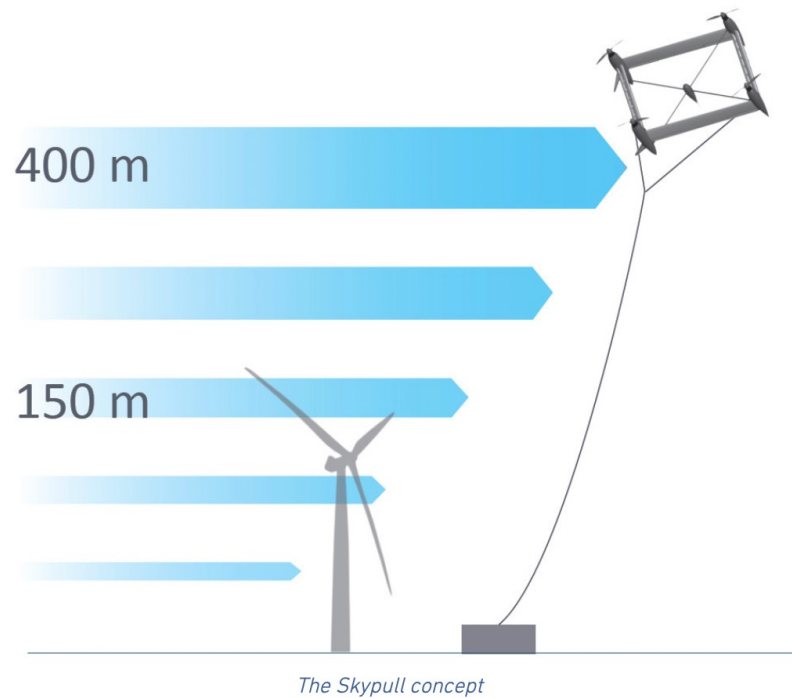
The drone design



02

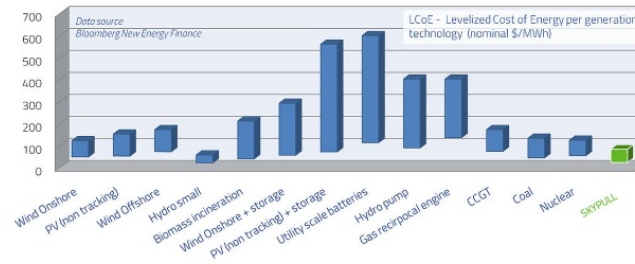
CONTROL SYSTEM

Continuously updated "State of the Art" control technology grants intrinsic system safety and reliability to our unmanned aerial vehicle, with no need for special structures or complex operations for autonomous take-off and landing. Immediate and effective flight response ensures efficient operation in varying winds with high reliability and safety levels, even in case the tether breaks.



Sky Pull III

03



PERFORMANCES

Thanks to the reduction of material and a higher capacity factor Skypull airborne wind energy system will be able to achieve lower LCOE than wind turbines, thus being competitive with fossil fuel based power generation, even in absence of public incentives.

Less materials and higher energy production also give Skypull's solution a very high Energy Return on Energy Invested (EROEI) - the parameter representing the real advantage of technology for an energy transition. A value comparable to the EROEI of oil industry one century ago, when large deposits were easily accessible.



Materials required for the realization, O&M and decommissioning of the system under a LCA perspective

Net energy produced in a year

LCoE projections, compared to a wind turbine

Levelized Cost of Energy: all inclusive cost per unit of energy produced by the system



Energy Invested for the realization, O&M and decommissioning of the system under a LCA perspective

Net energy produced in a year

EROEI projections, compared to a wind turbine

Energy Return on Energy Invested: net energy provided by the system under a LCA perspective

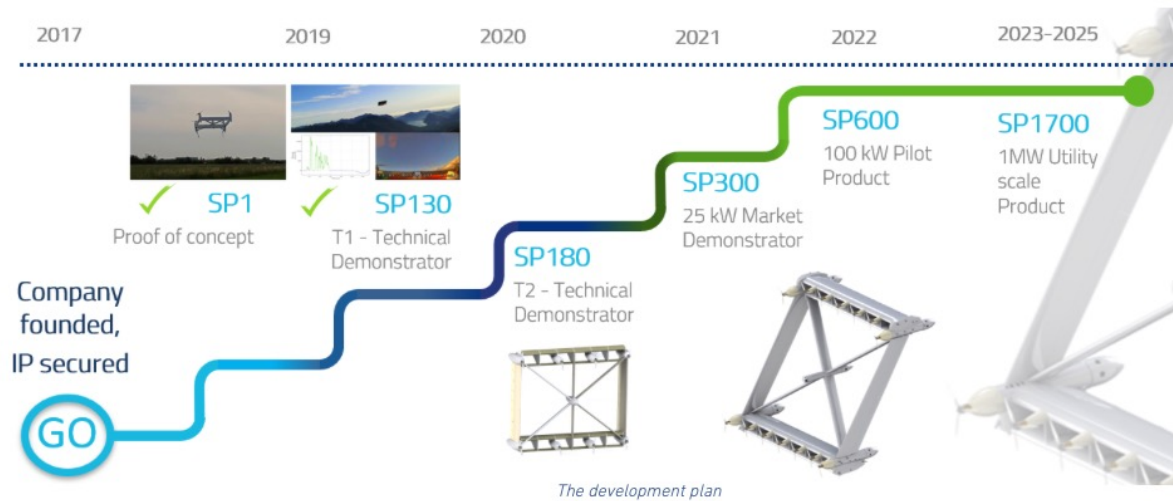
Sky Pull IV

04

SCALABILITY

Due to the intrinsic strength and low weight of the drone, the Skypull technology ensures scalability up to MW generator class, with a planned 17m wingspan drone for 1 MW generating capacity.

Variable scalability of production, with a continuous process of Skypull's drone structural parts, will allow higher production capacity and lower cost than with traditional production processes of aeronautic composite parts.



Maltese Falcon



Oceanbird



200m x 40m x 105m (Segel 80m Min. 45m) ... 2024
 7.000 Automobile 12 Tage via Atlantik (10 Knoten / 18,5 km/h)
 8.000 Fahrzeuge 7 Tage via Atlantik (HERO-Klasse)
 90% weniger CO2 Emmisionen (Feinstaub, Stickoxide etc.)

© Wallenius Marine