

Was fällt Ihnen bei diesem Bild auf?



Source: Wikipedia Windpark

Schutz des geistigen Eigentums fürs Projekt!

Patents pending (vor der Erteilung)

A583a 2015 Ausrollbare Membran – Solarfolien

A583b 2015 Topp Turbinen Turm Abspannung

A583c 2015 Turbine Generator Umrichter Speicher

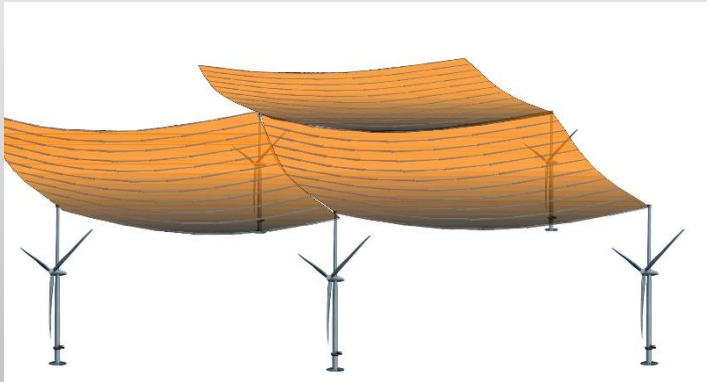
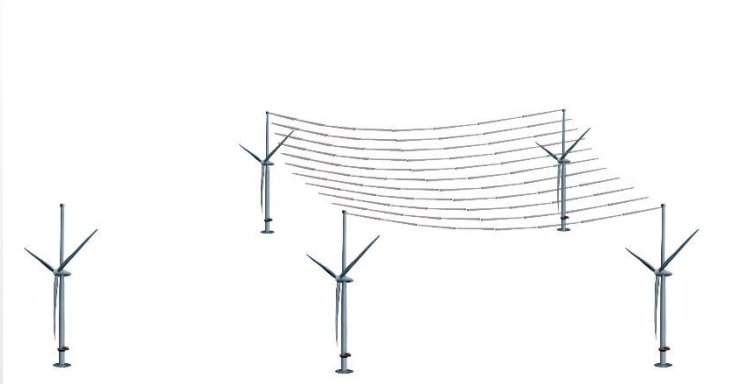
A583d 2015 Anwendung: Garten, Schiff, Fluggerät

Inhaltsverzeichnis:

1. Innovation, Verknüpfungen
2. Stand der Technik, Grenzen
3. Lösungen. Berechnungen
4. Neue Erschließungen
5. Nutzung der Netze und Anlagen
6. Wind und Sonne – Ergänzung?



Windpark mit ausrollbaren Solarfolien





Solarfarm auf See: Hyogo Solar Japan

In Japan wird jede mögliche Fläche genutzt, aber in Europa?



Source: kyocera.co.uk Mit Dank an Dr. Matthias Brück für den Hinweis



1 Innovation: Verknüpfung Abspannung

Abspannung von Brücken als bewährte Technologie



Source: Wikipedia Windpark

In der Kategorie Solarfarm finden Sie im EPA über 100.000#
Ist es möglich, dass es noch Platz für Innovationen gibt?

1 Innovation: Verknüpfung Rollfock



Source Goosewining filtered SDO

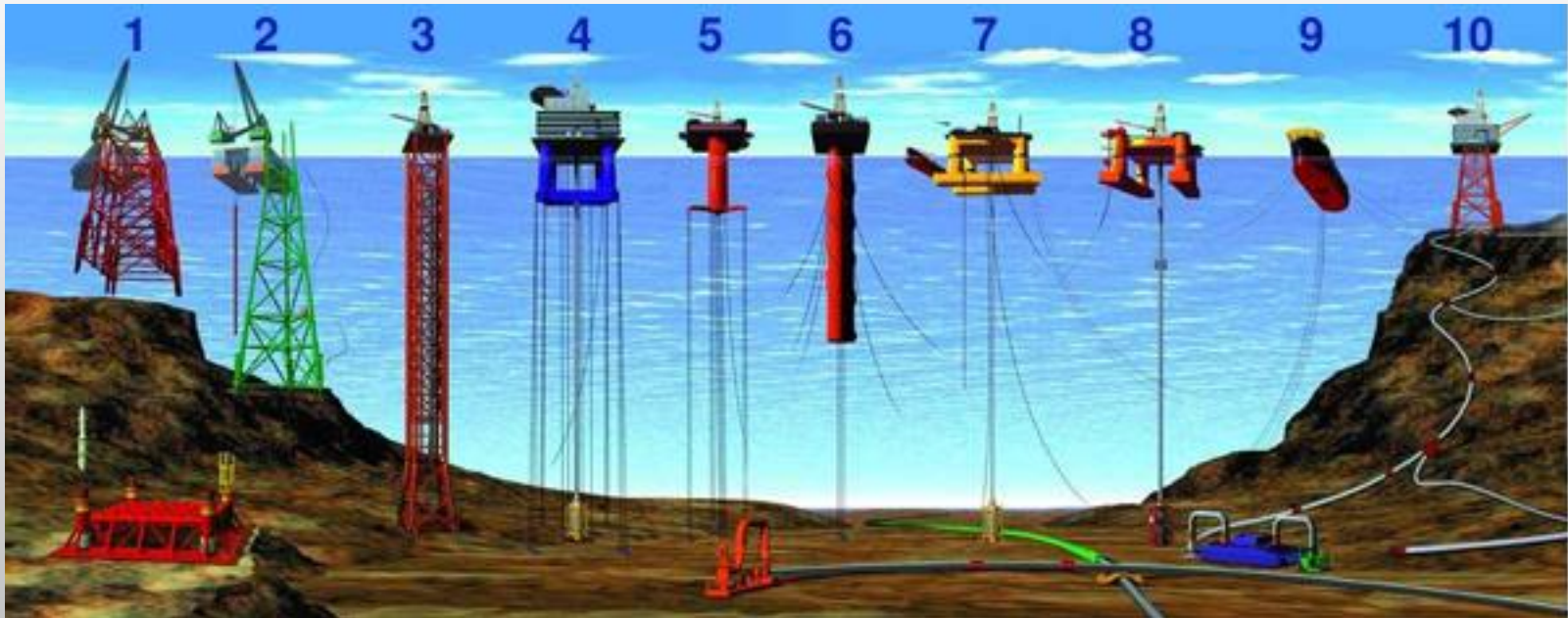
ANLEIHE:
Rollfock.
Auch als
Solarfolie.
Mit
Membran-
Segel
Und
Reff-
einrichtung





1 Innovation: Verknüpfung Seiltechnik

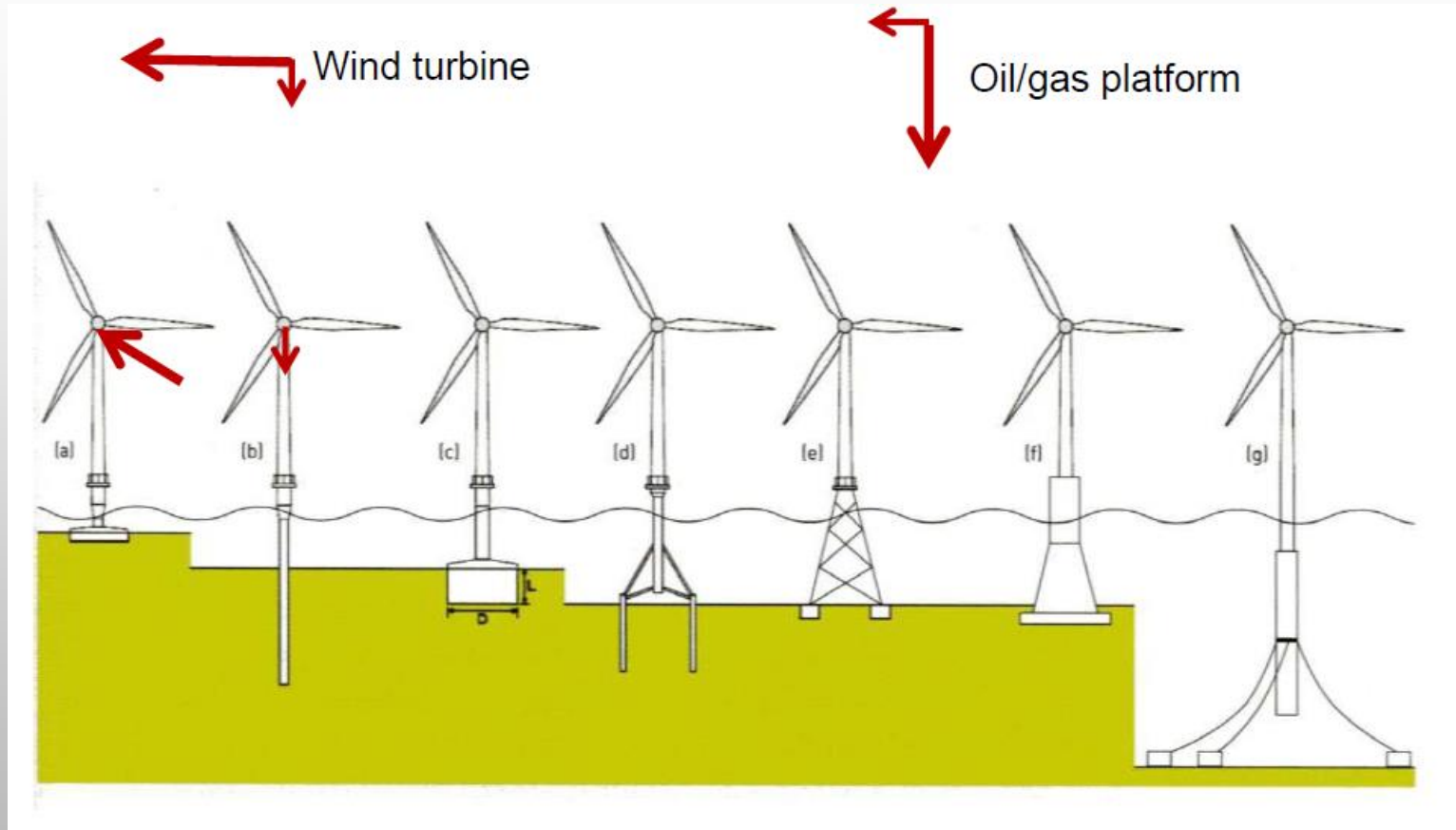
Ausführungen der Abspannungen für Plattformen und Türme



Source Oil Platform Norway Wikipedia

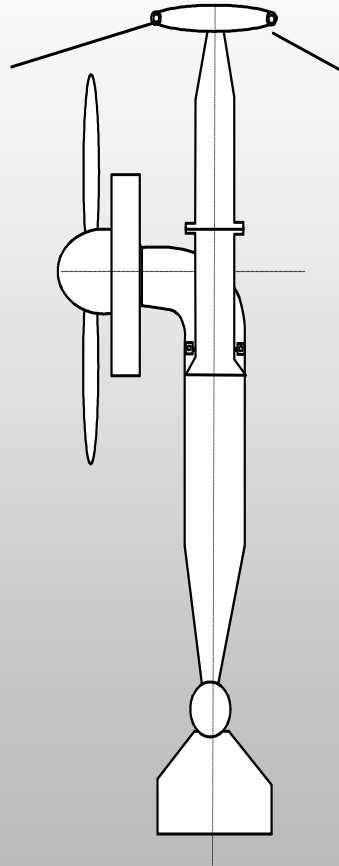
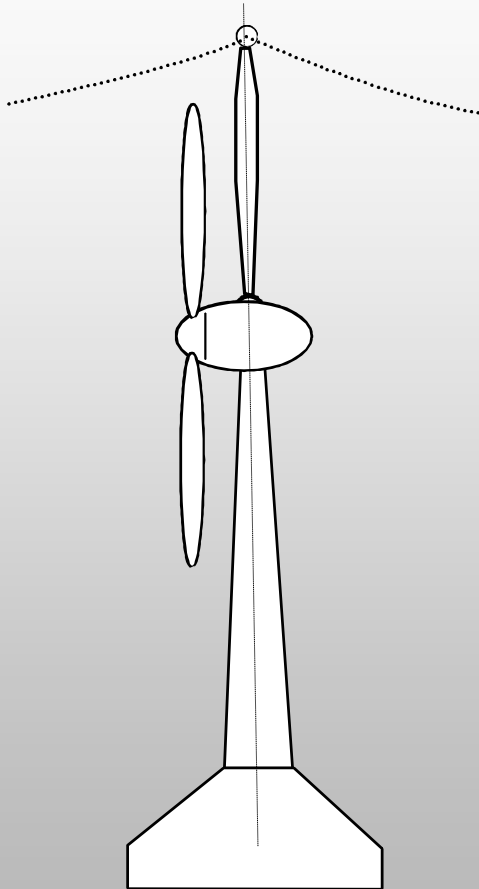


Varianten der Fundamente für Türme



Source: Wikipedia Windpark

Eine Alternative? Nachrüstung?



Source: Wikipedia Windpark



2. Stand der Technik: Cable Cars

Österreich führend im Seilbahnbau: Auch bei der Turmabspannung?

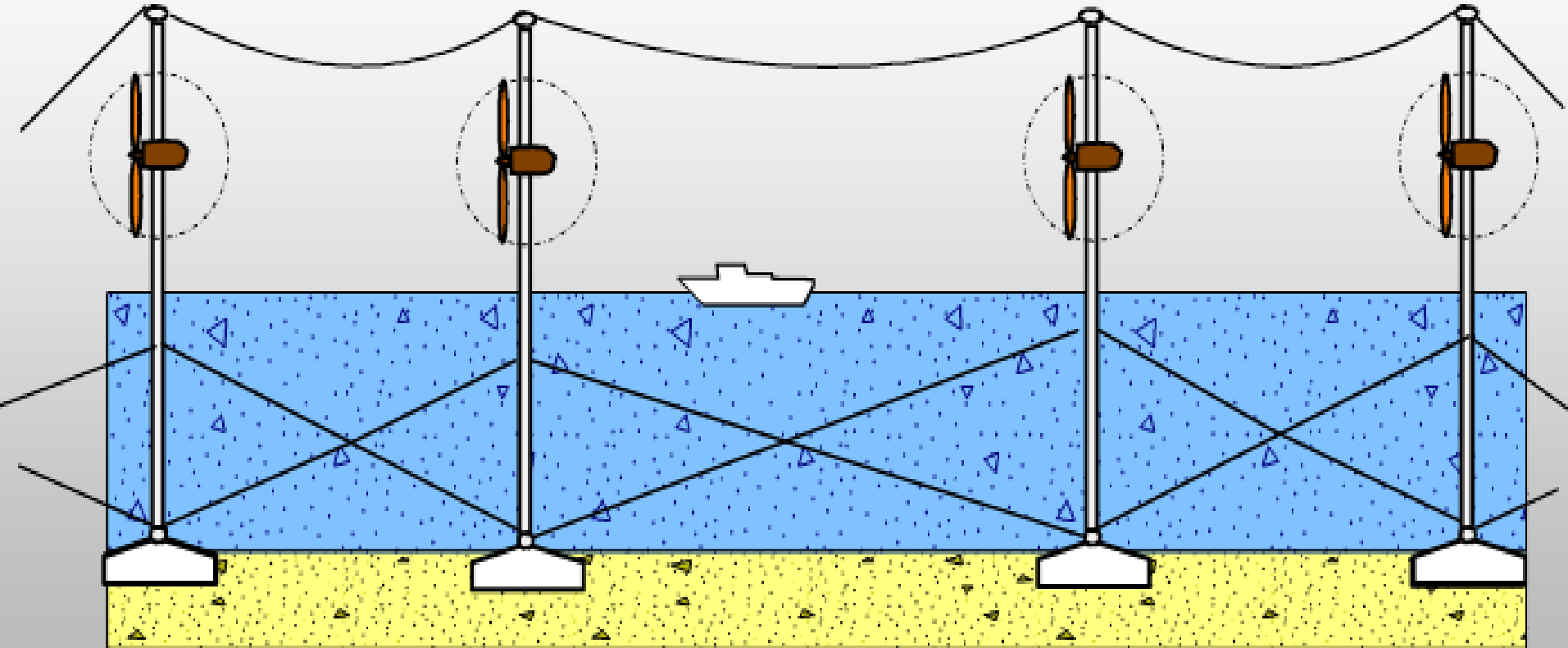


Source Doppelmayr



1 Innovation: Verknüpfung Seiltechnik

Ausführungen der Abspannungen für Türme über Topp von WKA
Erschließung von größeren Meerestiefen für Windparks

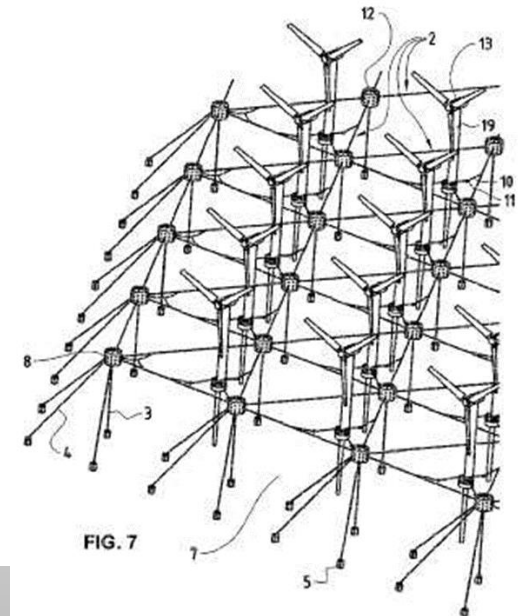
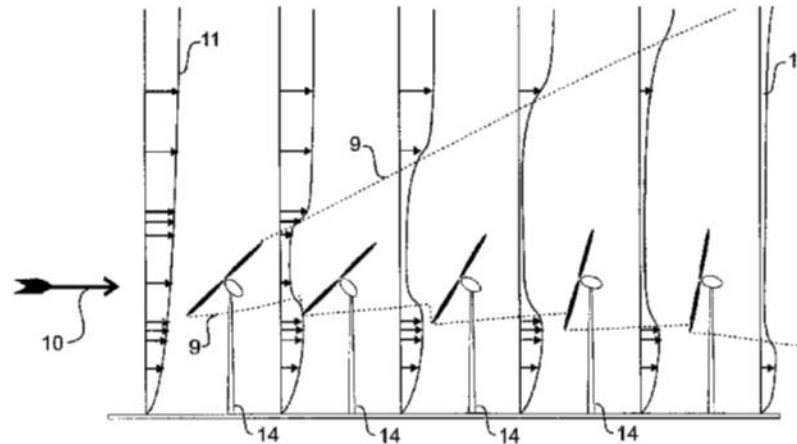
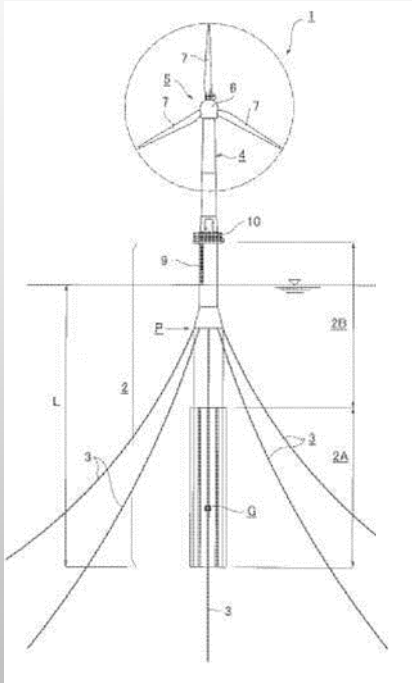


Source A583 2015 pat pending



2. Stand der Technik

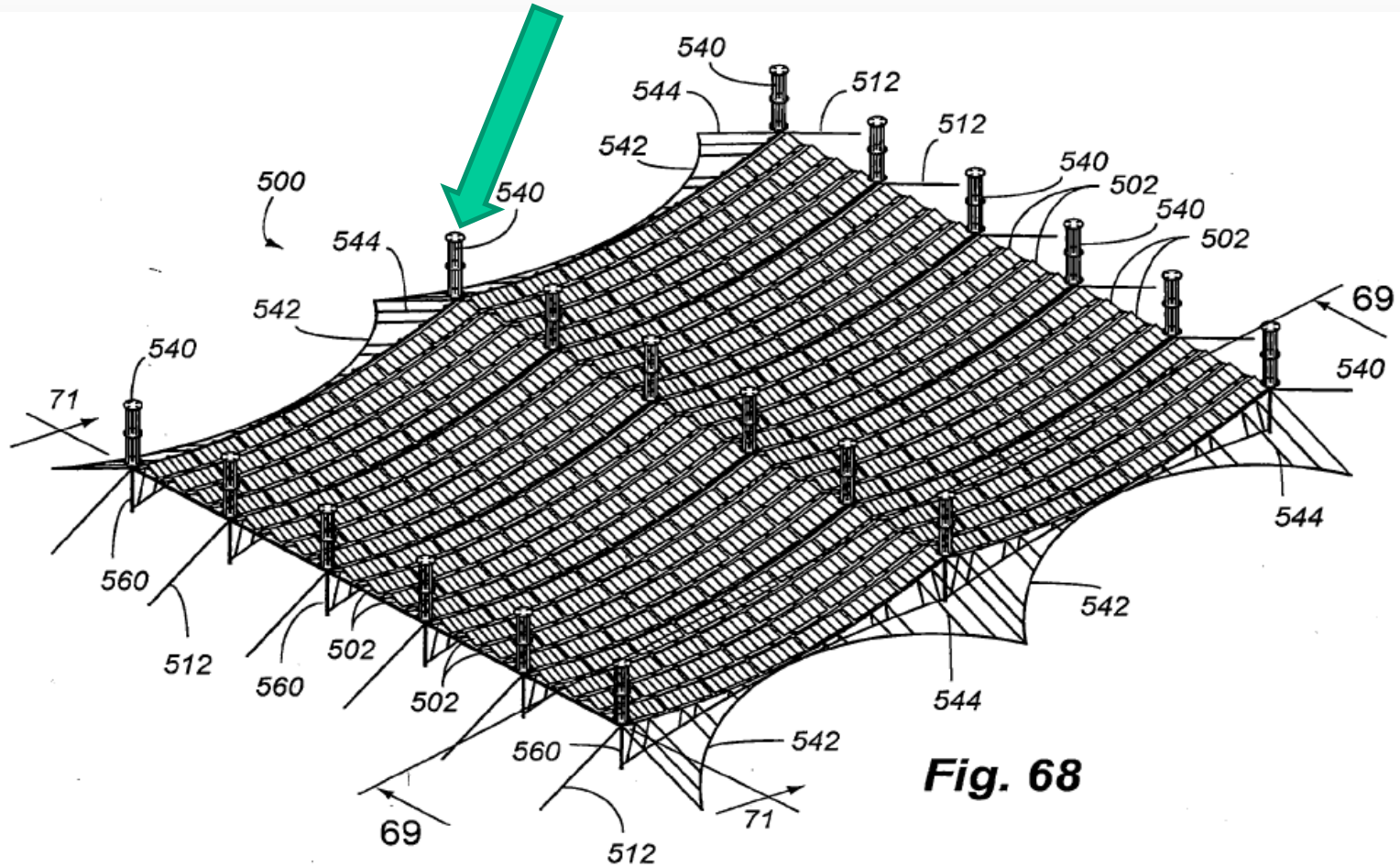
Stand der Technik Abspannung im Patentwesen



Source A583 2015 patent application

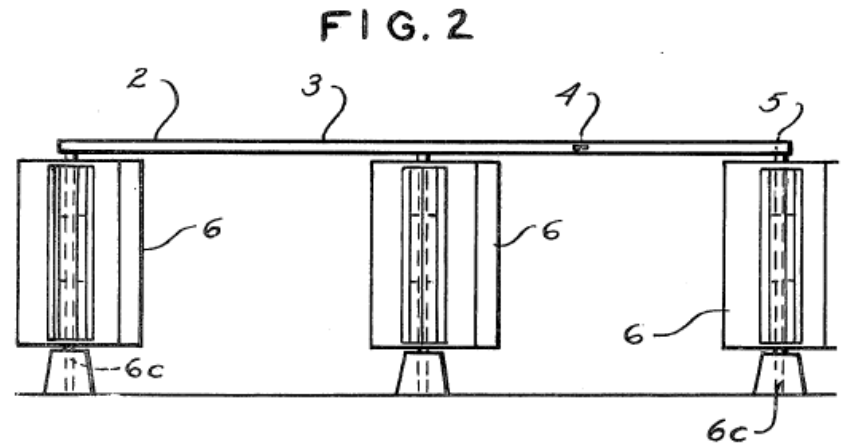
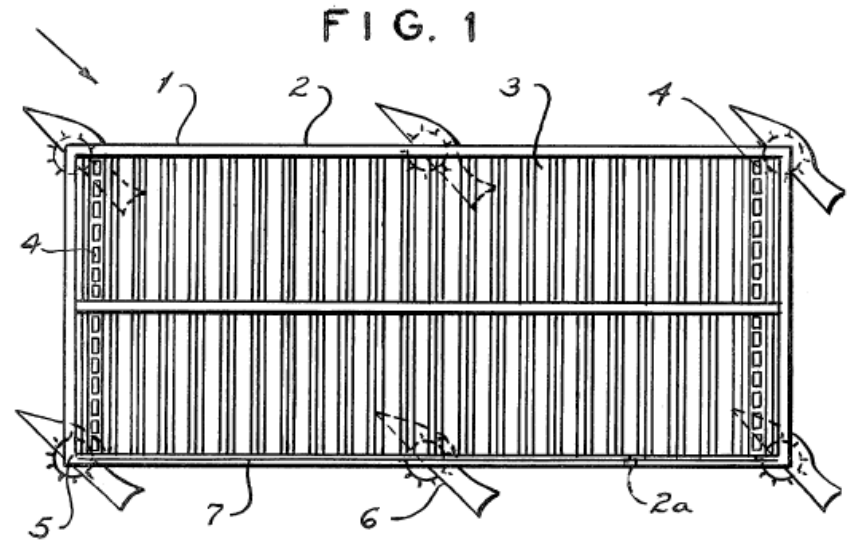


US 2010 0314509: WKA oberhalb der Solarfarm





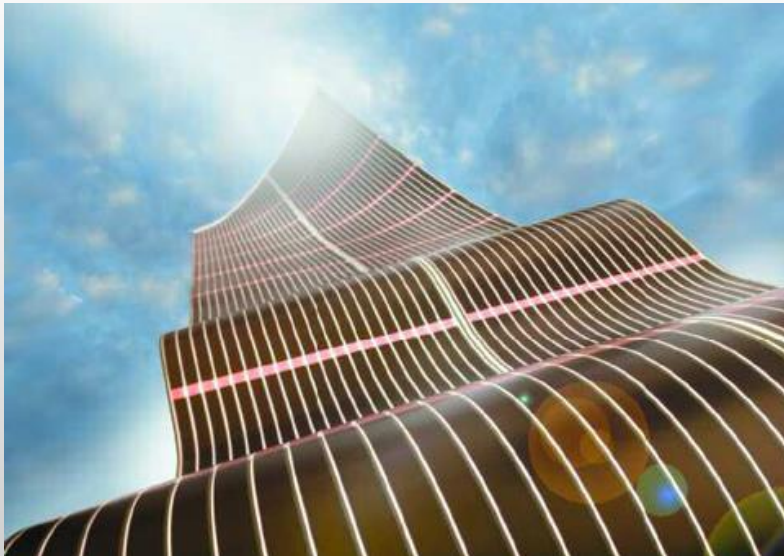
US 2010 0314509:
Axiale Tind Turbine
unterhalb der
Solarfarm



Source A583 2015 patent application



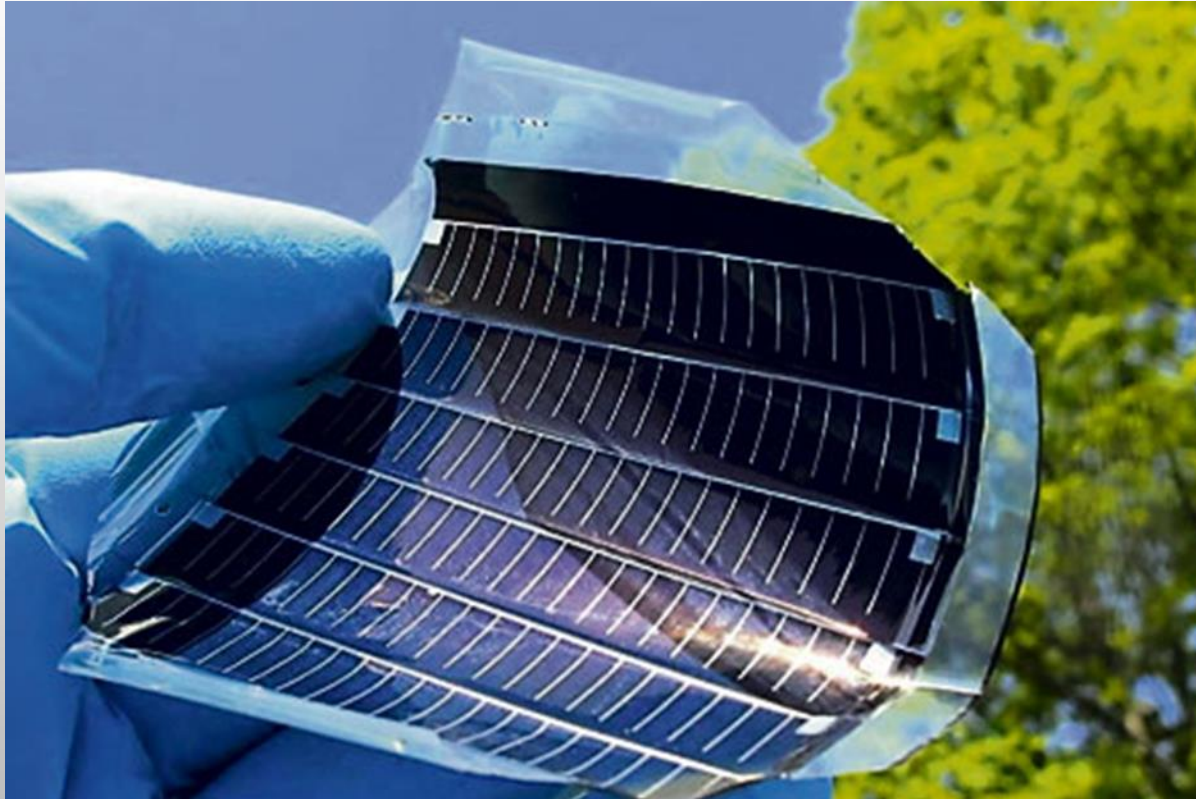
DEAVITA Solarzellen Folien



Source: Deavita



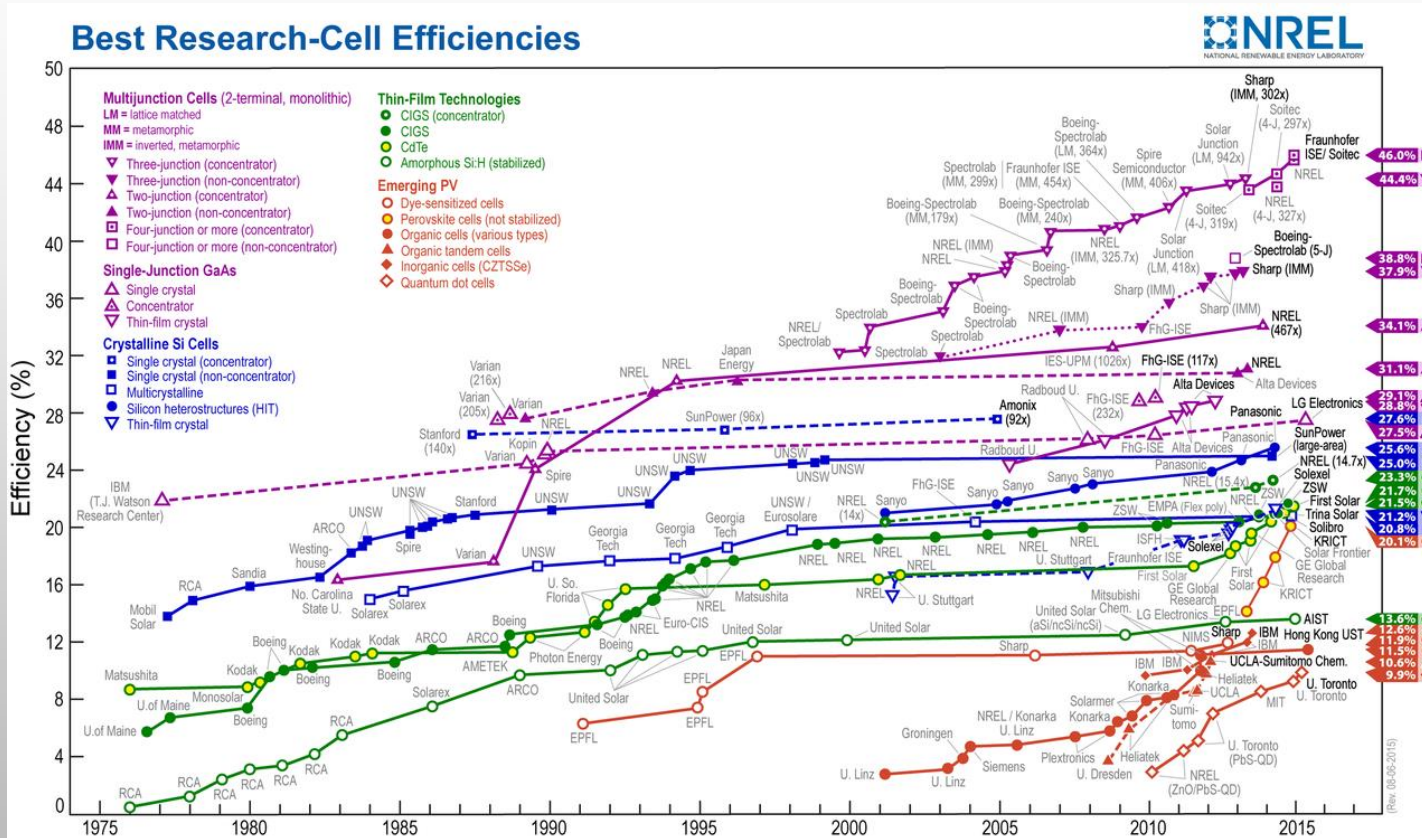
CdTe-Solarzellen als Folie? Die Zukunft!



Source Deavita



η Wirkungsgrad Entwicklung: organisch, anorganisch



organisch anorganisch

Source National Renewable Energy

2016 02 25

Georg Ickinger 8071 St Peterstrasse 4 georg.ickinger@a1.net16



3. Lösungen, Berechnungen

Joes Beursken: Pflichtlektüre für Windpark Berechnungen

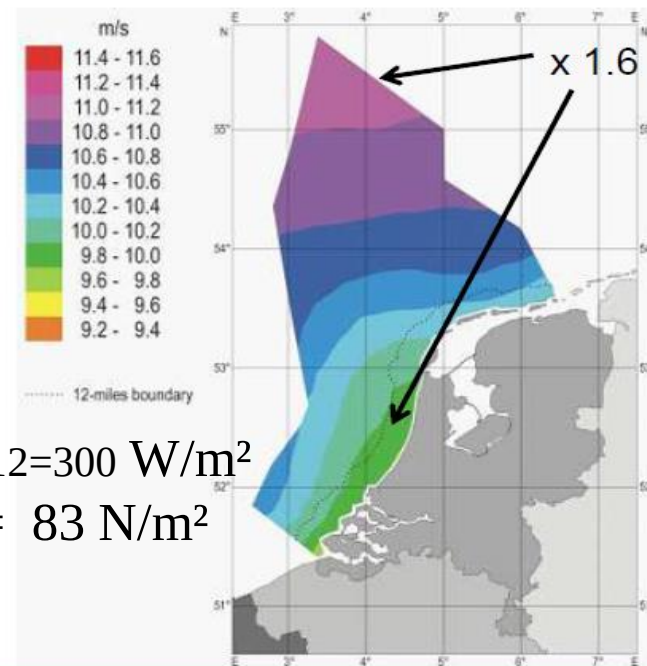
$$P_{\text{wind}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

ρ = air density appr. 1.2 kg [kg/m³], V = wind speed [m/s]

Wind speed (m/s)	Wind speed (Watt/m ²)
3	16
6	130
12	1035

$$P_{\text{wt}} \sim 0,3 \times P_{\text{wind}} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad P_{\text{wt}12} = 300 \text{ W/m}^2$$

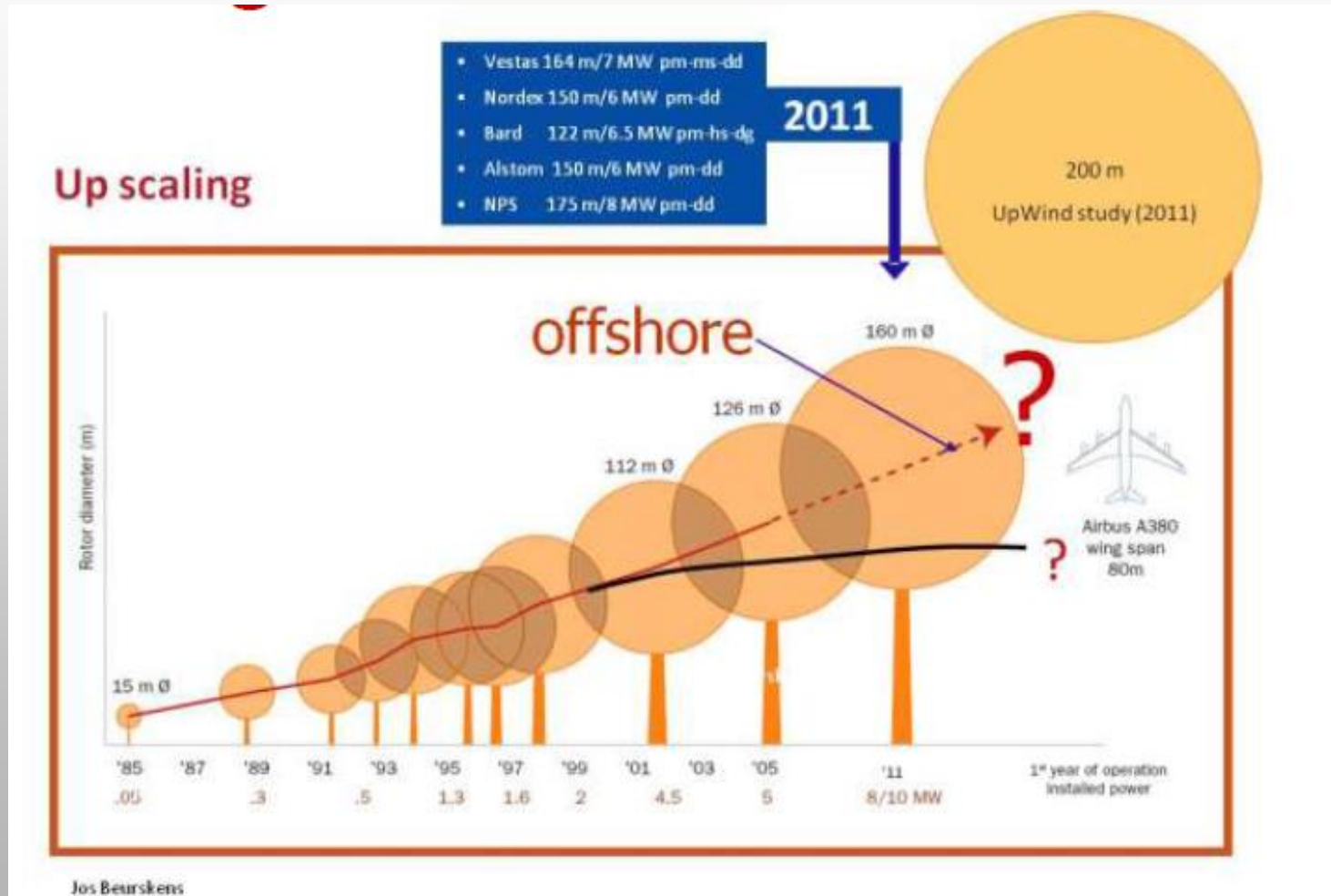
$$F \sim P_{\text{wind}}/v \text{ [N/m}^2\text{]} \quad F_{12} = 83 \text{ N/m}^2$$





3. Lösungen, Berechnungen

Entwicklung der Größe und Leistung von Windparks



Source: Joes Beurskens

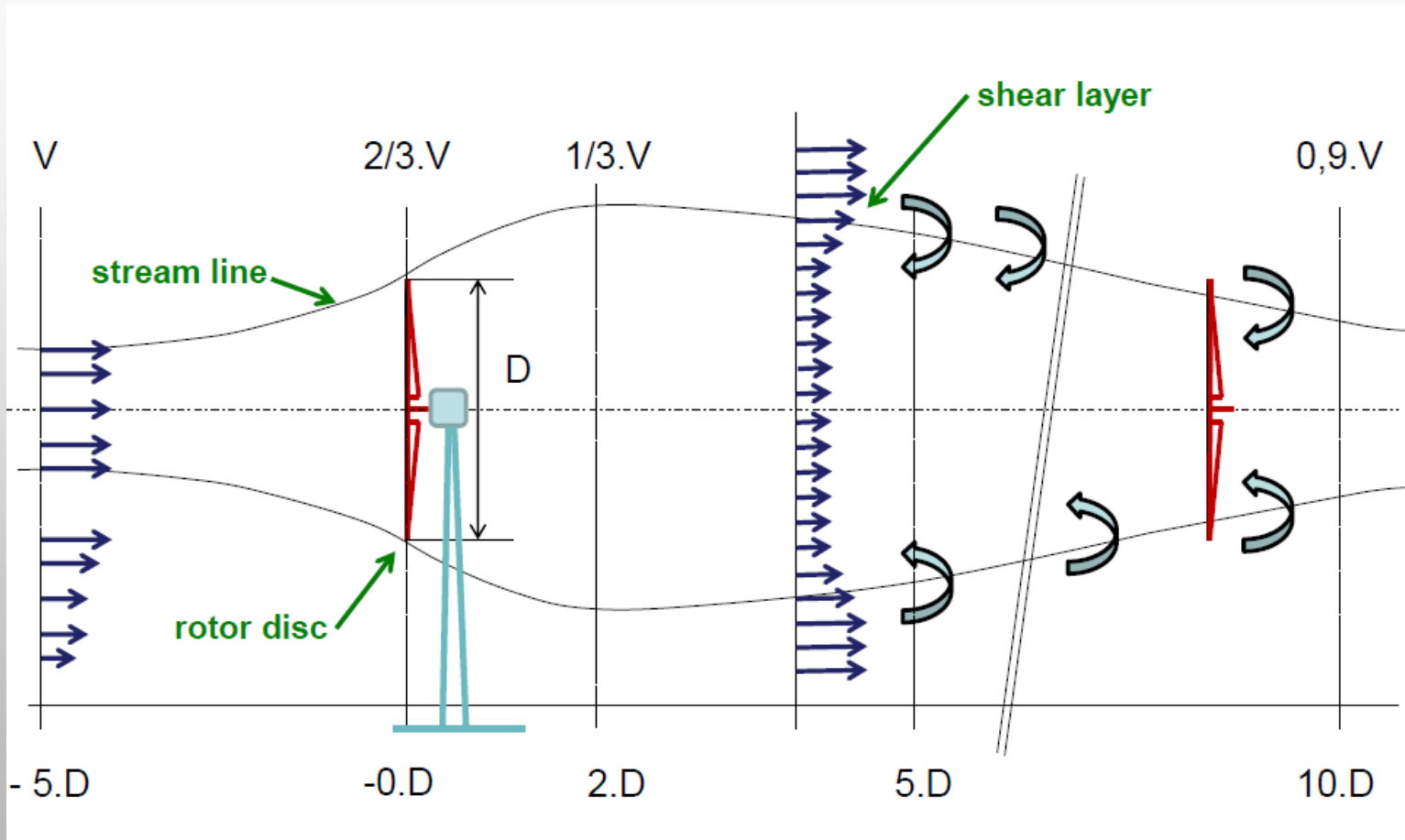
2016 02 25

Georg Ickinger 8071 St Peterstrasse 4 georg.ickinger@a1.net18



3. Lösungen, Berechnungen

Einfluss der Vielfachanordnung von WKA



Siemens Windturbine 154m 6MW 3-flügelig

Technische Daten	SWT-6.0-154	SWT-7.0-154 ^[6]
Nennleistung (kW)	6.000	7.000
Einschaltwindgeschwindigkeit (m/s)	3–5	3–5
Abschaltwindgeschwindigkeit (m/s)	25	25
Überlebenswindgeschwindigkeit (m/s)	70	70
Rotordurchmesser (m) (3-Flügel)	154	154
überstrichene Fläche (m²)	18.600	18.600
Fläche (m²) pro MW	3100	2657
Drehzahl	5–11/min	?
Leistungsregelung	Pitch	Pitch
Getriebe	nein	nein
Generator	Permanentmagnet-Synchrongenerator	PMSG
Netzspannung / -frequenz	34 kV / 50 Hertz	34 kV / 50 Hertz

154m Durchmesser WKA 18.600m²

$P_{wt} \sim 0,3v^3$ [W/m²] $P_{wt12} = 6$ [MW]

$F \sim P/v$ [N/m²] $F_{12} = 500$ [kN] $\sim 50t$ 26mm Stahlseil.

Source: Siemens D7 Platform



3. Lösungen, Berechnung: Seiltechnik

Vollverschlossenes Spiralseil (VVS) DIN EN 12385-10

Material: Hochfester Draht aus unlegiertem Stahl nach DIN EN 10264-2 (Runddraht) und DIN EN 10264-3 (Profildraht)
Elastizitätsmodul: 160 kN/mm² ± 10 kN/mm²
Durchmessertoleranz: 0% / +3%
Konfektionierung: Selbstguss nach DIN EN 13411-4 mit Kunstharz (z.B. WIRELOCK®) oder Metall (z.B. Zamak)
Korrosionsschutz: Innere Drahtlagen: Drähte mit Überzug aus Zink und Innenverfüllung mit Zinkstaubfarbe (TruLub A11®)
 Äussere zwei Drahtlagen: Drähte mit Überzug aus Zn95Al5 (z.B. galfan®), kein Selbstverfüllmittel



Full Locked Coil Rope (FLC) DIN EN 12385-10

Nenn- $\varnothing$ <i>Nominal-$\varnothing$</i> [mm]	Mindestbruchkraft <i>Minimum Breaking Load</i> F_{min} [kN]	Charakt. Bruchkraft <i>Charact. Breaking Load</i> $F_{uk}^{(1)}$ [kN]	Grenzzugkraft <i>Design Load</i> $F_{rd}^{(2)}$ [kN]	Metall. Nenn-Querschnitt <i>Nom. Metallic Cross Section</i> A [mm ²]	Steifigkeit <i>Stiffness</i> EA [MN]	Gewicht <i>Weight</i> G ³ [kg/m]
25	596	596	397	440	70	3.8
30	858	858	572	648	104	5.6
35	1'170	1'170	780	842	135	7.3
40	1'580	1'580	1'053	1'125	180	9.7
45	2'000	2'000	1'333	1'382	221	12
50	2'470	2'470	1'647	1'731	277	15
55	3'020	3'020	2'013	2'106	337	18
60	3'590	3'590	2'393	2'424	388	21
65	4'220	4'220	2'813	2'929	469	25
70	4'890	4'890	3'260	3'444	551	30
75	5'620	5'620	3'747	3'791	607	33
80	6'390	6'390	4'260	4'379	701	38
85	7'210	7'210	4'807	4'952	792	42
90	8'090	8'090	5'393	5'568	891	48



Source: FATZER Structural rope



3. Lösungen, Berechnungen

Versiegelte Seile für Meerwasser: Lebensdauer 25 Jahre



Mooring Line Deployment Winch

Source www.heerema.com



Einsatz von versiegelten Seilen in der Offshore Technik

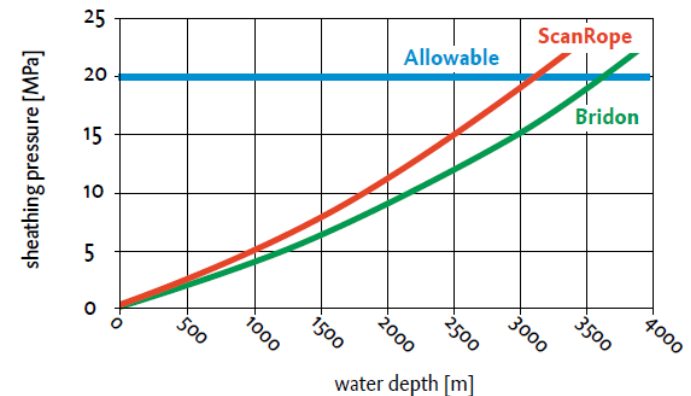
The Mooring Line Deployment Winch has been designed specifically for the deployment of sensitive sheathed spiral strand wire or fibre rope moorings in deepwater.

Features

- Control from the bridge, in close co-operation with DP operator
- Constant tension facility
- Load monitoring
- Length monitoring
- Winch can be tilted to facilitate correct spooling

Sheathing pressure

Due to its large diameter, sheathing pressures are extremely low. Even with the heaviest mooring lines and the most conservative rules, safe installation down to 3,000 m and more is possible.



Lowering & Pick-up wire

Length	3800 m
Diameter	102 mm (4")
MBL	775 t

Drum dimensions

Drum diameter	10.5 m
Drum length	10.0 m
Storage capacity	1,800 m of 6" sheathed spiral strand wire 2,400 m of 4.5" sheathed spiral strand wire
Safe working load	2,75 t
Lowering/hoisting speed	20 m/min

Source : www.heerema.com

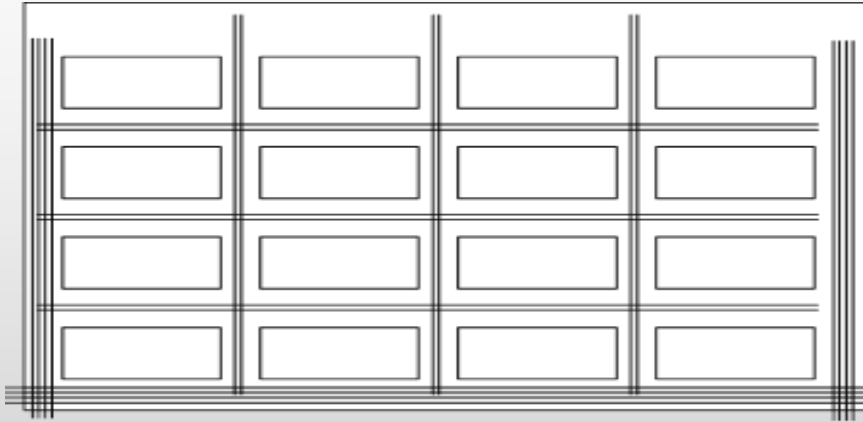


Abspanntechnik mit Vernetzung



Source: Fatzer Structural Ropes

Membransolaresegel: Filament Solar-Zellen zwischen 2 Folien



5. Verfahren zur Herstellung eines Membransolaresegels dadurch gekennzeichnet, dass folgende Bearbeitungsschritte wie: Auflegen von Verstärkungen, Auflegen von organischen Photovoltaikfolien, Verdrahten der Zellen und Stromzuführung an den Rand der Membrane, Abdecken mit Deckfolie, Absaugen der Luft zusammenpressen und Verbinden durchgeführt werden.

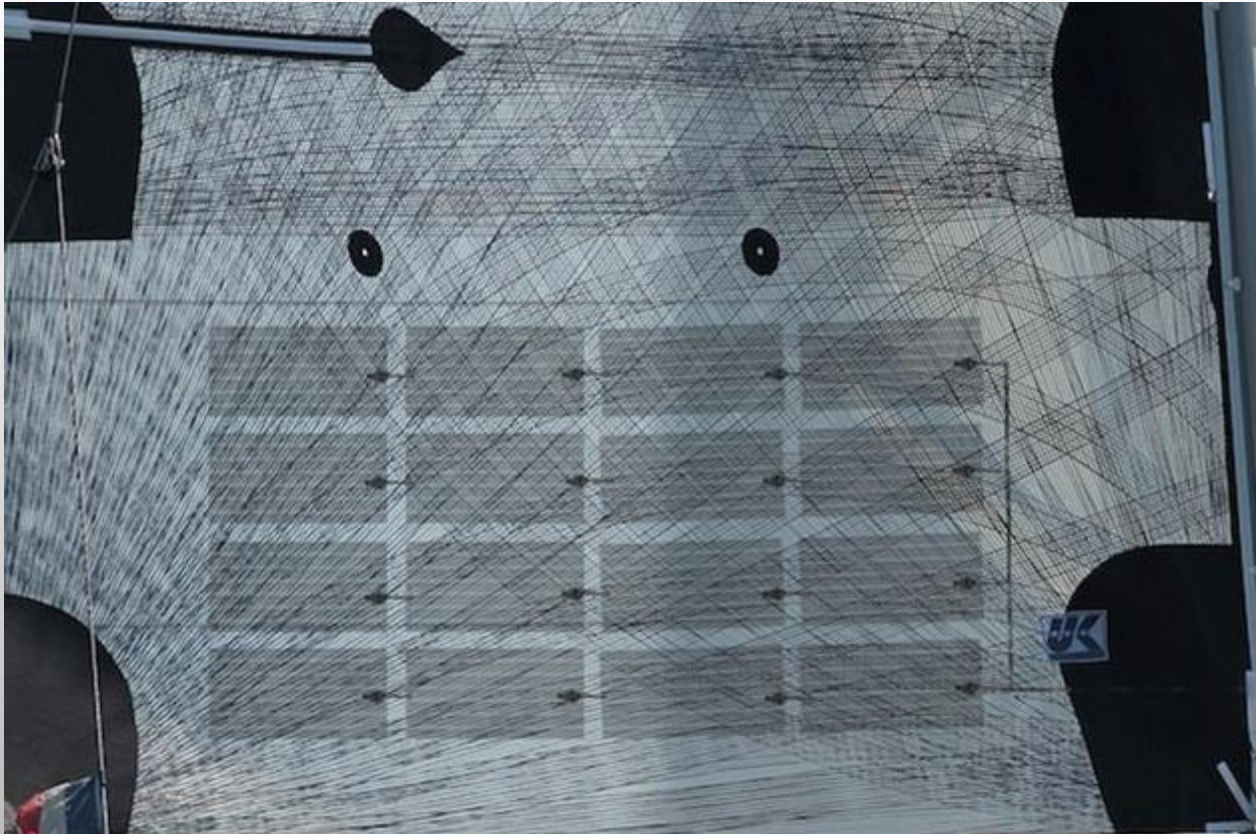


Source patent application A583 2015 incidentes sails



1 Innovation: Verknüpfung Seiltechnik

Ausführungen der Abspannungen für Plattformen und Türme



Source: Yacht.de



Sonnenschutz mit doppelter Reffleinrichtung



Source: KSM Krella.de



4. Neue Erschließungen

Gletscherabdeckung



Source: www.blick.ch

2016 02 25

Georg Ickinger 8071 St Peterstrasse 4 georg.ickinger@a1.net 28



Überdachung von Wüsten Zonen

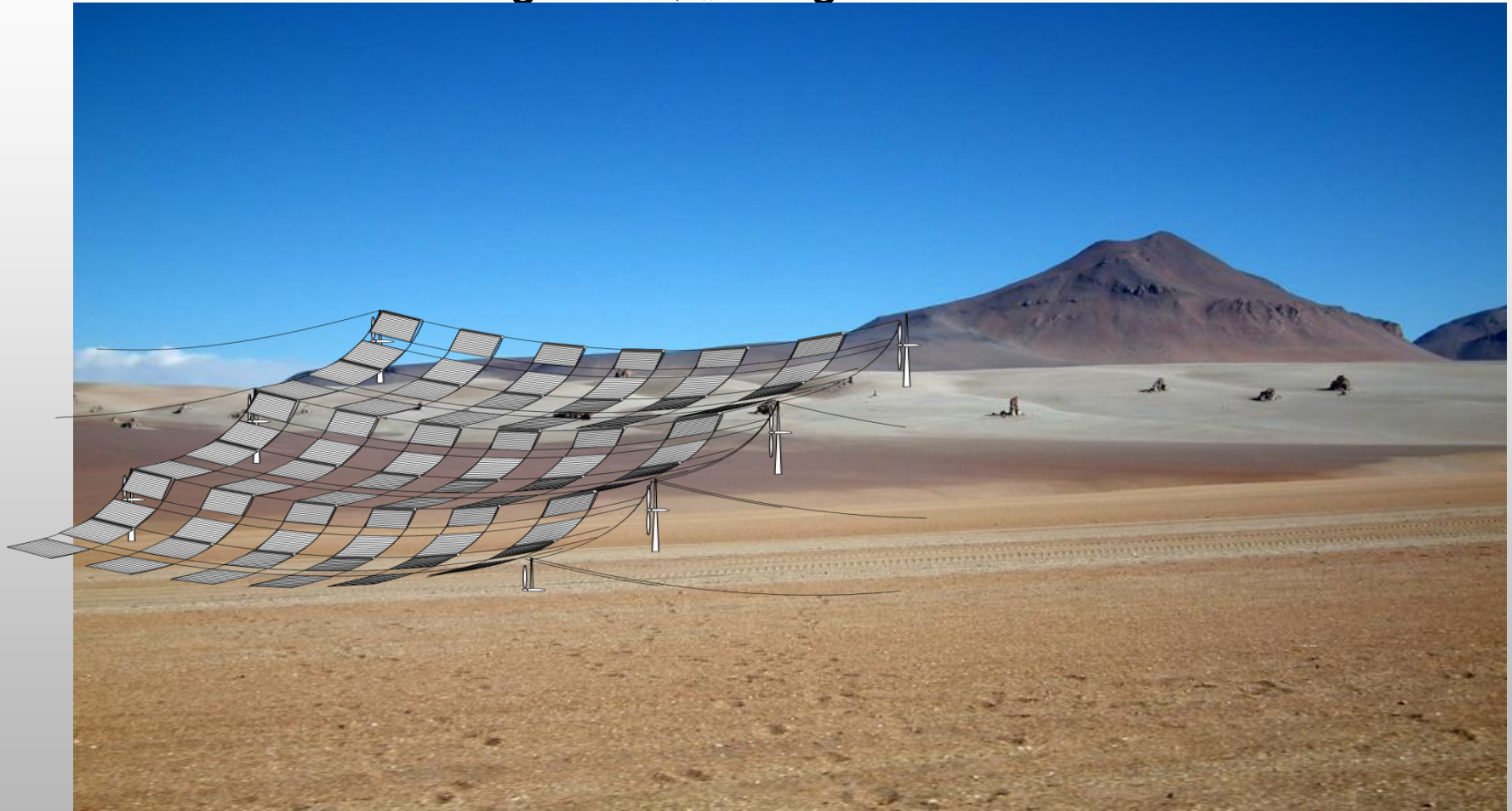


Source: www.focus.de



4. Neue Erschließungen

China: Wüsten begrünen, „Die grüne Mauer“

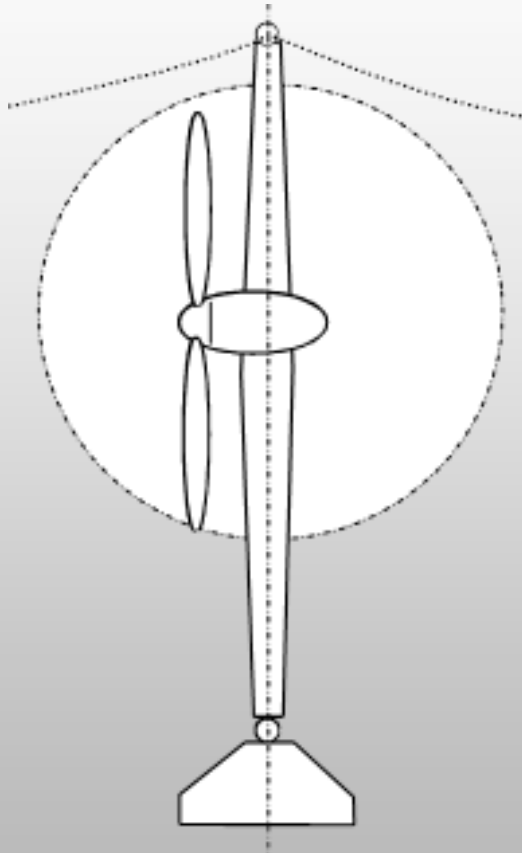


Source: www.drbrueck.de

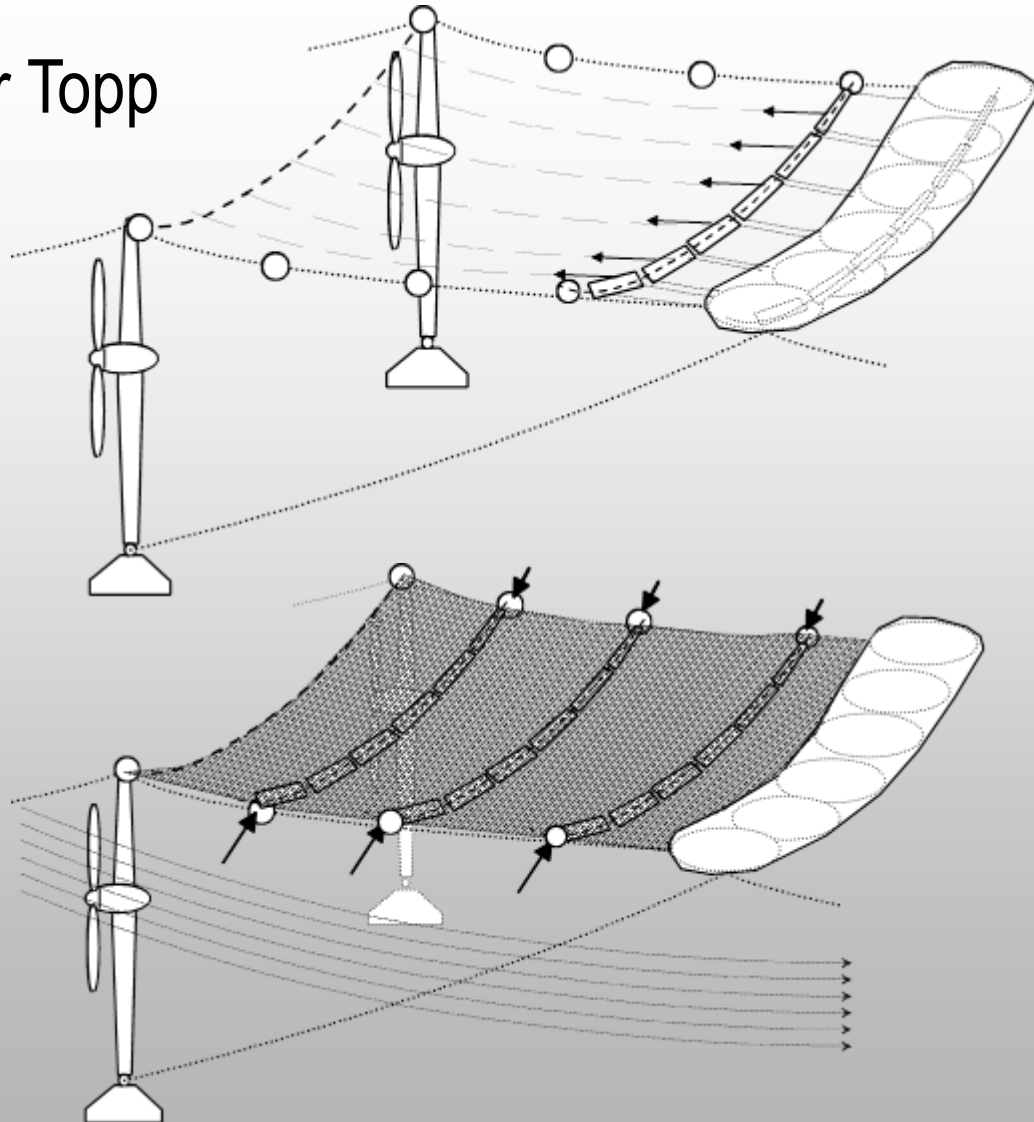
2016 02 25

Georg Ickinger 8071 St Peterstrasse 4 georg.ickinger@a1.net 30

Turbinenturm über Topp

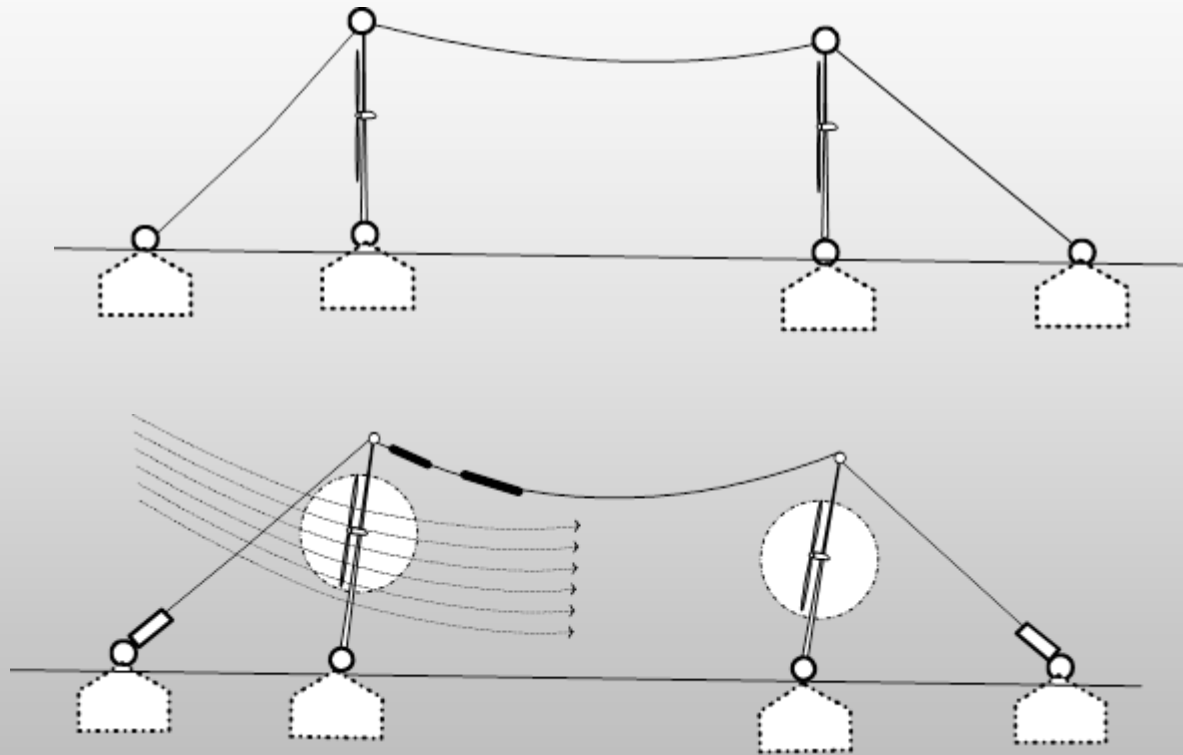


Source patent application A583 2015



5. Nutzung der Anlagen und Netze

Verbesserung des Wirkungsgrades eines Windparks



Source patent application A583 2015

5. Nutzung der Anlagen und Netze

Nutzung der Netzkapazität eines Windparks

Wind & Solar Energie Neusiedl-Weiden 100x100m						Wirkungsgrad Wind 35% Solar 15%
Windenergie bei 10m/sec 64kW/Feld				Solar bei Globaleinstrahlung 100W/s 75kW/Feld		
Tag	Stunde	Windgeschw m/sec	Globalstrahlung W/m²	Energie Wind kWh	Wind Solar kWh	Energie Summe kWh
2013 01 01	0	12	0	76,8	0	76,8
	1	21	0	134	-	134
	2	15	0	96	-	96
	3	14	0	90	-	90
	4	29	0	186	-	186
	5	24	0	154	-	154
	6	22	0	141	-	141
	7	11	0	70	-	70
	8	13	100	83	75	158
	9	17	210	109	158	266
	10	15	300	96	225	321
	11	22	220	141	165	306
	12	23	290	40	218	258
	13	26	210	30	158	188
	14	11	150	70	113	183
	15	15	120	96	90	186
	16	13	120	83	90	173
	17	12	20	77	15	92
	18	27	20	173	15	188
	19	25	30	160	23	183
	20	22	0	141	-	141
	21	16	0	102	-	102
	22	11	0	70	-	70
	23	12	0	77	-	77
				2.496	1.343	3.838

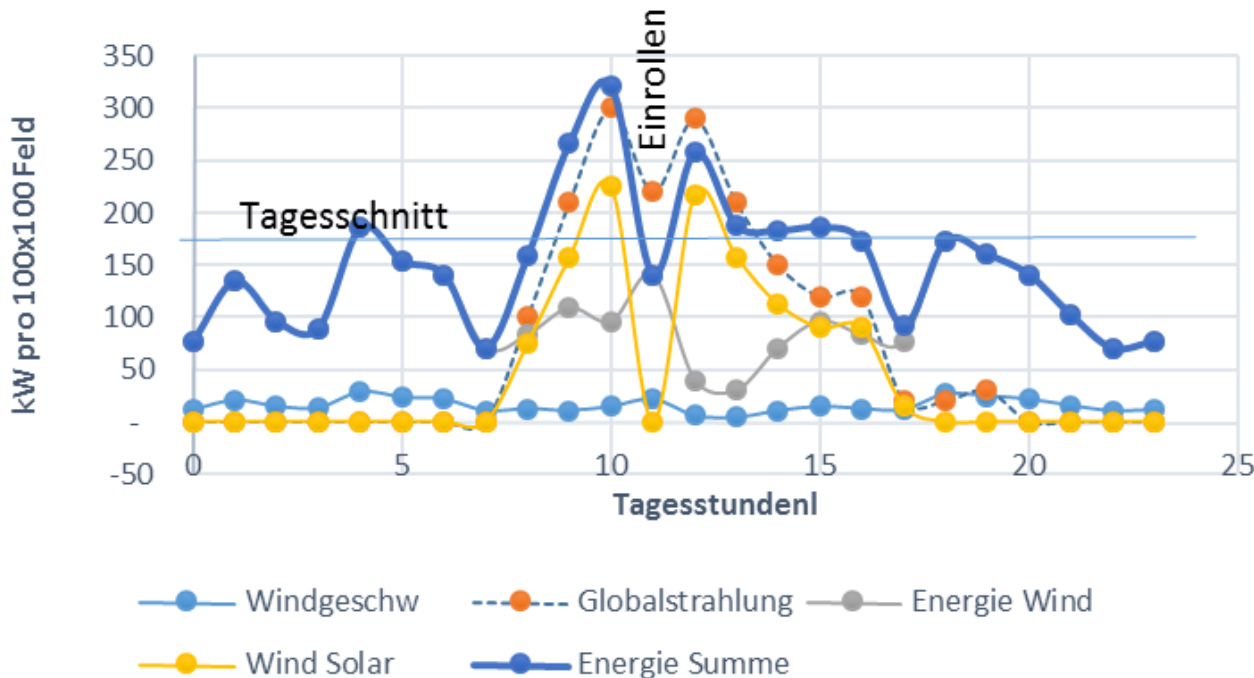
Source ZAMG



5. Nutzung der Anlagen und Netze

Nutzung der Netzkapazität eines Windparks (gelb Wind > 15m/s)

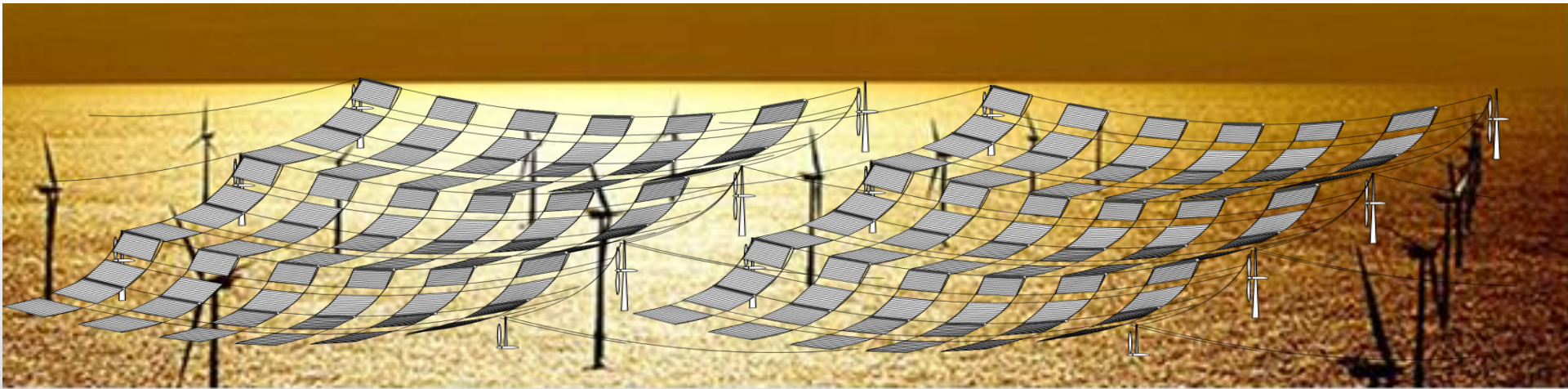
SOLAR & WIND ENERGIE



Energie Wind	Wind Solar	Energie Summe
76,8	0	76,8
134	-	134
96	-	96
90	-	90
186	-	186
154	-	154
141	-	141
70	-	70
83	75	158
109	158	266
96	225	321
141	-	141
40	218	258
30	158	188
70	113	183
96	90	186
83	90	173
77	15	92
173	-	173
160	-	160
141	-	141
102	-	102
70	-	70
77	-	77
2.496	1.140	3.636

Source ZAMG Neusiedlersee typischer Sommertag

Keine Sonne -> Wind? Keine Wind -> Sonne? Kein Wind, keine Sonne -> Druckluftspeicher



Source: Wikipedia Windpark

Schutz des geistigen Eigentums fürs Projekt!

Patents pending (vor der Erteilung)

A583a 2015 Ausrollbare Membran – Solarfolien

A583b 2015 Topp Turbinen Turm Abspannung

A583c 2015 Turbine Generator Umrichter Speicher

A583d 2015 Anwendung: Garten, Schiff, Fluggerät

Vorteile:

1. Vorhandene Umgebung nutzen
2. Größere Meerestiefen erschließen
3. Zusätzliches Platzangebot
4. Gletscherschutz, Wüstenrückgewinn
5. All in one: Energie - Netz – Speicher
6. Für Patronat an Universität geeignet
7. Für Österreichische Industrie geeignet

MACHBARKEITSPRÜFUNG: Abspannungen von Türmen für Windturbinen

Lehrmeister Natur: Netz-Abspannung



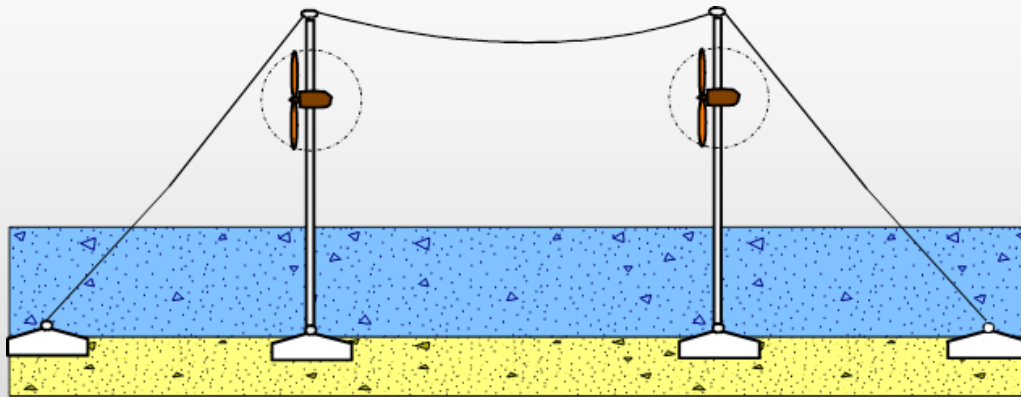
Inhaltsverzeichnis:

1. Innovation
2. Stand der Technik, Grenzen
3. Lösungen, Berechnungen
4. Flächenlast
5. Membransegel
6. Druckluft Speicher 18MWh

Source: Sience meets Society.com



Berechnungen: Joes Beurskens

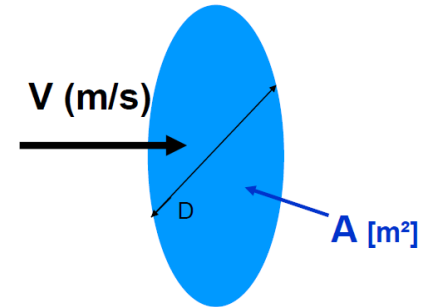


Energy in the wind

$$P_{\text{wind}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

ρ = air density; approx. 1.2 [kg/m³]

Wind speed (m/s)	Wind speed (Watt/m ²)
3	16
6	130
12	1035



$$A = \pi/4 \cdot D^2$$

$$P_{\text{wt}} < \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c_p \cdot v^3 = \mathbf{0.36} \mathbf{v^3} \sim \mathbf{0.3} \mathbf{v^3} \text{ [W/m}^2\text{]}; c_p < 16/27 (=0.59)$$

Jahresschnitt für offshore 12m/s

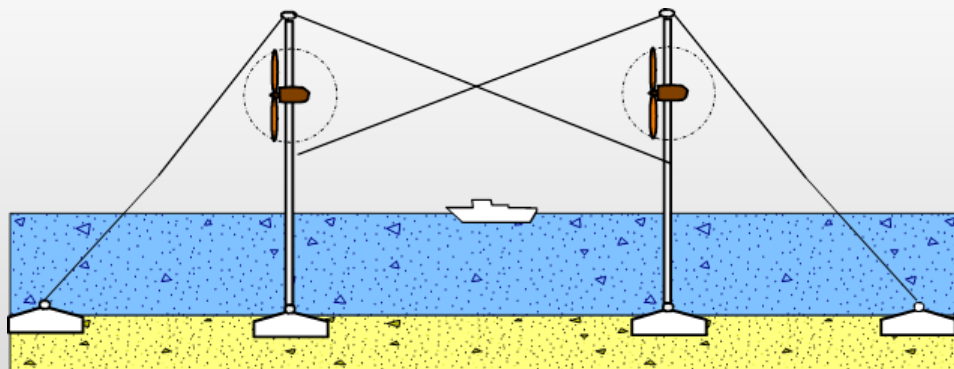
$$P_{\text{wt}} \sim 0,3v^3 \text{ [W/m}^2\text{]} \quad P_{12}=310\text{W/m}^2$$

$$F \sim P_{\text{wind}}/v \text{ [N/m}^2\text{]} \quad F_{12}= 86\text{N/m}^2$$

Source A583 2015 pat pending; Joes Beurskens



Windgeschwindigkeit **25m/s Abschalten** 70m/s Zerstörung 12m/s Durchschnitt



Technische Daten	SWT-6.0-154
<u>Nennleistung</u> (kW)	6.000
Einschaltwindgeschwindigkeit (m/s)	3–5
Abschaltwindgeschwindigkeit (m/s)	25
Überlebenswindgeschwindigkeit (m/s)	70
Rotordurchmesser (m) (3-Flügel)	154
überstrichene Fläche (m ²)	18.600
Fläche (m ²) pro MW	3100
Drehzahl	5–11/min
Leistungsregelung	Pitch
Getriebe	nein
Generator	Permanentmagnet-Synchrongenerator
Netzspannung / -frequenz	34 kV / 50 Hertz

Siemens SWT 6.0 154

154m Durchmesser WKA 18.600m²

$P_{wt} \sim 0,3v^3$ [W/m²] $P_{wt12} = 6$ [MW]

Sie maximale Windkraft bei Abschaltung bestimmt die maximale Abspannkraft

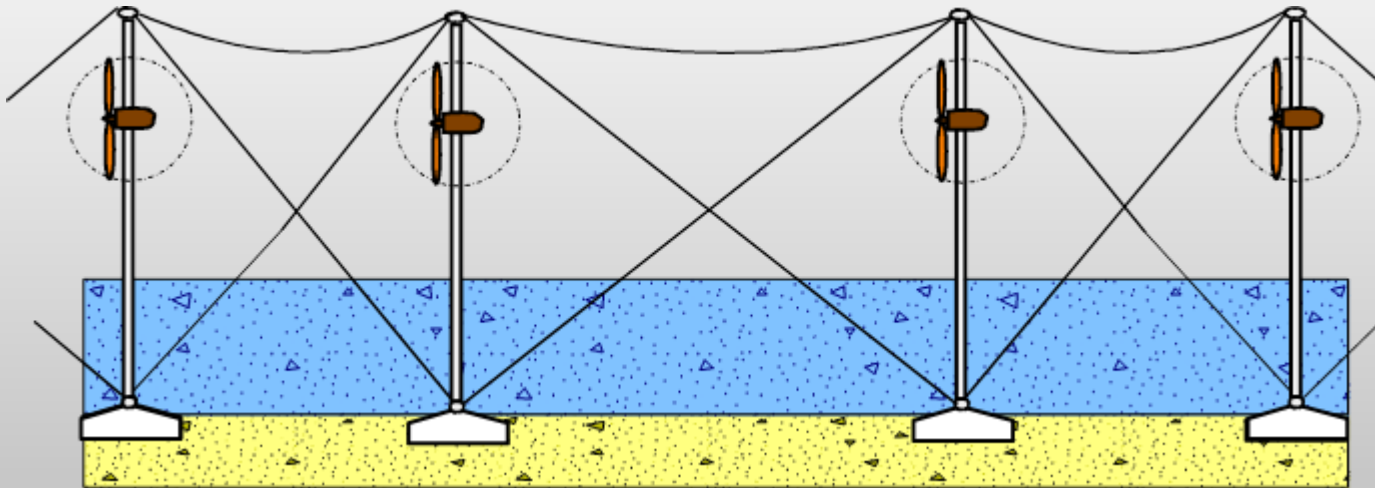
$F_{25} \sim v^3/v = 625$ [N/m²] $F_{25} = 11.600$ [kN] $\sim 116t$, **40 mm Stahlseil. 10kg/m**

Source A583 2015 pat pending



Abspannungen von Türmen Varianten

Ausführungen der Abspannungen für Türme über Topp von WKA



Source A583 2015 pat pending

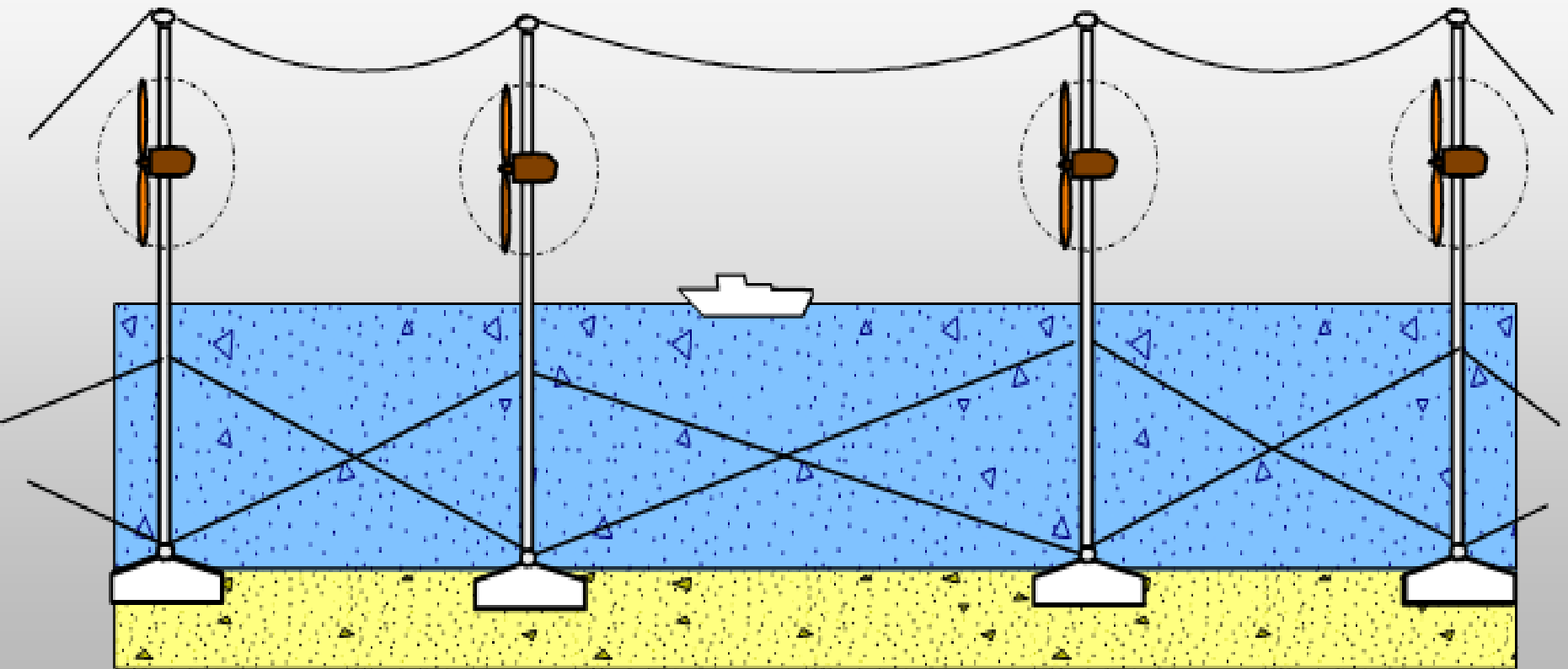
2016 02 25

Georg Ickinger 8071 St Peterstrasse 4 georg.ickinger@a1.net



Abspannungen von Türmen Varianten

Erschließung von größeren Meerestiefen für Windparks



Source A583 2015 pat pending

2016 02 25

Georg Ickinger 8071 St Peterstrasse 4 georg.ickinger@a1.net



-STRUCTURE

Membransegel mit Solarzellen

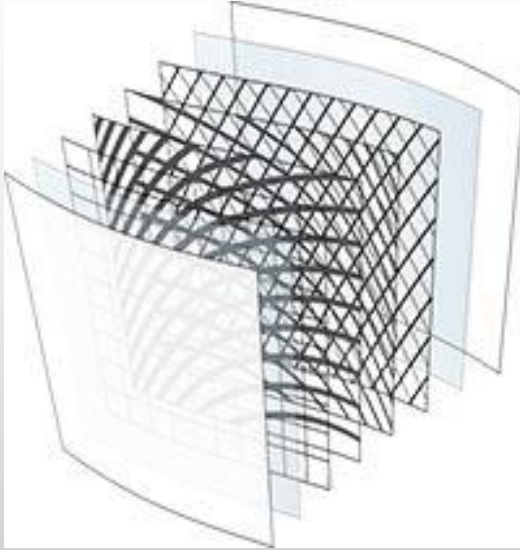


Source Yacht.de

2016 02 25

Georg Ickinger 8071 St Peterstrasse 4 georg.ickinger@a1.net

Membransolarsegel: Fiber-Path



Flächenlast 10N/m^2

Folie $0,5\text{kg/m}^2$

Solarzelle $0,5\text{kg/m}^2$

Um nichts weniger als eine Weltpremiere handelt es sich bei der letzte Woche in Betrieb genommenen Produktionsanlage von Heliatek in Dresden.

Erstmals werden organische Solarmodule im Rolle-zu-Rolle Verfahren mittels Vakuumdeposition bei Temperaturen unter $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ produziert. Bisher entstanden organische Module mit Hilfe diverser Druckverfahren, ihr Wirkungsgrad war auf wenige Prozent beschränkt. Heliatek hat erst vor wenigen Monaten eine Zelleffizienz von 9,8 Prozent erreicht und bietet auf der Modulebene 9 Prozent Wirkungsgrad. Zur Herstellung der Solarzellen ist etwa 1 g organische Substanz pro Quadratmeter notwendig, das Gewicht der organischen Solarmodule beträgt 500 g pro Quadratmeter.

Source Schultz-Segel.de und heliatec.de



-STRUCTURE

Membransegel mit Solarzellen

Membran Solarsegel: Filament Solar-Zellen zwischen 2 Folien



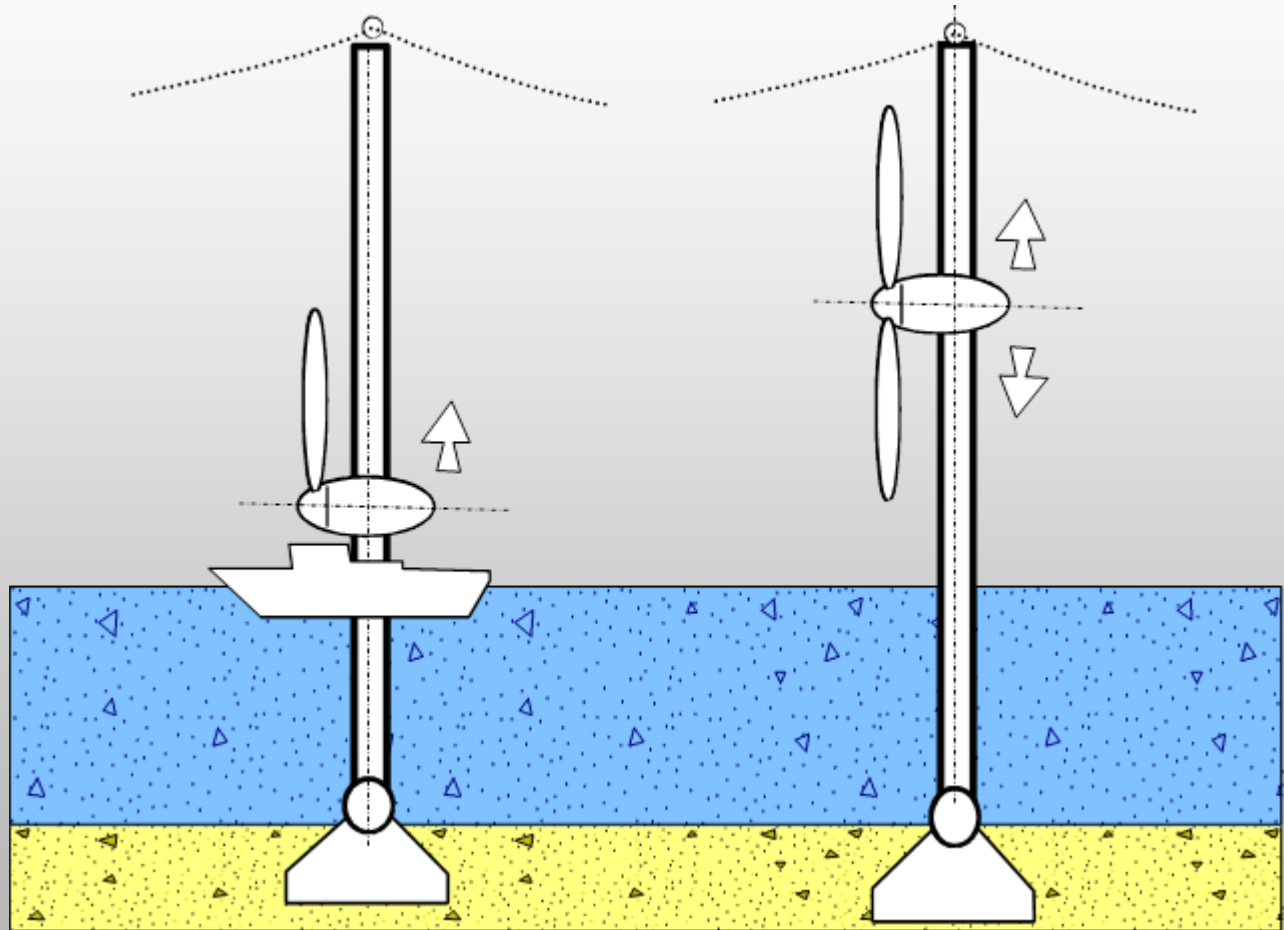
Source patent application A583 2015 incidentes sails

2016 02 25

Georg Ickinger 8071 St Peterstrasse 4 georg.ickinger@a1.net



Ausführungen mit zylindrischem Rohr als Pylone



Source: pat. pending A 583 2015



-STRUCTURE

Pylone – Seiltechnik - Berechnungen

Vergleich Turm WKA: Freistehender Turm: Rohr 7m DM

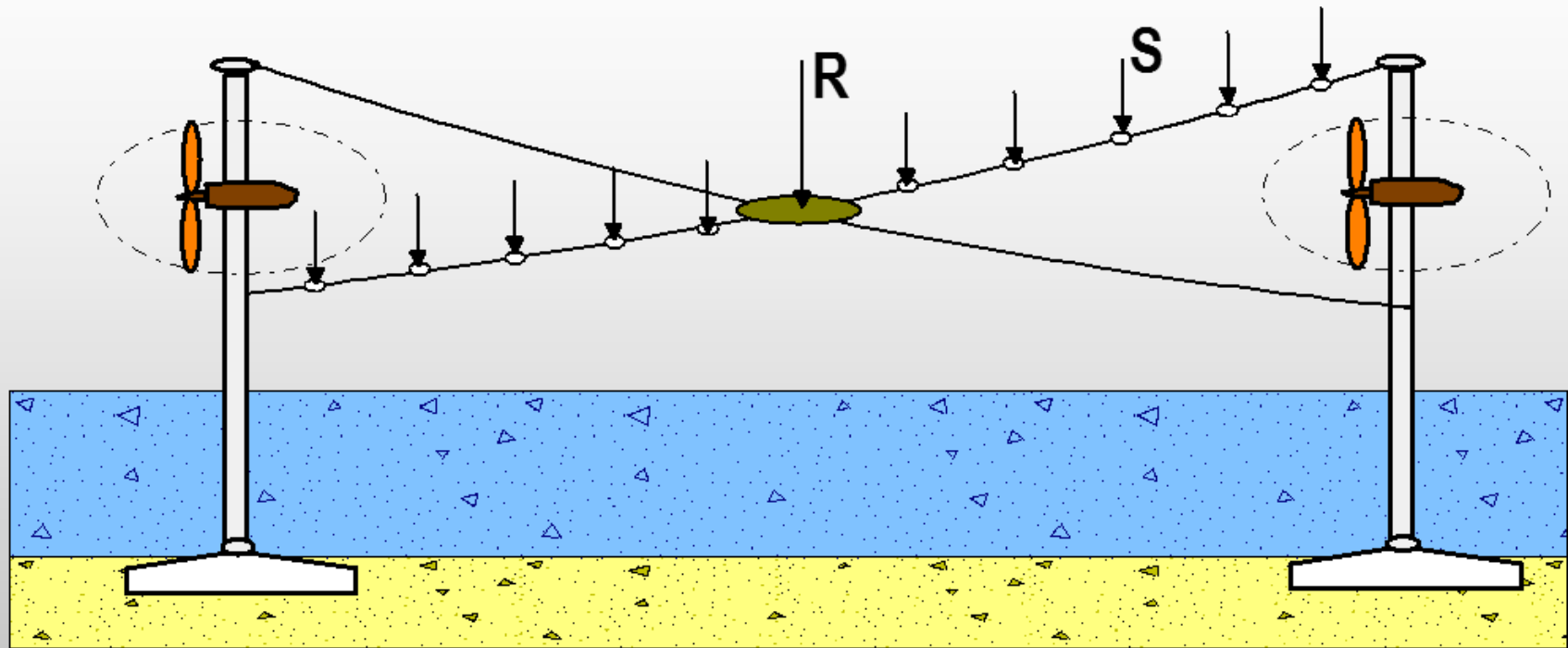


Source: ingenieur.de;



Pylon – Seiltechnik - Berechnungen

Berechnung der Flächenlast eines 750x750m Feldes



Berechnung der Flächenlast eines 750x750m Feldes (4 Felder für 4 Türme)

10 N/m² Flächenlast Solarfilm und Schutzfolie bei 750m 7500N/m

Anteil Rollvorrichtung Haupttragseil, Antrieb, Klemmung 2500N/m, zusammen 10kN/m

Das Haupttragseil wiegt 100kg/m also Flächenlast von 1kN/m.

Source: pat. pending A 583 2015

Vergleich freistehender Turm <-> Pylon mit Seilabspannung

Die Windkraft lautet nach Folie Seite 4 : $F_{25} = 11.600 \text{ [kN]}$

Die Gondelhöhe beträgt 200m. Darüber das Topp mit 85m und 80m Wassertiefe.

Widerstandsmoment. Für eine Rohr ergibt sich $r = (W / (p \cdot s))^{-2}$

(Näherung bei dünnen Wandstärken $W = p \cdot s \cdot r^2$).

Stand der Technik 10m Durchmesser 10mm Wandstärke (0,01M)

$$W = p \cdot 100 \cdot 0,01 = 3,14 \text{ m}^3$$

$$M = 280 \cdot 11.6 = 3250 \text{ MNm}$$

$$3250 = 3,14 \cdot \sigma$$

$$\sigma = 3250/3,14 = 1037 \text{ MN/m}^2$$

Sicherheit = 1

Pylon-Seilabspannung: 7 m Durchmesser 10mm Wandstärke

$$W = 1,53 \text{ m}^3$$

$$M = 85 \cdot 11.6 = 1000 \text{ MNm}$$

$$M = W \cdot s$$

$$1000 = 1,53 \cdot s$$

$$s = 1000/1,53 = 653 \text{ MN/m}^2$$

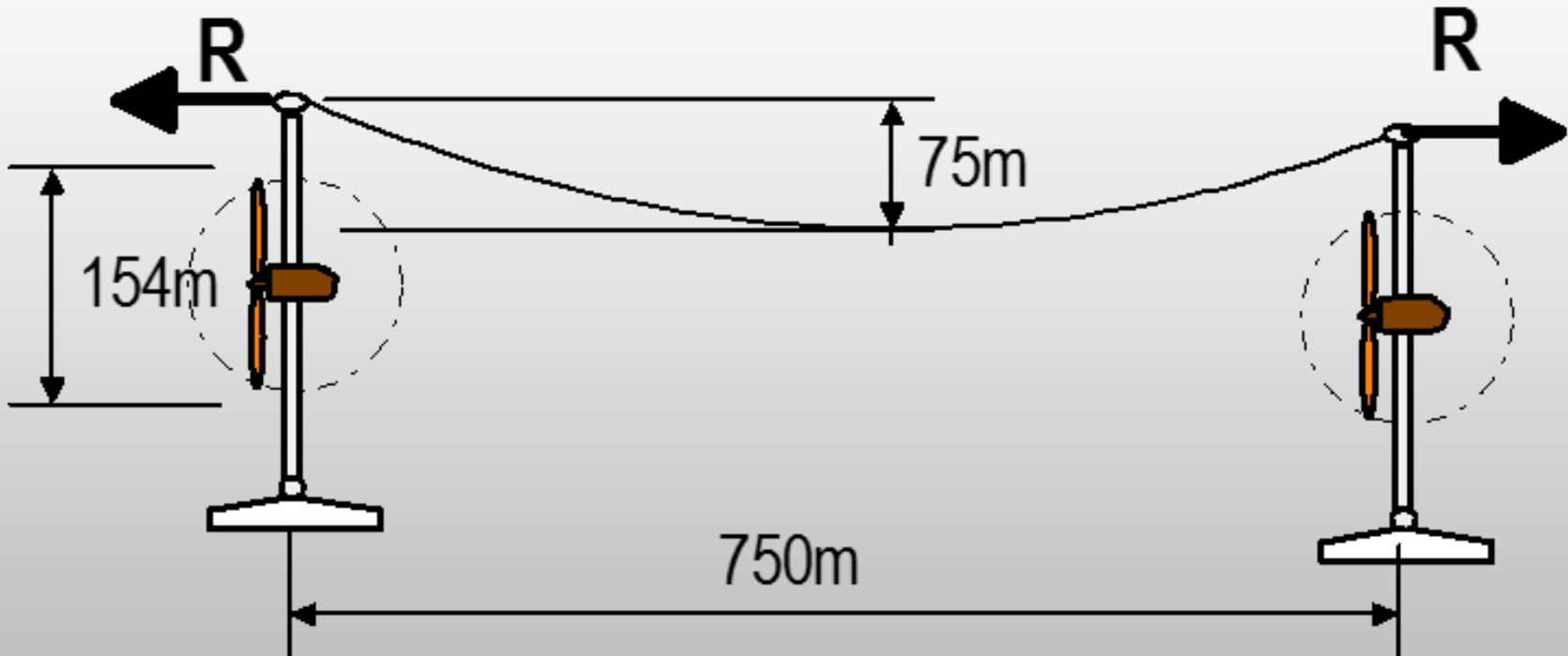
Sicherheit ist 1,6 fache

Source: pat. pending A 583 2015



Pylon – Berechnung: Seil Durchhang 1

Rechenbeispiel für 154m Durchmesser WKA



Source: pat. pending A 583 2015

Annahme zu dem Windpark:

Windturbine mit 154m Durchmesser. Abstand der Turbinen 750m (5xF), Abstand: $b=375$, Durchhang $f = 75$ m, Flächenlast 10 kN/m, inclusive Seilgewicht

Nach Prof. Kurt Desoyer wird das Seil bei geringem Durchhang wie folgt berechnet:

Horizontalkraft $H = q \cdot b^2 / 2 \cdot f = 9375 \text{ kN (100 t)}$

Vertikalkraft $V = q \cdot b = 3750 \text{ kN (375t)}$

Dies führt zu einem Seil mit ca. 130mm Durchmesser und 100kg/m. Der Turbinenturm wird mit einer Vertikalkraft zusätzlich von

$750 \cdot 10 = 7.500 \text{ kN} \sim 750 \text{ t}$ belastet.

Dies gilt nur für einen Rotor. Die Windkräfte müssen also pro Rotor abgestützt werden.

Das Höhe des Turmes beträgt: $H = 80 + 200 + 85 = 365$ m

Das Rohr hat einen Durchmesser von $D = 7 \text{ m}$ und eine Wandstärke von 10mm.

Gewicht des Turmes: $D \cdot \pi \cdot 0,01 \cdot 365 \cdot 7.85 = 630 \text{ t}$

Das Speichervolumen beträgt: $3.5^2 \cdot \pi \cdot 365 = 14.000 \text{ m}^3$

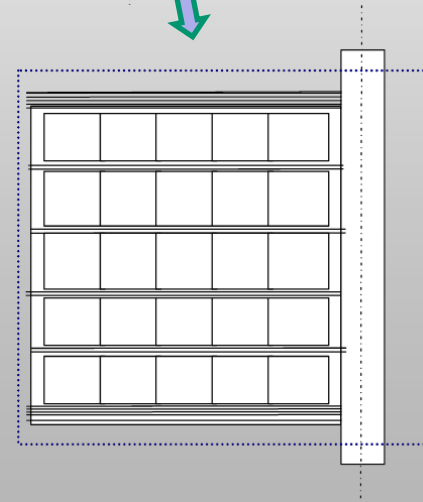
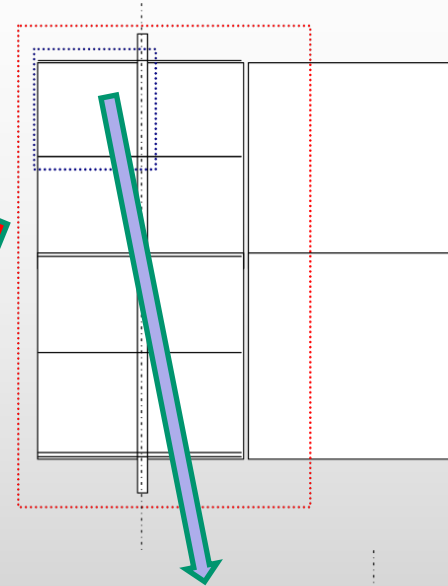
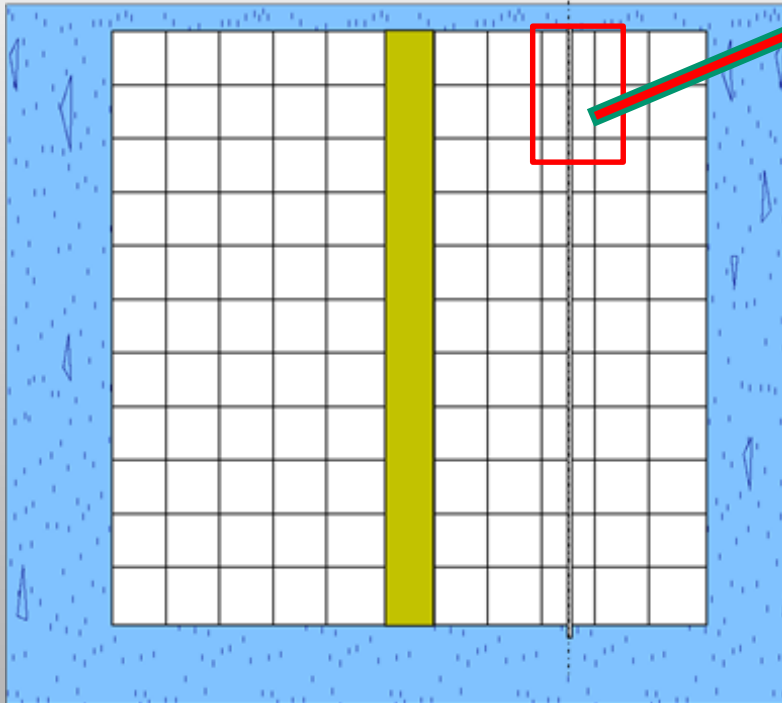
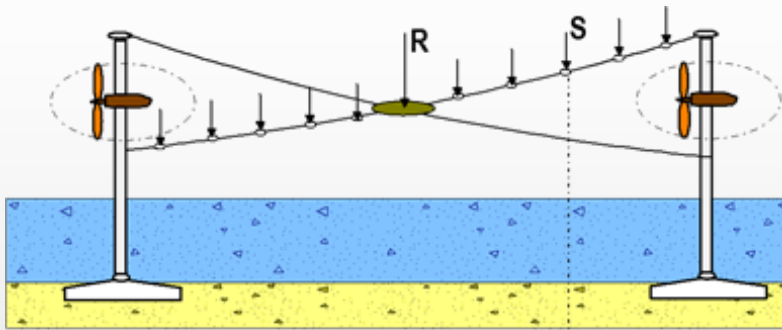
Druckluftspeicher haben eine Speicherleistung bei 30 bar von 1.3 kWh/m^3

Das Speichervolumen beträgt also 18 MWh. Das wären 3 Stunden der Normalleistung.

Source: pat. pending A 583 2015

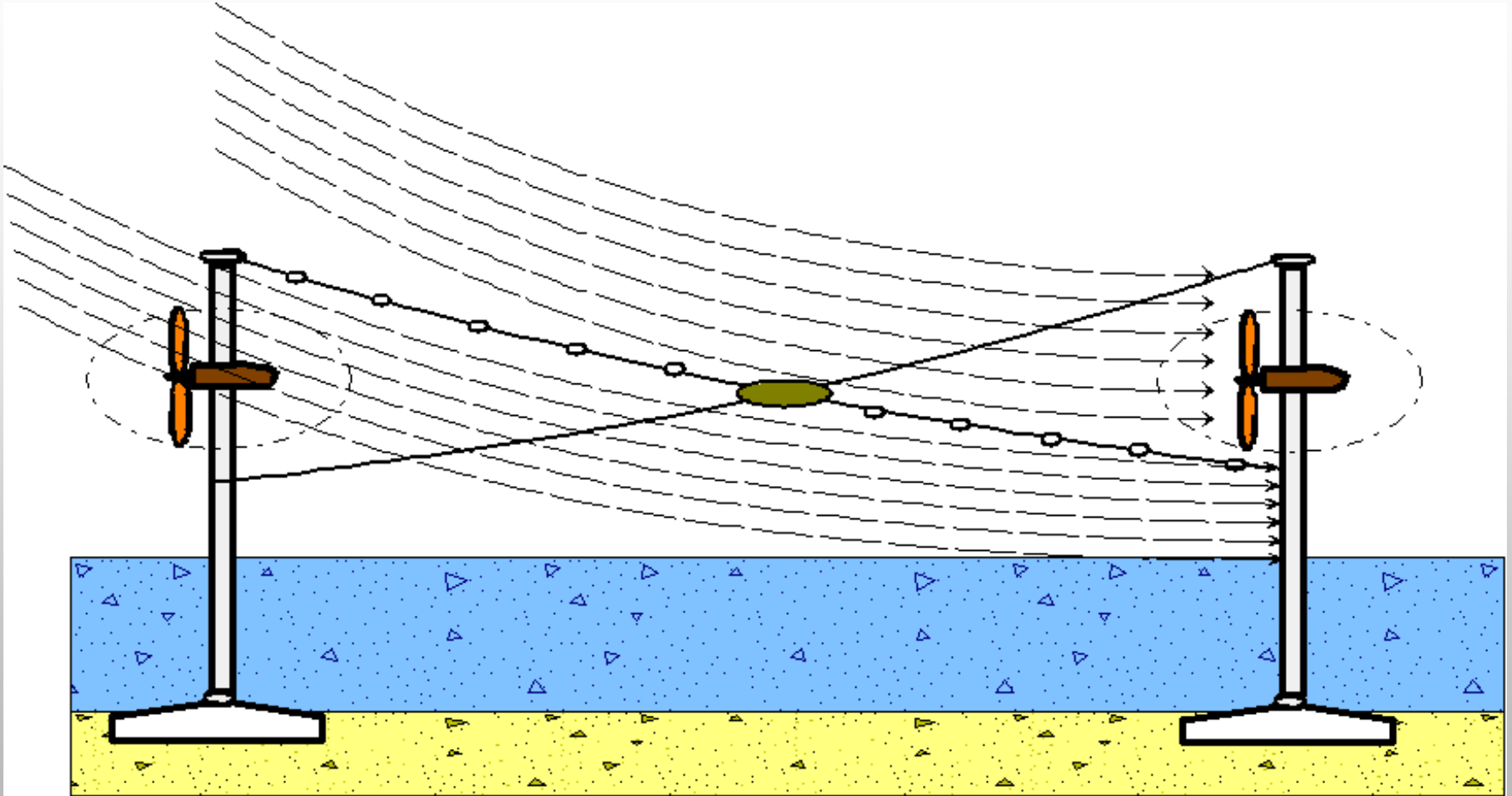


Membransegel mit Rollvorrichtung





Windführung mittels Membransegel



Source: pat. pending A 583 2015