



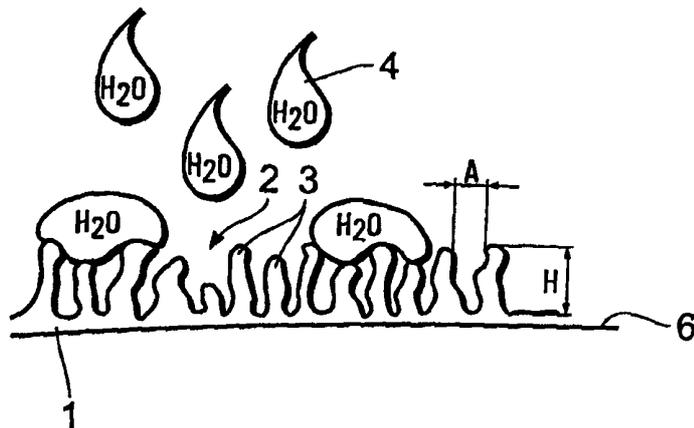
<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : F03D 11/00, 1/06</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/34651</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 15. Juni 2000 (15.06.00)</p>											
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/09691</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 9. Dezember 1999 (09.12.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten:</p> <table border="0"> <tr> <td>298 22 003.2</td> <td>9. Dezember 1998 (09.12.98)</td> <td>DE</td> </tr> <tr> <td>199 29 386.4</td> <td>28. Juni 1999 (28.06.99)</td> <td>DE</td> </tr> <tr> <td>199 47 211.4</td> <td>1. Oktober 1999 (01.10.99)</td> <td>DE</td> </tr> <tr> <td>199 51 346.5</td> <td>25. Oktober 1999 (25.10.99)</td> <td>DE</td> </tr> </table> <p>(71)(72) Anmelder und Erfinder: WOBLEN, Aloys [DE/DE]; Argestrasse 19, D-26607 Aurich (DE).</p> <p>(74) Anwalt: GÖKEN, Klaus, G.; Eisenführ, Speiser & Partner, Martinistrasse 24, D-28195 Bremen (DE).</p>	298 22 003.2	9. Dezember 1998 (09.12.98)	DE	199 29 386.4	28. Juni 1999 (28.06.99)	DE	199 47 211.4	1. Oktober 1999 (01.10.99)	DE	199 51 346.5	25. Oktober 1999 (25.10.99)	DE	<p>(81) Bestimmungsstaaten: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>
298 22 003.2	9. Dezember 1998 (09.12.98)	DE											
199 29 386.4	28. Juni 1999 (28.06.99)	DE											
199 47 211.4	1. Oktober 1999 (01.10.99)	DE											
199 51 346.5	25. Oktober 1999 (25.10.99)	DE											

(54) Title: REDUCTION IN THE NOISE PRODUCED BY A ROTOR BLADE OF A WIND TURBINE

(54) Bezeichnung: SCHALLREDUZIERUNG EINES ROTORBLATTES FÜR EINE WINDTURBINE

(57) Abstract

Different shapes of rotor blades for wind energy plants are known. In a wind energy plant the rotors and more particularly their blades are the main source of noise. To improve acceptance of wind energy and comply with noise reduction legislation the aim is to work towards keeping noise emissions as low as possible, especially since wind energy plants are often set up near residential areas. The noise at present emitted by wind energy plants or wind energy conversion systems also means that they meet with resistance from sectors of the population. As a result, such plants are sometimes difficult or even impossible to install since, owing to the applicable environmental protection standards and the fact that noise too is considered a form of environmental pollution, the authorities refuse permission for wind energy plants. The aim of the invention is therefore to further reduce the noise emissions of wind energy plants. To this end the invention provides for a rotor blade to have means for reducing a noise emitted by such a blade, said means being embodied by a liquid-repellent layer and/or surface which is configured on at least a partial surface of the rotor blade.



The aim of the invention is therefore to further reduce the noise emissions of wind energy plants. To this end the invention provides for a rotor blade to have means for reducing a noise emitted by such a blade, said means being embodied by a liquid-repellent layer and/or surface which is configured on at least a partial surface of the rotor blade.

(57) Zusammenfassung

Rotorblätter für Windenergieanlagen sind in vielfacher Form bekannt. An einer Windenergieanlage stellen die Rotoren bzw. deren Rotorblätter die Hauptschallquelle dar. Aus akzeptanz- und lärmschutzrechtlichen Gründen soll/muß darauf hingearbeitet werden, die Schallemissionen so gering wie möglich zu halten, da Windenergieanlagen auch oft in der Nähe von Wohngebäuden aufgestellt werden. Die sich mit einer Windenergieanlage bzw. einem Windenergiekonverter bislang einstellenden Schallemissionen führen auch dazu, daß Windenergieanlagen aufgrund der Lärmentstehung Widerständen aus Bevölkerungskreisen entgegenstehen und sich diese Anlagen deswegen teilweise schwer oder gar nicht durchsetzen können, da die Genehmigungsbehörden wegen der bestehenden Umweltauflagen – auch Lärm ist ein Umweltbelastungsfaktor – die Genehmigung von Windenergieanlagen verweigern. Es ist daher das Ziel der Erfindung, die Schallemission von Windenergieanlagen weiter zu verbessern. Windenergieanlagen-Rotorblatt mit Mitteln zur Verminderung des durch ein Rotorblatt erzeugten Schalls, wobei das Mittel durch eine flüssigkeitsabweisende Schicht und/oder Oberfläche gebildet wird, die wenigstens auf einer Teilfläche des Rotorblattes ausgebildet ist.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

SCHALLREDUZIERUNG EINES ROTORBLATTES FÜR EINE WINDTURBINE

Rotorblätter für Windenergieanlagen sind in vielfacher Form bekannt. An einer Windenergieanlage stellen die Rotoren bzw. deren Rotorblätter die Hauptschallquelle dar. Aus akzeptanz- und lärmschutzrechtlichen Gründen soll/muß darauf hingearbeitet werden, die Schallemissionen so gering wie möglich zu halten, da Windenergieanlagen auch oft in der Nähe von Wohngebäuden aufgestellt werden. Die sich mit einer Windenergieanlage bzw. einem Windenergiekonverter bislang einstellenden Schallemissionen führen auch dazu, daß Windenergieanlagen aufgrund der Lärmentstehung Widerständen aus Bevölkerungskreisen entgegenstehen und sich diese Anlagen deswegen teilweise schwer oder gar nicht durchsetzen können, da die Genehmigungsbehörden wegen der bestehenden Umweltauflagen -auch Lärm ist ein Umweltbelastungsfaktor - die Genehmigung von Windenergieanlagen verweigern.

Es sind bereits vielfach Vorschläge gemacht worden, ein Rotorblatt einer Windenergieanlage konstruktiv so zu verändern, daß sich eine Schallreduktion einstellt. Beispielhaft sei hier auf die Dokumentation, wie sie in EP-A-0 652 367 oder DE 196 14 420.5 veröffentlicht ist, verwiesen.

Allerdings ist die Reduzierung des Schalls durch konstruktive Maßnahmen am Rotorblatt nur begrenzt möglich.

Es ist daher das Ziel der Erfindung, die Schallemission von Windenergieanlagen weiter zu verbessern.

Dieses Ziel wird erfindungsgemäß mit einem Rotorblatt mit den Merkmalen nach Anspruch 1 erreicht. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den weiteren Ansprüchen beschrieben.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß, wenn die Oberfläche eines Rotorblattes wenigstens teilweise mit einer flüssigkeits- und/oder eisabweisenden Schicht versehen wird, das Rotorblatt auch rauher wird. Anstatt also das Rotorblatt mit einer Beschichtung aus einem Farbanstrich zu versehen, welcher dem Rotorblatt oberseitig eine größtmögliche Glätte verleiht, wird genau das Gegenteil gemacht, nämlich eine in der Mikrostruktur rauhe Oberfläche gegeben. Solche Oberflächen sind beispielsweise auch von Lacken oder Beschichtungen bekannt, die die Funktionalität des sogenannten "Lotuseffekts" erfüllen, so daß Wasser/Eis nur schwach an der Oberfläche haftet. Hierbei besteht die Beschichtung, die aus einem Farbanstrich geschaffen wird aus einer Art Nagelbett in Nanogröße. Diese Nano-Nägel des Nagelbetts rauhen die Oberfläche des Rotorblattes nicht nur auf, sondern verleihen der Oberfläche auch eine geringere Härte, weil die einzelnen Nano-Nägel auch in ihrer Längsrichtung verformbar sind, bzw. in ihrer Struktur erheblich weicher sind, als die Glasfaserbeschichtung eines Rotorblattes.

Somit bewirkt die "Lotus-"Beschichtung auf dem Rotorblatt, daß die sich auf der Oberseite des Rotorblattes ausbildenden Wirbel durch die weiche Struktur der Oberfläche gedämmt werden bzw. den Luftwirbeln Energie entzogen wird, so daß insgesamt - wie festgestellt worden ist - der sich beim Rotieren des Rotorblattes einstellende Schall reduziert wird.

Als selbstreinigende Beschichtung bzw. Anstrich, mit dem eine erhebliche Schallreduzierung eines Rotorblattes im Betrieb erreicht werden kann, sei die Mikro-Silikonfarbe "Lotusan" (Marke der Firma ispo GmbH, ein Unternehmen der Dyckerhoff-Gruppe) genannt. Diese Mikro-Silikonfarbe wird von dem Unternehmen unter der Artikelbezeichnung Nr. 1950 vertrieben und als schmutz- und wasserabweisend beschrieben. Es ist auch möglich, die Beschichtung durch eine Folie auszubilden, deren Oberflächenstruktur eine wasserabweisende Schicht bildet. Selbstreinigende Oberflächen (und ihre Herstellung) sind auch aus EP 0 772 514 bekannt.

Die Erfindung ist beispielhaft auch anhand der Fig. 1 und 2 erläutert.

Fig. 1 zeigt die Ansicht einer Windenergieanlage mit einem Rotor, welcher drei Rotorblätter 10 aufnimmt. In Fig. 1 ist eine Windenergieanlage vom Typ E-40 der Firma Enercon dargestellt.

Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt eines Rotorblattes im Querschnitt. Hierbei ist zu sehen, daß sich auf der Oberfläche eine Beschichtung 1 bzw. ein Anstrich befindet, welcher ein Nagelbett 2 bildet, welches aus "Nano-Nägeln" 3 besteht. Der Abstand A zwischen den Nano-Nägeln liegt im Bereich von etwa 2 bis 250 μm und die Höhe H der Nano-Nägel liegt im Bereich von etwa 2 bis 250 μm . Die Nano-Nägel bestehen zum Beispiel aus hydrophoben Polymeren oder haltbar hydrophobierten Materialien. Besonders gute Ergebnisse zur Verminderung des durch das Rotorblatt erzeugten Schalls werden erzielt, wenn die Nano-Nägel eine Höhe von etwa 5 bis 60 μm aufweisen und ihr Abstand untereinander in etwa im Bereich von 5 bis 110 μm liegt.

Die Beschichtung des Rotorblattes mit einer Mikro-Silikonfarbe (zum Beispiel "Lotusan") hat auch zur Folge, daß Wasser (H_2O) bzw. andere Flüssigkeiten nicht auf der Rotorblattoberfläche haften bleiben. Somit wird auch jedem Eisansatz von vornherein die Grundlage entzogen.

Vorzugsweise ist die Beschichtung nicht zur Gänze auf dem Rotorblatt aufgebracht, sondern nur im letzten Drittel (vom Rotor aus gesehen) des Rotorblattes und dort bevorzugt im Bereich der Rotorblattspitze bzw. an der Rotorblatthinterkante und -vorderkante.

Durch die Ausbildung der Nano-Nägel 3 weist die Oberfläche des Rotorblattes eine sehr große Unregelmäßigkeit bzw. Rauigkeit auf, so daß die Massenanziehung von Wassertropfen 4 (Moleküle) und der Rotorblattoberfläche nicht ausreicht, daß die Wassermoleküle daran haften bleiben. Die Nano-Nägel halten somit die Wasser-Fremdmoleküle quasi auf Abstand zur Oberfläche 6 des Rotorblattes, wodurch die Anziehungskraft zwischen den Wassermolekülen und der Oberfläche drastisch verringert ist.

Gleichzeitig haben die Nano-Nägel 3 für die Schallreduzierung quasi die Funktion eines "(Schall-)Stoßdämpfers", weil Wirbel (nicht dargestellt), die sich auf der Oberfläche des Rotorblattes naturgemäß ausbilden und die für die Schallerzeugung sorgen, auf die Nano-Nägel treffen, die ihrerseits durch ihre relativ große Beweglichkeit, verglichen zur starren Glasfaserstruktur des Rotorblattes, die Energie der Wirbel aufnehmen können und somit den Luftwirbeln Energie entziehen, so daß der

Schall reduziert wird.

Die Beschichtung kann durch einen Anstrich oder durch eine aufgeklebte Folie gebildet werden.

Die vorgenannte Beschichtung kann nicht nur auf einem Rotorblatt oder Teilen hiervon aufgebracht werden, sondern auch auf anderen Teilen der Windenergieanlage, beispielsweise am Turm 7 der Windenergieanlage und/oder an der Verkleidung 8. Diese Verkleidung - üblicherweise auch Gondel genannt - befindet sich am Kopfende des Turms und umgibt regelmäßig den Generator der Windenergieanlage oder weitere Teile der Windenergieanlage, welche nicht direkt den Umwelteinflüssen ausgesetzt werden sollen. Die Beschichtung kann hierbei nicht nur außen am Turm bzw. des Rotorblatts und/oder der Verkleidung angebracht werden, sondern auch innenseitig. Hierzu ist es vorteilhaft, wenn innen- und/oder außenseitig Abtropfrinnen (nicht dargestellt) vorgesehen sind, über die beispielsweise das am Turm und/oder an der Verkleidung ablaufende Wasser aufgefangen, gesammelt und kontrolliert abgeführt werden kann. Solche Rinnen verlaufen bevorzugt im wesentlichen senkrecht (oder leicht geneigt hierzu) zur Turmlängsachse an der Turmwandung und die aufgefangene Flüssigkeit wird über ein angeschlossenes Fallrohr abgeführt.

Die Reduzierung der Schallentwicklung kann alternativ oder in Ergänzung zu der vorbeschriebenen Lösung auch dadurch erreicht werden, daß das Rotorblatt eine spezielle Oberfläche aufweist nach Art einer "Haifischhaut". Diese Oberfläche kann durch eine Folienbeschichtung geschaffen werden. Eine solche Folie wird beispielsweise von der Firma 3M unter der Typenbezeichnung 3M 8691 Drag Reduction Tape (Riblet Tape) vertrieben. Diese Folie wurde im Auftrag der Luftfahrtindustrie mit dem Ziel entwickelt, die Einsparung von Brennstoff bei Flugzeugen durch diese spezielle "Haifischhaut"-Oberfläche zu erreichen.

Die Struktur einer solchen "Haifischhaut-Folie" ist beispielsweise aus Veröffentlichungen von Dittrich W. Bechert (Abteilung Turbolenzforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)) bekannt. Die Struktur einer "Haifischhaut-Folie" (Beschichtung) ist unter anderem auch in EP 0 846 617, DE-C-36 09 541 oder DE-C-34 14 554 detailliert beschrieben. Zur Vermeidung von Wiederholungen sei der Inhalt aller vorbeschriebenen Druckschriften auch Inhalt der vorliegenden Anmeldung.

Da der Schall bei Flugzeugen im wesentlichen durch die Triebwerke bestimmt ist, wird der von den Flugzeugen hervorrufene Schall nicht reduziert, zumal sich die

Schallpegel, die aufgrund der aerodynamischen Begebenheiten am Flugzeug (Tragfläche) erzeugt werden, unterhalb der Mithörschwelle liegen und deshalb nicht wahrgenommen werden können.

Eine Folie nach dem Prinzip von Haifischhaut (unter einer entsprechenden Oberfläche) wurde von einem Ingenieurteam um Herrn Dr. Dietrich W. Bechert der Abteilung Turbulenzforschung des deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) an der TU Berlin entwickelt. Bei einer solchen "Haifischhaut"-Folie weist die Oberfläche der Folie feine, in Strömungsrichtung verlaufende Rillen 11 auf. Diese Rillen sind nicht durchgängig, sondern auf Tableaus (Schuppen) 12 aufgebracht, welche ihrerseits versetzt zueinander angeordnet sind, wie dies in Figur 3 dargestellt ist. In dem dargestellten Beispiel weist eine "Schuppe" 12 fünf Rillen 11 auf, die über eine unterschiedlich große Länge verfügen und mit ihrer Längsrichtung senkrecht (oder parallel) zum Radius r des Rotorblattes einer Windenergieanlage ausgerichtet sind. Die Höhe H der Rillen 11 (bzw. Rippen) beträgt hierbei etwa 30 bis 70% des Rillenabstands s und vorzugsweise sind die Rillen (Rippen) keilförmig ausgebildet mit einem Keilwinkel von etwa 5 bis 60°.

Der normierte seitliche Rippenabstand der Haifischhaut-Folien-Oberfläche beträgt hierbei gemäß der Formel $s^+ = (s / \nu y) * \sqrt{\tau_0 / \rho}$ 12 bis 22, wobei s der seitliche Rippenabstand, τ_0 die Wandspannung einer glatten Referenzoberfläche, die der gleichen Strömung ausgesetzt ist, ρ die Dichte des Strömungsmediums (Luft) und νy die kinematische Zähigkeit des Strömungsmediums (Luft) ist. Hierbei ist bevorzugt der normierte Rippenabstand s^+ auf Umfangsgeschwindigkeit (oder Winkelgeschwindigkeit) eines Rotorblatts einer Windenergieanlage im Nennbetrieb abgestimmt. Vorzugsweise ist hierbei auf die Umfangsgeschwindigkeit der Rotorblattspitze bzw. Rotorblattspitzenbereichs (etwa 5 bis 25% der Rotorblattlänge) abgestimmt.

Der Rillenabstand s beträgt dabei etwa 0,001 bis 0,15 mm.

Es ist auch möglich, über die gesamte Rotorblattoberfläche Oberflächenstrukturen mit einem unterschiedlichen Rillenabstand und/oder Schuppenabstand vorzusehen, so dass die Abstimmung des normierten Rillenabstands stets auf die jeweilige Umfangsgeschwindigkeit des Rotors im Nennbetrieb gegeben ist.

Vorzugsweise weisen auch die seitlichen Ansätze der Rippen einen Krümmungsradius von maximal 50%, vorzugsweise maximal 20% des seitlichen Rippenabstands s auf.

Es ist auch vorteilhaft, wenn die Oberfläche der Haifischhaut-Folie zwischen den Rippen einen Krümmungsradius von mindestens 200% des seitlichen Rippenabstands aufweist. Dies ist in einer vergrößerten Querschnittsansicht in Figur 4 dargestellt.

Erste Versuche haben gezeigt, dass die Schallabgabe eines Rotors mit Rotorblättern, die die vorbeschriebene Haifischhaut-Folie aufweisen (und damit auch die entsprechende beschriebene Oberfläche) um etwa 0,2 bis 3 dB (je nach Umfangsgeschwindigkeit und Böenverhältnissen) reduziert werden konnten.

Eine zu den vorbeschriebenen Schallreduktions-Maßnahmen alternative oder ergänzende Maßnahme kann auch darin bestehen, Teilbereiche eines Rotorblattes, insbesondere die Rotorblattvorderkante mit einem Erosionsschutzlack zu versehen. Als solcher Erosionsschutzlack kann beispielsweise ein lösemittelhaltiger 2-Komponenten-PUR-Lack mit teflonähnlichen Oberflächeneigenschaften vorgesehen werden. Bislang werden auf Rotorblattvorderkanten Erosionsschutzfolien aufgeklebt, um die Erosion der Rotorblattvorderkante durch Schmutzteilchen/Regen/Hagel etc. zu verhindern. Das Aufkleben dieser Folie ist sehr aufwendig und muß mit größter Sorgfalt durchgeführt werden, um ein baldiges Ablösen im Betrieb zu verhindern. Trotz größter Sorgfalt kommt es dann doch immer wieder vor, daß sich die aufgebrachtten Folien lösen, was unter Umständen auch zur Erhöhung des Schallpegels im Betrieb führen kann, in jedem Fall aber hohe Servicekosten verursacht, da die abgelösten bzw. abstehenden Folienteile (Folienecken) wieder am Rotorblatt neu befestigt werden müssen oder neue Folien angebracht werden müssen.

Als Erosionsschutzlack, mit welchem die Probleme der bekannten Erosionsschutzfolie beseitigt werden können, eignet sich eine Gleitversiegelung, wie sie von der Firma Coelan unter der Kennzeichnung VP 1970M angeboten wird. Hierbei handelt es sich um einen lösemittelhaltigen 2-Komponenten-PUR-Lack mit teflonähnlichen Oberflächeneigenschaften sowie folgenden Charakteristika:

Festkörpergehalt:	Komponente A	: ca. 60%
	Komponente B	: ca. 5%
	Mischung	: ca. 32%
Flammpunkt:	-22°C	
Dichte:	Komponente A	: 1,11 g/cm ³ (20°C)

	Komponente B	: 0,83 g/cm ³ (20°C)
Viskosität:	Komponente A	: ca. 80 s DIN 4 (23°C)
	Komponente B	: < 10 s DIN 4 (23°C)
Verarbeitungszeit:	ca. 16 h im geschlossenen Behälter	
Hautbildung:	ca. 30 min	(20°C; 50% relative Luftfeuchtigkeit)
Klebfrei nach:	ca. 2 h	(20°C; 50% relative Luftfeuchtigkeit)
Durchtrocknung:	ca. 96 h	(20°C; 50% relative Luftfeuchtigkeit)
Pendelhärte:	147 Sekunden	(nach König; DIN 53157)
Schnellbewitterung: (QUV-Test)	2350 h UV-A mit dem Q-Panel-Gerät bestanden 2430 h UV-B mit dem Q-Panel-Gerät bestanden	
Mischungsverhältnis:	Komponente A	: 100 Gewichtsteile
	Komponente B	: 100 Gewichtsteile

Dieser Lack ist für den Bootsbau entwickelt worden, seine Verwendung bei Rotorblättern zur Verringerung der Geräusentwicklung ist bislang jedoch noch nie vorgeschlagen worden und sehr vorteilhaft, weil hierdurch die bekannte Erosionsschutzfolie ersetzt und ihre Probleme beseitigt werden können.

A n s p r ü c h e

1. Windenergieanlagen-Rotorblatt mit Mitteln zur Verminderung des durch ein Rotorblatt erzeugten Schalls, wobei das Mittel durch eine flüssigkeitsabweisende Schicht und/oder Oberfläche gebildet wird, die wenigstens auf einer Teilfläche des Rotorblattes ausgebildet ist.
2. Rotorblatt nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die flüssigkeitsabweisende Schicht wenigstens dort aufgetragen ist, wo beim Rotieren des Rotorblattes wesentlich der Schall erzeugt wird.
3. Windenergieanlagen-Rotorblatt mit wenigstens einer teilweisen Beschichtung, welche dem Rotorblatt in seiner Mikrostruktur eine sehr große Unebenheit verleiht, so daß Wassertropfen keinen Halt auf der Rotorblattoberfläche finden, so daß Wassertropfen und/oder ein Eisansatz (Eiskristalle) keinen Halt auf der Rotorblattoberfläche finden und die Schallerzeugung des Rotorblattes im Betrieb der Windenergieanlage vermindert wird.
4. Rotorblatt für eine Windenergieanlage, wobei die Oberfläche des Rotorblattes wenigstens teilweise mit einer Beschichtung versehen ist, so daß die Oberfläche des Rotorblattes im beschichteten Bereich weicher ist als im unbeschichteten Bereich.
5. Rotorblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht eine Oberflächenstruktur aus Erhebungen und Vertiefungen aufweist, daß der Abstand zwischen den Erhebungen im Bereich von 2 bis 250 μm und die Höhe der Erhebungen im Bereich von 2 bis 250 μm und bevorzugt die Erhebungen aus hydrophoben Polymeren oder haltbar hydrophobierten Materialien bestehen, welche nicht durch natürlichen Regen ablösbar sind.
6. Rotorblatt, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die wasserabweisende Schicht eine Oberfläche aufweist, die ähnlich wie eine "Haifischhaut" ausgeformt ist.
7. Rotorblatt nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Rotorblatt eine Oberfläche für eine von einer eine

Strömungshauptrichtung aufweisenden Strömung turbulent überströmten Wand aufweist, mit in der Strömungshauptrichtung ausgerichteten und seitlich zu der Strömungshauptrichtung beabstandeten Rippen, deren Höhe etwa 30 bis 70% des seitlichen Rippenabstandes beträgt.

8. Rotorblatt nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Rippen keilförmig ausgebildet sind, vorzugsweise in einem Keilwinkel von etwa 10 bis 60°.

9. Rotorblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der normierte seitliche Rippenabstand

$$s^+ = (s / \nu y) * \sqrt{(\tau_0 / \rho)}$$

12 bis 22 beträgt, wobei s der seitliche Rippenabstand, τ_0 die Wandschubspannung einer glatten Referenzoberfläche, die der gleichen Strömung ausgesetzt ist, ρ die Dichte des Fluids und ν die kinematische Zähigkeit des Fluids ist.

10. Rotorblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der normierte Rippenabstand s^+ auf die Umfangsgeschwindigkeit des Rotorblatts abgestimmt ist, vorzugsweise auf die Umfangsgeschwindigkeit des Rotorblattspitzenbereichs (im Nennbetrieb) abgestimmt ist.

11. Rotorblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der seitliche Rippenabstand s 0,001 bis 0,15 mm beträgt.

12. Rotorblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die seitlichen Ansätze der Rippen einen Krümmungsradius von maximal 5 bis 35% des seitlichen Rippenabstands s aufweisen.

13. Rotorblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche zwischen den Rippen einen Krümmungsradius von mindestens 100%, vorzugsweise 200 bis 400% des seitlichen Rippenabstands aufweist.

14. Rotorblatt, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf Teilbereiche des Rotorblattes, vorzugsweise auf die Rotorblattvorderkante ein Erosionsschutzlack aufgebracht wird, welcher teflonähnliche Oberflächeneigenschaften aufweist.

15. Rotorblatt nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Erosionsschutzlack ein lösemittelhaltiger 2-Komponenten-PUR-Lack ist.

16. Windenergieanlage mit einem Rotorblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

17. Windenergieanlage bestehend aus einem Rotor mit mindestens einem Rotorblatt, einem Turm sowie einer Verkleidung (Gondel), welche wenigstens einen Generator der Windenergieanlage umgibt, wobei wenigstens eines der vorgenannten Elemente wie Rotorblatt, Turm (innen- oder außenseitig) und/oder Verkleidung (Gondel) mit einer wasserabweisenden Schicht nach einer der vorstehenden Ansprüche versehen ist, die wenigstens auf einer Teilfläche des Rotorblattes, des Turms und/oder der Verkleidung aufgebracht ist.

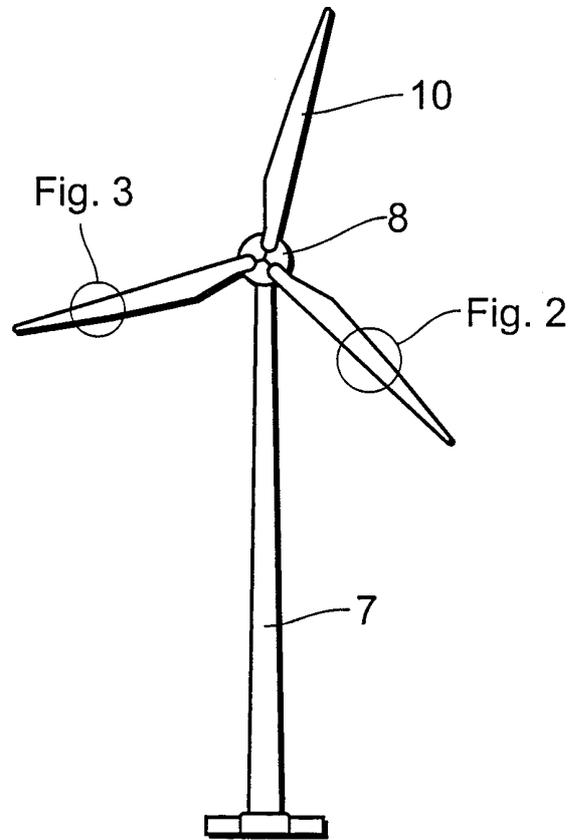


Fig. 1

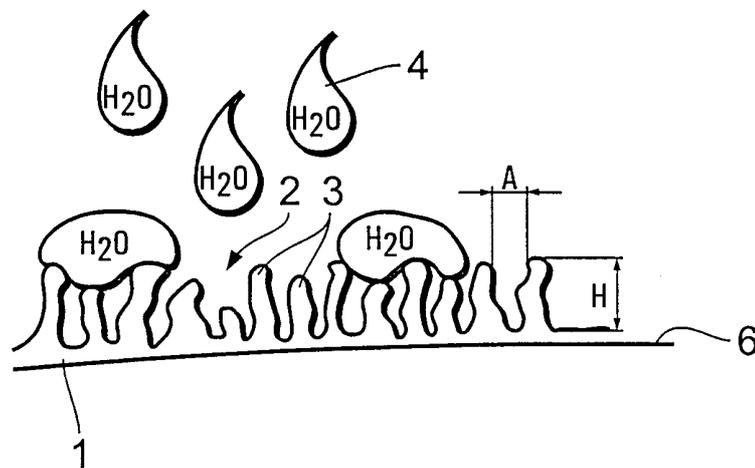


Fig. 2

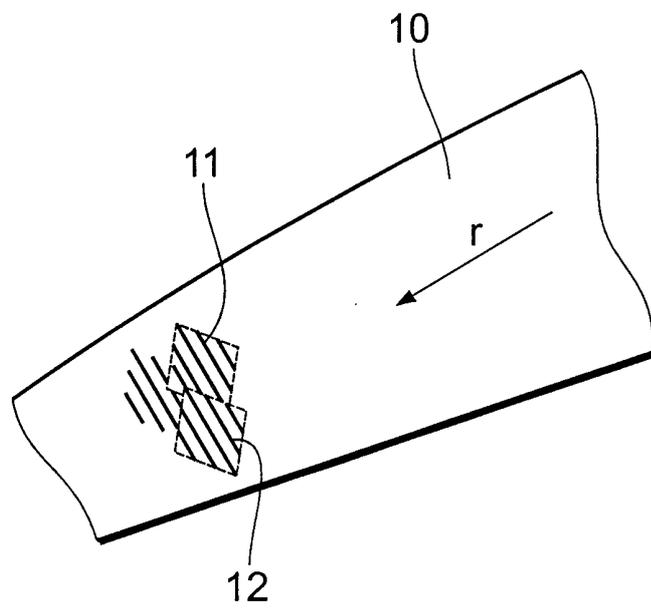


Fig. 3

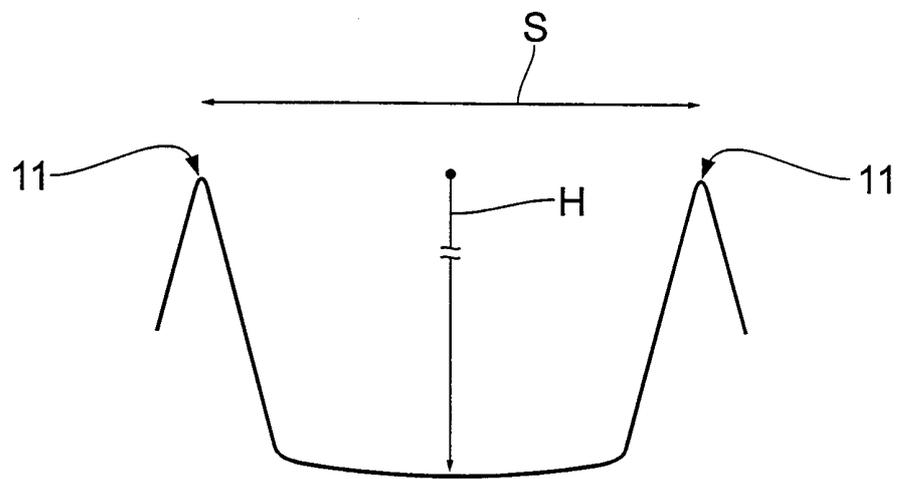


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Appl. No.

PCT/EP 99/09691

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 F03D11/00 F03D1/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 F03D B64C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 659 641 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 28 June 1995 (1995-06-28)	1-4, 16, 17
Y	column 17, line 9 - line 20; figures 32,33	5,7-15
Y	---	6,14,15
Y	US 5 109 442 A (KLAINER STANLEY M ET AL) 28 April 1992 (1992-04-28)	1-4, 16, 17
Y	abstract	5,7-15
Y	column 2, line 22 - line 52; figure 1	6,14,15
Y	EP 0 284 187 A (ROLLS ROYCE PLC) 28 September 1988 (1988-09-28)	5,7-15
	abstract; figures	

	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 April 2000

Date of mailing of the international search report

20/04/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Criado Jimenez, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intel. .ional Application No
PCT/EP 99/09691

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 354 022 A (MINNESOTA MINING & MFG) 7 February 1990 (1990-02-07) abstract claims 1,3 column 2, line 21 - line 62 ----	6
Y	US 4 071 688 A (LYNCH JEROME G ET AL) 31 January 1978 (1978-01-31) abstract -----	14
Y	DE 39 03 704 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 9 August 1990 (1990-08-09) column 5, line 45 -column 6, line 31 -----	15
A	US 4 759 516 A (GROSE RONALD D) 26 July 1988 (1988-07-26) abstract; figure 2 -----	5-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/09691

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0659641 A	28-06-1995	DE 69416970 D DE 69416970 T JP 7225048 A	15-04-1999 14-10-1999 22-08-1995
US 5109442 A	28-04-1992	CA 2078786 A EP 0522089 A WO 9114957 A	29-09-1991 13-01-1993 03-10-1991
EP 0284187 A	28-09-1988	DE 3772448 A DE 3779961 A DE 3865715 A EP 0246914 A EP 0246915 A EP 0246916 A JP 63263198 A US 4863121 A US 4865271 A US 4930729 A US 5026232 A US 5386955 A	02-10-1991 30-07-1992 28-11-1991 25-11-1987 25-11-1987 25-11-1987 31-10-1988 05-09-1989 12-09-1989 05-06-1990 25-06-1991 07-02-1995
EP 0354022 A	07-02-1990	AU 3923289 A BR 8903908 A JP 2081796 A PT 91369 A	08-02-1990 27-03-1990 22-03-1990 08-03-1990
US 4071688 A	31-01-1978	NONE	
DE 3903704 A	09-08-1990	DE 3942369 A	09-08-1990
US 4759516 A	26-07-1988	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/09691

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 F03D11/00 F03D1/06		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 F03D B64C		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 659 641 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 28. Juni 1995 (1995-06-28)	1-4,16, 17
Y	Spalte 17, Zeile 9 - Zeile 20; Abbildungen 32,33	5,7-15
Y	---	6,14,15
Y	US 5 109 442 A (KLAINER STANLEY M ET AL) 28. April 1992 (1992-04-28)	1-4,16, 17
Y	Zusammenfassung	5,7-15
Y	Spalte 2, Zeile 22 - Zeile 52; Abbildung 1	6,14,15
Y	---	
Y	EP 0 284 187 A (ROLLS ROYCE PLC) 28. September 1988 (1988-09-28) Zusammenfassung; Abbildungen	5,7-15

	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 14. April 2000		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 20/04/2000
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Criado Jimenez, F

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 354 022 A (MINNESOTA MINING & MFG) 7. Februar 1990 (1990-02-07) Zusammenfassung Ansprüche 1,3 Spalte 2, Zeile 21 - Zeile 62 ---	6
Y	US 4 071 688 A (LYNCH JEROME G ET AL) 31. Januar 1978 (1978-01-31) Zusammenfassung ---	14
Y	DE 39 03 704 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 9. August 1990 (1990-08-09) Spalte 5, Zeile 45 -Spalte 6, Zeile 31 ---	15
A	US 4 759 516 A (GROSE RONALD D) 26. Juli 1988 (1988-07-26) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	5-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/09691

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0659641 A	28-06-1995	DE 69416970 D	15-04-1999
		DE 69416970 T	14-10-1999
		JP 7225048 A	22-08-1995
US 5109442 A	28-04-1992	CA 2078786 A	29-09-1991
		EP 0522089 A	13-01-1993
		WO 9114957 A	03-10-1991
EP 0284187 A	28-09-1988	DE 3772448 A	02-10-1991
		DE 3779961 A	30-07-1992
		DE 3865715 A	28-11-1991
		EP 0246914 A	25-11-1987
		EP 0246915 A	25-11-1987
		EP 0246916 A	25-11-1987
		JP 63263198 A	31-10-1988
		US 4863121 A	05-09-1989
		US 4865271 A	12-09-1989
		US 4930729 A	05-06-1990
		US 5026232 A	25-06-1991
		US 5386955 A	07-02-1995
EP 0354022 A	07-02-1990	AU 3923289 A	08-02-1990
		BR 8903908 A	27-03-1990
		JP 2081796 A	22-03-1990
		PT 91369 A	08-03-1990
US 4071688 A	31-01-1978	KEINE	
DE 3903704 A	09-08-1990	DE 3942369 A	09-08-1990
US 4759516 A	26-07-1988	KEINE	