

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Anmeldenummer: GM 270/2012
(22) Anmeldetag: 25.06.2012
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.04.2013
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2013

(51) Int. Cl. : **F03D 11/00** (2006.01)
B64D 15/20 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 0249296 A2 DE 10160522 A1
DE 102004060449 A1
US 5005005 A

(73) Gebrauchsmusterinhaber:
BACHMANN GMBH
6800 FELDKIRCH (AT)

(72) Erfinder:
Mikuta Reinhard Dr.
Schönebeck/Elbe (DE)
Iwert Thomas
Roßdorf (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Erfassung des Eisansatzes und der Vereisungsrate an den Rotorblättern einer Windenergie-Anlage**

(57) Verfahren und Vorrichtung zum Erfassung des Eisansatzes und der Vereisungsrate an den Rotorblättern (1) einer Windenergieanlage, wobei auf dem Rotorblatt (1) mindestens ein optisches Sensorelement (4) angeordnet ist, dessen Signale über eine optische Übertragungsstrecke (40-43) längs des Rotorblattes (1) in Richtung zur Blattwurzel (1a) oder zur Rotornabe übertragen werden. Das Sensorelement (4) besteht in einer bevorzugten Bauform aus zwei nebeneinander angeordneten und vom Eisbelag (7) beaufschlagten Lichtwellenleitern (5,6), von denen der eine LWL als aktiver lichtaussendender LWL (6) und der andere LWL als passiver, lichtempfangender LWL (5) ausgebildet ist.

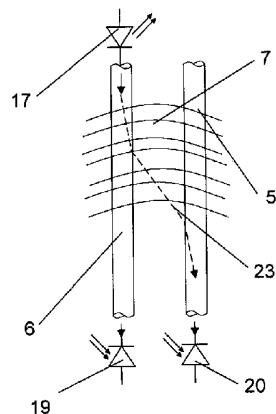


Fig. 7

Wichtiger Hinweis:

Die in dieser Gebrauchsmusterschrift enthaltenen Ansprüche wurden vom Anmelder erst nach Zustellung des Recherchenberichtes überreicht (§ 19 Abs.4 GMG) und lagen daher dem Recherchenbericht nicht zugrunde. In die dem Recherchenbericht zugrundeliegende Fassung der Ansprüche kann beim Österreichischen Patentamt während der Amtsstunden Einsicht genommen werden.

Beschreibung

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERFASSUNG DES EISANSATZES UND DER VEREISUNGSRATE AN DEN ROTORBLÄTTERN EINER WINDENERGIE-ANLAGE

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung des Eisansatzes an den Rotorblättern einer Windenergieanlage nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Ein bei der Nutzung der Windenergie auftretendes Problem besteht in einer möglichen Vereisung der Rotorblätter.

[0003] Vereisung tritt typischerweise auf bei Lufttemperaturen zwischen -10 C bis +5 C sowie tief hängenden Wolken oder Bodennebel, in denen sich unterkühlte Wassertropfen angesammelt haben. Der Rotor wirkt als Kondensationsfläche, auf der die unterkühlten Wassertropfen beim Auftreffen sofort zu Eiskristallen gefrieren. Die Rotorblattspitze mit dem größten Bahnumfang und der höchsten Bahngeschwindigkeit verzeichnet dabei die höchste Tröpfchen-Sammelrate. Dies erklärt die Zunahme der akkumulierten Eisschicht in Richtung der Blattspitze (vgl. Artikel „Schwarzer Frost“, Erneuerbare Energien, Februar 2010, S. 46 ff).

[0004] Eisablagerungen an Rotorblättern beeinflussen die aerodynamischen Blatteigenschaften und führen zu Leistungseinbußen bei der Erzeugung von Elektrizität und sind daran zu erkennen, dass die Leistungskennlinie (anlagenspezifischer Zusammenhang zwischen mittl. Windgeschwindigkeit und Anlagenleistung) verlassen wird, d. h. die Leistung deutlich einbricht. Neben monetären Aspekten stellt der mögliche „Eisabwurf“ auch eine Gefahr für Personen und Güter dar.

STAND DER TECHNIK:

[0005] Moderne Anlagen verfügen in der Regel über eine Eiserkennung. Diese ist meistens indirekt ausgeführt und basiert auf der Analyse meteorologischer Daten (Temperatur, Feuchte) sowie Windsensorstatus und Anlagenleistung. Der Vereisungsnachweis erfolgt bei dieser Methode somit nur indirekt und ebenfalls nur referenzierend auf der Gondel (Maschinenhaus) der Anlage. Die Vereisungsverhältnisse auf der Gondel und am Rotorblatt sind aber verschieden, sodass große Sicherheitstoleranzen bei der Modellbildung zu berücksichtigen sind. In der Praxis führt das häufig zu unnötig langen Abschaltungen von Anlagen und damit verbunden zu Ertragsausfällen.

[0006] Ebenfalls bekannt sind Systeme, die über Beschleunigungsmessungen in den Rotorblättern (Fa. IGUS ITS GmbH) oder Dehnungsmessungen (Fa. Moog / Insensys) deren Vereisung indirekt detektieren. Dazu werden Änderungen der Eigenfrequenzen und/oder Biegemomente infolge der zusätzlichen Massenzunahme analysiert. Die Detektion der Vereisung und die Bestimmung eines Abschaltpunktes der Anlage sind auch mit diesen Methoden gewährleistet, schwieriger ist es auch hier, den Zeitpunkt der Wiederinbetriebnahme (nach Abtauen des Eises) aus den Messungen zu ermitteln.

[0007] Nachteil des o. g. Standes der Technik ist demgemäß, dass ein Eisansatz an Rotorblättern bisher nicht auf direktem Wege mit einer optischen Methode bekannt war. Die vorher genannten Anordnungen nach dem Stand der Technik arbeiten mit drahtgebundenen Sensoren, die möglichst bei drehenden Rotorblättern vermieden werden sollten. Weil die Drahtführung bis in die Rotorspitze unerwünscht ist, waren die bisher bekannten Messvorrichtungen lediglich auf die Rotorblattwurzel beschränkt, und die Messordnung konnte deshalb nicht bis in die Nähe der Rotorspitze geführt werden.

[0008] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung des Eisansatzes an den Rotorblättern nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 so weiterzubilden, dass es möglich ist, die Vorrichtung bis in die Nähe der Rotorspitze anzuordnen, und dass eine möglichst drahtlose Verbindung zwischen der Rotorblattwurzel und der Messanordnung gegeben ist.

[0009] Zur Lösung der gestellten Aufgabe ist die Erfindung durch die technische Lehre des Anspruchs 1 gekennzeichnet.

[0010] Im Folgenden wird eine Methode zur direkten Detektion der Vereisung vorgeschlagen, welche die genannten Nachteile überwindet.

BEGRIFFSVERWENDUNG:

[0011] LWL ... Lichtwellenleiter, hierzu zählen alle Materialien / Körper und deren Geometrien und Aggregatzustände, in denen sich Licht ausbreiten kann. (Es besteht damit keine explizite Einschränkung auf bekannte Ausführungen von optischen Fasern.)

[0012] Licht ... beinhaltet keine Einschränkungen auf spezielle Eigenschaften, denkbar wäre weißes, farbiges oder monochromatisches Licht, un- oder polarisiert, un- oder moduliert, kohärent (Laser) und unkohärent.

[0013] Die Grundidee basiert auf einer allgemeinen Beeinflussung der Lichtausbreitung an Grenzflächen beim Übergang des Lichtes von einem Medium in ein anderes.

[0014] Dazu wird Licht in einen geeignet gestalteten LWL eingekoppelt. Die Methode nutzt die sich ändernden Beugungs- und Brechungseigenschaften an den Grenzflächen eines solchen LWL bei auftretender Vereisung zur Detektion derselben.

[0015] Die an der Grenzfläche des LWL eintretende Veränderung (durch z. B. Vereisung) kann dabei die Lichteigenschaften unterschiedlich beeinflussen, sodass auch verschiedene Nachweismethoden und deren Kombination möglich sind.

EINFLÜSSE AUF DIE LICHTEIGENSCHAFTEN

[0016] (sowohl integral als auch spektral bzw. wellenlängenspezifisch möglich)

[0017] Streuung, Beugung,

[0018] Brechung, Reflexion,

[0019] Absorption, Transmission

[0020] Polarisation,

[0021] Interferenz

ÄNDERUNGEN VON LICHTEIGENSCHAFTEN

[0022] (sowohl integral als auch spektral bzw. wellenlängenspezifisch möglich)

[0023] Amplitude bzw. Intensität,

[0024] Phase,

[0025] Geometrie des Lichtweges,

[0026] Polarisationszustand,

[0027] Spektrum, Wellenlänge

[0028] Die durch einen Eisbelag auf dem Sensorelement bewirkten Veränderungen der Lichteigenschaften dieses Sensorelements werden einzeln oder in beliebiger Kombination untereinander als erfindungswesentlich beansprucht. Hierbei wird vorausgesetzt, dass sich der Eisbelag auf mindestens einem Lichtwellenleiter LWL ablagert und dessen Lichteigenschaften verändert.

[0029] Wesentliches Merkmal der Erfindung ist, dass das Verfahren nach der Erfindung das Grundprinzip der Eisdetektion durch Änderung der Brechungs- und Beugungsverhältnisse für Lichtwellen in optischen Körpern durch eine Änderung des Mediums, welches den optischen Körper umgibt, verwendet.

[0030] Mit der gegebenen technischen Lehre ergibt sich der wesentliche Vorteil, dass nun rein

optisch ein Eisansatz und ein sich später aus dem Eisansatz bildender Eisbelag optisch berührungslos erkannt werden kann.

[0031] Von besonderem Vorteil ist, dass das erfindungsgemäße Verfahren leitungslos, das heißt ohne elektrische Leitungen, im Rotorblatt funktioniert, denn nach einer Weiterbildung des Verfahrens ist es vorgesehen, dass zu dem in der Nähe der Blattspitze angeordneten, optisch arbeitenden Sensorelement entlang des Rotorblattes zuführende und abführende Lichtwellenleiter verlegt sind.

[0032] Damit besteht der wesentliche Vorteil, dass in dem Rotorblatt selbst keine elektrisch leitfähigen Leitungen verlegt werden müssen. Solche Leitungen sind unerwünscht, denn sie sind Blitzeinschlag-gefährdet. Bei einem Blitzeinschlag besteht die Gefahr über solch eine elektrisch leitende Verbindung Überspannungen auf andere Komponenten der Steuerungs- und Erfassungseinrichtungen einer Windenergieanlage zu übertragen, was zu einem Totalausfall der kompletten Windenergieanlage führen kann.

[0033] Hier setzt die Erfindung ein, die ein rein optisches Verfahren verwendet, bei dem die optische Zu- und Abführung der Lichtwellen über längs des Rotorblattes verlegte ab- und zuführende Lichtwellenleiter erfolgt. Erfinder:

[0034] Thomas Iwert, Bachmann Monitoring, Rudolstadt

[0035] Dr.-Ing. Reinhard Mikuta Institut für Mikro- und Sensorsysteme

[0036] (IMOS) Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

[0037] Grundprinzip zur Eisdetektion ist die Änderung der Brechungs- und Beugungsverhältnisse für Lichtwellen in optischen Körpern durch eine Änderung des Mediums, welches den optischen Körper umgibt.

[0038] Als optische Körper bzw. Lichtwellenleiter (LWL) werden alle Medien bzw. Objekte bezeichnet, in denen sich Lichtwellen ausbreiten können.

[0039] Das Messprinzip beruht auf der Auswertung der Änderung mindestens einer charakteristischen Größe der sich im LWL ausbreitenden Lichtwellen durch eine brechungs- oder beugungsrelevante Änderung des umgebenen Mediums.

[0040] Beispielsweise kann es an der Grenzfläche zwischen LWL und dem Umgebungsmedium Luft zur Totalreflexion kommen. Dagegen kann bei Eisansatz an der Grenzfläche (Übergang LWL zum Medium Eis) ein Teil der Lichtwellen durch Brechung und/oder Beugung aus dem LWL auskoppeln.

[0041] Die am Ausgang eines LWL detektierbaren Lichtwellen sind dabei in mindestens einer charakteristischen Eigenschaft verändert.

AUFBAUVARIANTE 1: DIFFERENZIELLER AUFBAU MIT MESS- UND REFERENZSTRECKE

[0042] Der messtechnische Aufbau besteht aus einer LWL-Messstrecke und einer LWL-Referenzstrecke. Die LWL-Messstrecke ist an ihrer Grenzfläche teilweise oder vollständig dem umgebenen Medium ausgesetzt. Eine brechungs- und beugungsrelevante Änderung des Umgebungsmediums führt zu mindestens einer Änderung von charakteristischen Lichteigenschaften im LWL.

[0043] Die LWL-Messstrecke ist durch mindestens eine Krümmung in ihrer Geometrie gekennzeichnet.

[0044] LWL-Medium der Messstrecke, Lichteinkopplung und Krümmungsradius sind dabei so gewählt, dass beim Umgebungsmedium Luft die eingekoppelten Lichtwellen an der Grenzfläche des LWL eine Totalreflexion erfahren.

[0045] LWL-Medium der Messstrecke, Lichteinkopplung und Krümmungsradius sind dabei so gewählt, dass beim Umgebungsmedium Eis die eingekoppelten Lichtwellen an der Grenzfläche des LWL im Bereich der Krümmung(en) mindestens teilweise durch Brechung und/oder Beu-

gung ausgekoppelt werden.

[0046] Die LWL-Referenzstrecke ist an ihrer Grenzfläche geeignet geschützt, das umgebene Medium hat keinen Einfluss auf die Lichtausbreitung im LWL.

[0047] Eingangsseitig wird in beide LWL (Mess- und Referenzstrecke) Licht geeigneter Wellenlänge oder Wellenlängen eingekoppelt.

[0048] Ausgangsseitig wird das Licht beider LWL (Mess- und Referenzstrecke) mittels Detektoren (z. B. Fotodioden) geeignet erfasst.

[0049] Die Signale der Detektoren für LWL-Mess- und Referenzstrecke werden auf Unterschiede analysiert.

AUFBAUVARIANTE 2: DIFFERENZIELLER AUFBAU MIT ÜBERKOPPLUNG

[0050] Der messtechnische Aufbau besteht aus einem LWL mit Lichteinspeisung und einem ungespeisten LWL, die in der Weise ausgeführt sind, dass die Überkopplung in den ungespeisten LWL durch Brechung und/oder Beugung erfolgt.

[0051] Der gespeiste und der ungespeiste LWL sind an ihren Grenzflächen teilweise oder vollständig dem umgebenden Medium ausgesetzt.

[0052] Eine brechungsrelevante Änderung des Umgebungsmediums führt zumindest zu einer Änderung von charakteristischen Lichteigenschaften im gespeisten LWL.

[0053] Beim gespeisten LWL-Medium sind Lichteinkopplung und Krümmungsradius dabei so gewählt, dass beim Umgebungsmedium Luft die eingekoppelten Lichtwellen an der Grenzfläche des LWL eine Totalreflexion erfahren.

[0054] Beim gespeisten LWL-Medium sind Lichteinkopplung und Krümmungsradius dabei so gewählt, dass beim Umgebungsmedium Eis die eingekoppelten Lichtwellen an der Grenzfläche des LWL mindestens teilweise durch Brechung und/oder Beugung ausgekoppelt werden.

[0055] Sind beide LWL (gespeist und ungespeist) vom Medium Eis umgeben, so können zumindest teilweise Lichtwellen, welche aus dem gespeisten LWL austreten und sich im Umgebungsmedium Eis ausbreiten, in den ungespeisten LWL einkoppeln.

[0056] Licht aus der Umgebung z.B. durch direkte (Lichteinstrahlung oder Lichtstreuung) wirkt sowohl auf den gespeisten wie auch ungespeisten LWL ein, und kann in annähernd gleichem Maße zumindest teilweise in beide LWL einkoppeln.

[0057] Ausgangsseitig wird das Licht beider LWL (gespeist und ungespeist) mittels Detektoren (z. B. Fotodioden) geeignet erfasst.

[0058] Die Signale der Detektoren für den gespeisten und ungespeisten LWL werden auf Unterschiede analysiert.

AUFBAUVARIANTE 3: LWL ALS OPTISCHER REFLEXIONSKÖRPER MIT LICHTUMLENKUNG UND -AUSKOPPLUNG

[0059] Der messtechnische Aufbau besteht aus einem als LWL ausgeführten optischen Reflexionskörper mit Lichteinspeisung und Detektor. Durch eine geeignete Geometrie des als optischen Reflexionskörper ausgeführten LWL wird der Lichtweg von der Lichtquelle zum Detektor mindestens einmal umgelenkt.

[0060] Der LWL ist an seinen Grenzflächen teilweise oder vollständig dem umgebenden Medium ausgesetzt.

[0061] Eine brechungs- oder beugungsrelevante Änderung des Umgebungsmediums führt zu mindestens einer Änderung von charakteristischen Lichteigenschaften im LWL.

[0062] Das LWL-Medium, seine Geometrie und die Lichteinkopplung sind dabei so gewählt, dass beim Umgebungsmedium Luft die eingekoppelten Lichtwellen an der Grenzfläche des

LWL eine Totalreflexion erfahren.

[0063] Das LWL-Medium, seine Geometrie und die Lichteinkopplung sind dabei so gewählt, dass beim Umgebungsmedium Eis die eingekoppelten Lichtwellen an der Grenzfläche des LWL mindestens teilweise durch Brechung und/oder Beugung ausgekoppelt werden.

[0064] Das im LWL umgelenkte Licht wird mit einem Detektor (z. B. Fotodioden) geeignet erfasst.

[0065] Wesentliches Merkmal der Erfindung ist also, dass eine rein optische Signalleitung im Rotorblatt stattfindet, und zwar über zu- und abführende Lichtwellenleiter, die das in der Nähe der Blattspitze angeordnete Sensorelement mit Lichtwellen versorgen.

[0066] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Vorrichtung zur Erfassung des Eisansatzes und einen sich aus dem Eisansatz bildenden Eisbelages dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei nebeneinander angeordnete Lichtwellenleiter vorhanden sind, von denen der eine Lichtwellenleiter als Referenzlichtwellenleiter ausgebildet ist, und der andere Lichtwellenleiter die Messstrecke darstellt. Mit zunehmender Ausbildung des Eisbelages ändern sich in einem entsprechenden Verhältnis die Lichteigenschaften, zumindest für den als Messstrecke fungierenden LWL, durch die sich an der Grenzfläche ändernden Brechungs- und Beugungsbedingungen.

[0067] Mit der direkten räumlichen Nebeneinander-Anordnung dieser beiden Lichtwellenleiter wird dafür gesorgt, dass der eine als Referenzlichtwellenleiter dienende Lichtwellenleiter von dem gleichen Eisbelag oder Eisansatz überdeckt wird, wie vergleichsweise der andere, in räumlicher Nähe hierzu angeordnete Mess-Lichtwellenleiter.

[0068] Damit wird auch gewährleistet, dass die beiden Lichtwellenleiter gleiche Alterungsbedingungen haben, um eine aussagekräftige Vergleichsmessung zwischen dem Referenzlichtwellenleiter und dem Mess-LWL zu erreichen.

[0069] Es ist nicht lösungsnotwendig, dass die beiden Lichtwellenleiter parallel zueinander angeordnet sind. In einer ersten bevorzugten Ausgestaltung ist es jedoch vorgesehen, dass diese parallel zueinander angeordnet sind, weil hierdurch ein besonders gedrängter Aufbau gegeben ist.

[0070] Im Prinzip spielt es also nur eine Rolle, wie der Mess-LWL verlegt ist, denn dessen Auskopplung über die Mantelfläche des LWL in einen sich darüber ablagernden Eisansatz wird als Maß für den Beginn eines Eisansatzes und dann schließlich für die Zusammensetzung und Dicke des Eisansatzes verwendet.

[0071] Der andere LWL ist nur als reine Referenzlichtleitstrecke ausgebildet und muss nicht von dem gleichen Eisansatz überdeckt sein.

[0072] In einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung ist es jedoch vorgesehen, dass zwei in direkter räumlicher Nähe parallel oder nicht-parallel zueinander angeordnete Lichtwellenleiter vorhanden sind, wobei der eine Lichtwellenleiter das Licht über seine Mantelfläche in einen sich darüber befindlichen Eisbelag einkoppelt, wobei ein gewisser Anteil dieses Streulichtes in einem vom gleichen Eisbelag bedeckten weiteren Mess-LWL aufgefangen wird.

[0073] Das von dem Mess-LWL aufgefangene Streulicht ist dann ein Maß für das Vorhandensein und für die Zusammensetzung und Dicke eines sich auf beiden LWL bildenden Eisbelages.

[0074] Wichtig ist, dass der aktive LWL, der eine Lichteinkopplung erfährt und über dessen Mantelfläche die Lichtauskopplung in einen Eisbelag erfolgt, auch an seinem stirnseitigen Ende eine Empfangsfotodiode aufweist, um festzustellen, welche Lichtmenge durch diesen aktiven LWL hindurchgeleitet wird. Wenn nämlich Fremdlicht auf beide LWL einwirkt, dann wird dieses Fremdlicht sowohl an dem aktiven LWL Einfluss nehmen als auch in gleicher Weise auf dem passiven LWL, der als Mess-LWL ausgebildet ist, und aus der Differenzmessung wird dann der Fremdlichteinfluss wieder eliminiert.

[0075] Die Erfindung ist nicht auf die Auswertung der Lichtintensität beschränkt. In einer ande-

ren Ausgestaltung kann es vorgesehen sein, dass spektral empfindliche Detektoren im Mess-LWL angeordnet sind, was bedeutet, dass bei Vorhandensein eines bestimmten Eisbelages das in dem Eisbelag eingekoppelte Licht beispielsweise eine Spektralverschiebung erfährt, und dass dann das in den Mess-LWL einkoppelnde Licht eine veränderte spektrale Zusammensetzung aufweist, die erfasst und ausgewertet wird. Die Erfindung ist demzufolge nicht auf eine Intensitätsmessung beschränkt, sondern es können auch die spektralen Eigenschaften des Lichtes ausgewertet werden.

[0076] In einer dritten Ausgestaltung der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass die Lichtein- und -auskopplung über einen einheitlichen Körper, z. B. einen optischen Reflexionskörper, erfolgt, von dem mindestens eine Stirnseite oder ein Teil seiner Grenzfläche (Messfläche) dem Eisbelag ausgesetzt ist.

[0077] In diesem Fall wird das Licht an einer - vor Eisbelag geschützten - Stirnseite dieses Reflexionskörpers eingekoppelt, durchläuft diesen Reflexionskörper über einen bestimmten Lichtweg, und tritt wieder an einer vor Eisbelag geschützten Stirnseite des Reflexionskörpers aus. Je nachdem, wie groß und dick der Eisbelag auf der Messfläche dieses Reflexionskörpers ist, wird mehr oder weniger Licht ausgekoppelt. Der im Reflexionskörper verbleibende Lichtanteil, der durch Reflexion und Rückstreuung entlang seines Lichtweges im Reflexionskörper umgelenkt wird, kann einem optischen Detektor zur Analyse zugeführt werden.

[0078] Das Licht, welches dieser optische Detektor auffängt, ist also durch die Auskopplung des Lichtes an der dem Eisbelag zugewandten Messfläche des Reflexionskörpers geschwächt oder verändert, und deshalb ist das Maß, welches der Detektor vom Licht oder von bestimmten Spektralfarben empfängt, vom Eisbelag an der Messfläche des Reflexionskörpers abhängig.

[0079] Vorteil eines solchen einheitlichen Reflexionskörpers ist, dass es sich um einen einzigen Körper handelt, bei dem mindestens eine seiner Stirnseiten dem Eisbelag ausgesetzt werden muss, während die anderen Seiten verdeckt und geschützt im Rotorblatt und in den entsprechenden Ausnehmungen des Rotorblattes eingebaut werden können. Es handelt sich also um eine sehr gedrängte Messanordnung, die den Eisbelag zuverlässig misst.

[0080] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann es ferner vorgesehen sein, dass auch quantitative Aussagen über den Vereisungsgrad und dessen zeitlichen Verlauf getroffen werden können, sodass nicht nur eine qualitative Feststellung bzw. Detektion des Eisbelages stattfindet, sondern auch eine zeitbezogene Messung, über den Zuwachs des Eisbelages über die Zeit erfolgt, die Vereisungsrate.

[0081] Der Erfindungsgegenstand der vorliegenden Neuerung ergibt sich nicht nur aus dem Gegenstand der einzelnen Schutzansprüche, sondern auch aus der Kombination der einzelnen Schutzansprüche untereinander.

[0082] Alle in den Unterlagen, einschließlich der Zusammenfassung offenbarten Angaben und Merkmale, insbesondere die in den Zeichnungen dargestellte räumliche Ausbildung, werden als erfindungswesentlich beansprucht, soweit sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind.

[0083] Im Folgenden wird die Neuerung anhand von mehrere Ausführungswege darstellenden Zeichnungen näher erläutert. Hierbei gehen aus den Zeichnungen und ihrer Beschreibung weitere erfindungswesentliche Merkmale und Vorteile der Neuerung hervor.

[0084] Es zeigen:

[0085] Figur 1: schematisiert eine Draufsicht auf ein Rotorblatt nach der Erfindung mit zu- und abführenden LWL für ein in der Nähe der Blattspitze angeordnetes Sensorelement

[0086] Figur 2: schematisiert die Einbaulage des Sensors am Rotorblatt

[0087] Figur 3: eine vergrößerte Darstellung der Anordnung nach Figur 1

[0088] Figur 4: schnittgemäße Linie IV-IV in Figur 1

- [0089] Figur 5: ein vergrößerter Schnitt durch die Anordnung nach Figur 4 entlang der Linie A-A'
- [0090] Figur 6: eine erste Ausführungsform eines Sensorelementes
- [0091] Figur 7: eine zweite Ausführungsform eines Sensorelementes
- [0092] Figur 8: eine dritte Ausführungsform eines Sensorelementes
- [0093] Figur 9: ein erstes Einbaubeispiel für den Einbau des Sensorelementes nach Figur 8
- [0094] Figur 10: ein Einbaubeispiel für den Einbau eines Sensorelementes nach den Figuren 4 bis 7
- [0095] Figur 11: schematisiert eine weitere Ausführungsform, bei der der temporäre Zuwachs eines Eisansatzes erfasst wird
- [0096] Figur 12: eine weitere Ausführungsform im Vergleich zu Figur 11 mit gleichfalls temporärer Erfassung des Zuwachses des Eisansatzes
- [0097] Figur 13: Ein gegenüber Figur 9 abgewandeltes, zweites Einbaubeispiel des dort gezeigten Sensors
- [0098] In Figur 1 ist allgemein ein Rotorblatt 1 dargestellt, dessen Blattwurzel 1a in an sich bekannter Weise mit einer Rotornabe verbunden ist.
- [0099] Nach der Erfindung weist das Rotorblatt 1 in der Nähe seines Blattendes 2 ein Sensorelement 4 auf. Das Sensorelement 4 ist möglichst weit radial auswärts des Rotorblattes 1 in der Nähe der Blattspitze 3 angeordnet, weil der sich dort bildende Eisansatz besonders kritisch ist und dort verstärkt auftritt.
- [00100] Gemäß Figur 2 ist das Sensorelement 4 bevorzugt auf der in Drehrichtung (und Anströmungsrichtung) vorderen Blattspitze des Rotorblattes 1 angeordnet.
- [00101] Das Rotorblatt 1 kann am Blattende 2 eine schwenkbare Blattspitze 3 aufweisen. Das Sensorelement 4 nach der Erfindung ist jedoch nicht im Bereich der äußeren, schwenkbaren Blattspitze 3 angeordnet, sondern davor, nämlich im Bereich des vor der Blattspitze 3 liegenden Blattendes 2.
- [00102] In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung kann es jedoch auch vorgesehen sein, dass das Sensorelement 4 direkt an oder in der (äußersten) Blattspitze 3 angeordnet ist.
- [00103] Wichtig bei der Erfindung ist jedoch, dass längs des Rotorblattes 1 keine elektrisch leitfähigen Verbindungen vom Ort des Sensorelements 4 am Blattende 2 in Richtung zur Blattwurzel 1a vorhanden sind, sondern dass stattdessen optische Signale führende Lichtwellenleiter (LWL) vorgesehen sind, die allgemein in Figur 1 mit (Signal-)abführenden LWL 40, 41 und mit (Signal-)zuführenden LWL 42, 43 bezeichnet sind.
- [00104] Die Figur 3 zeigt schematisiert die vergrößerte Darstellung nach Figur 1. In der Nähe der Blattwurzel 1a ist die Messvorrichtung 44 zur Erzeugung der Lichtwellen und zur Auswertung der ankommenden Lichtwellen angeordnet. Ausgehend von der Messvorrichtung 44 werden über die zuführenden LWL 42, 43 die Signale zu zwei verschiedenen Lichtwellenleitern 5, 6 des Sensorelements 4 zugeführt und von diesem die Lichtsignale über die abführenden LWL 40, 41 zur Messvorrichtung 44 zurückgeführt.
- [00105] Die Messvorrichtung 44 muss nicht unbedingt in der Nähe der Blattwurzel 1a des Rotorblattes 1 angeordnet sein. Sie kann auch in der Nähe der Nabe oder in der Nabe selbst angeordnet sein.
- [00106] Ebenso ist es möglich, über die Verbindung zwischen der Blattwurzel 1a des Rotorblattes und der Nabe geeignete, Lichtwellen leitende Steckverbindungen anzuordnen, um die zu- und abführenden LWL 40-43 mit der in der Nabe angeordneten Messvorrichtung 44 zu verbinden.

[00107] In Figur 4 ist der Schnitt nach IV-IV in Figur 1 dargestellt. Der zu erfassende Eisbelag 7 bildet sich auf dem Rotorblatt 1 besonders in der Nähe des Blattendes 2 und vorzugsweise auf der windzugewandten Seite, wie Figur 2 zeigt. Der Eisbelag 7 lagert sich zeitlich fortschreitend und in Schichten aufbauend auf der Oberfläche des Blattendes 2 ab.

[00108] Nach Figur 3 und 4 ist vorgesehen, dass in dem vom Eisbelag 7 betroffenen (stumpfen) Blattende 2 das Sensorelement 4 angeordnet ist, welches im gezeigten Ausführungsbeispiel aus den beiden Lichtwellenleitern 5, 6 besteht. Der eine Lichtwellenleiter 5 ist als Mess-LWL ausgebildet, während der anderen LWL 6 als Referenz-LWL ausgebildet ist.

[00109] Zur besseren Verdeutlichung zeigt Figur 2, dass im Querschnitt des Rotorblattes das Sensorelement 4 auf der vorderen Blattkante angeordnet ist, weil dort die Vereisung beginnt. Die Figur 5 zeigt, dass in einer ersten Ausführungsform der Referenzlichtwellenleiter 6 eine lichtdichte Hülle 8 aufweist und einen Licht führenden Kern 9. Die lichtdichte Hülle 8 kann dabei auch als eine das Licht des Kerns 9 totalreflektierende Ummantelung ausgeführt sein. Der Mess-LWL zeigt hingegen eine lichtdurchlässige Hülle, über die eine Lichtauskopplung 10 in ein umgebendes Medium (Eisbelag 7) erfolgt.

[00110] Gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Figur 6 wird an der einen Stirnseite 13 des LWL 6 das Licht über den zuführenden LWL 42 eingekoppelt, wobei in Figur 6 lediglich schematisiert dargestellt ist, dass das Licht über beispielsweise eine Lichtquelle 17 eingekoppelt wird, die z. B. als LED oder Laser ausgebildet ist. Dieses Licht wird in der eingezeichneten Pfeilrichtung von der Stirnseite 13 aus in den Referenz-LWL 6 eingekoppelt, und verlässt an der gegenüberliegenden Stirnseite 14 den LWL 6 und wird über den abführenden LWL 40 in die Messvorrichtung 44 zurückgeleitet, wo ein Detektor 19 das aus dem Referenz-LWL 6 austretende Licht empfängt und beispielsweise einem Unterschiedsdetektor 21 zuführt.

[00111] In räumlicher Nähe zum Referenz-LWL 6 ist der Mess-LWL 5 angeordnet. Die räumliche Nähe soll bewirken, dass beide LWL 5, 6 vom gleichen Eisbelag 7 beaufschlagt werden.

[00112] Über den zuführenden LWL 43 wird das Licht von einer Lichtquelle 18 in den Mess-LWL 5 eingekoppelt, durchsetzt diesen in der eingezeichneten Pfeilrichtung. Der Mess-LWL 5 weist keine lichtdichte Hülle auf.

[00113] Wenn der LWL 5 gemäß Figur 5 von einem Eisbelag 7 überdeckt wird, kommt es zu einer Lichtauskopplung 10 in den Eisbelag 7 hinein, weil dieser die Grenzfläche am lichtaus-sendenden Mantel des LWL 5 bildet, wodurch die Lichtleitung im Mess-LWL 5 beeinträchtigt wird. Bezogen auf die Lichtaufnahme an der aufnehmenden Stirnseite 15 wird an der gegen-überliegenden Stirnseite 16 weniger Licht austreten, weil eine Lichtschwächung bei der Lichtauskopplung 10 in den Eisbelag 7 hinein stattgefunden hat.

[00114] Das den LWL 5 verlassende Restlicht wird über den abführenden LWL 41 in der Messvorrichtung 44 aufgefangen und von einem dort angeordneten Detektor 20 ausgewertet, der sein Messergebnis dem anderen Zweig des Unterschiedsdetektors 21 zuführt, wodurch am Ausgang 22 ein Differenzsignal erzeugt wird, welches direkt ein Maß für die Ausbildung des Eisbelages 7 ist.

[00115] Die Differenzanordnung der Lichtmessung aus zwei LWL 5, 6 nach Figur 5 und 6 ist unempfindlich gegen Fremdlicht. Einstrahlendes Fremdlicht beeinflusst sowohl den LWL 5 als auch den LWL 6 in gleicher Weise.

[00116] In einer abgewandelten Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Mess-LWL 5 eine zusätzliche Krümmungsstrecke 11 im Messbereich aufweist. Die Krümmungsstrecke 11 erzeugt z. B. einen Winkel von 180 Grad oder jeden beliebigen anderen Winkel im Verlauf des LWL 5.

[00117] In diesem bogenförmigen Bereich der Krümmungsstrecke 11 wird die Lichtauskopplung 10 in besonders wirksamer Weise in den Eisbelag 7 hinein bewirkt. Dies hat den Vorteil, dass eine besonders schnelle und empfindliche Erkennung eines (auch dünnen) Eisbelages im Bereich der Krümmungsstrecke 11 möglich ist.

[00118] Die Erfindung ist jedoch hierauf nicht beschränkt, statt der Krümmungsstrecke 11 kann auch eine Geradstrecke 12 vorgesehen sein. Die Geradstrecke 12 ist lediglich gestrichelt in Figur 6 eingezeichnet und bildet somit eine Alternative zur Krümmungsstrecke 11.

[00119] Die Figur 7 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem im Gegensatz zum vorherigen Ausführungsbeispiel - nicht zwei aktive LWL 5, 6 vorhanden sind. Es ist lediglich ein aktiver LWL 6 vorhanden, über den das Licht mit der Lichtquelle 17 eingekoppelt und zu Referenzzwecken mit dem Detektor 19 ausgekoppelt und erfasst wird. Der LWL 6 ist nicht lichtdicht ausgebildet, wie im Ausführungsbeispiel nach Figuren 5 und 6. Sein Mantel ist vielmehr lichtdurchlässig. In Abhängigkeit von der Dicke und Ausdehnung eines Eisbelages 7 findet eine Lichtüberkopplung 23 durch den Eisbelag 7 in den anderen, passiven LWL 5 statt, wenn sich ein Eisbelag 7 über den beiden etwa parallel oder im Winkel zueinander verlegten LWL 5, 6 bildet.

[00120] Es erfolgt demnach eine Lichtüberkopplung 23 in den benachbarten, passiv ausgebildeten LWL 5 hinein, an dessen Ausgang ein Detektor 20 angeordnet ist, der den empfangenen Lichtanteil auswertet. Der detektierte Lichtanteil ist ein Maß für die Lichtüberkopplung 23 und damit für die zeitliche und quantitative Ausbildung des Eisbelages 7 (Vereisungsrate) zwischen den LWL 5, 6.

[00121] In Figur 8 ist als weiteres Ausführungsbeispiel ein (monolithischer) optischer Körper 24 dargestellt, der z. B. aus einem optisch leitfähigen Kunststoff besteht, z. B. einem Polysterol oder einem Polyacryl-Kunststoff.

[00122] An der vor Eisbelag geschützten Stirnseite 26 wird das Licht über die Lichtquelle 17 eingekoppelt und durchsetzt den optischen Körper 24 in Pfeilrichtung 45 solange, bis das Licht auf eine im Winkel zur Stirnseite 26 geneigt ausgebildeten Stirnfläche 28 an der gegenüberliegenden Seite des optischen Körpers 24 austritt. An dieser Stelle erfolgt auch eine Reflexion an der Stirnseite 28 in Pfeilrichtung 46 in Richtung auf eine weitere, geneigt ausgebildete Stirnfläche 29. Von dort aus wird das Licht in Pfeilrichtung 47 zurück zu der geschützt angeordneten Stirnseite 26 geleitet, wo ein Empfangsdetektor 19 angeordnet ist.

[00123] Der Lichtweg 27 wird also mehrfach in den Pfeilrichtungen 45-47 an den Auftreffpunkten im Bereich der im Winkel 30 zueinander geneigt angeordneten Stirnflächen 28, 29 umgelenkt. An den Stirnflächen 28, 29 erfolgt eine Lichtauskopplung 10 in den sich dort ausbildenden Eisbelag 7 hinein.

[00124] Die in den optischen Körper eingekoppelten Lichtwellen werden entlang des Lichtweges 27 durch die Lichtauskopplung in den Eisbelag geschwächt. Das vom Detektor 19 empfangene Lichtsignal verkörpert damit ein proportionales Maß für die Dicke und Zusammensetzung des Eisbelages.

[00125] Die Figur 9 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel, bei dem der optische Körper 24 versenkt in einer Aufnahmeöffnung 31 in der Oberfläche des Rotorblattes 1 in der Nähe des Blattes 2 eingebaut ist. Nur das vordere Ende mit den zueinander abgewinkelten Stirnflächen 28, 29 ist dem Eisbelag 7 ausgesetzt, während das gegenüberliegende Ende mit einer optischen Anordnung 32 verbunden ist, indem entweder die Aus- und Einkopplung des Lichtes stattfindet, oder indem eine Kopplung mit den zuführenden und abführenden LWL 40, 42 in Richtung zur Blattwurzel 1a stattfindet.

[00126] Der optische Körper 24 ist mit seiner in Figur 9 dargestellten vertikalen Längsachse im Winkel von 90 Grad zur Längsachse des Rotorblattes 1 angeordnet. In anderen Anordnungen sind davon abweichende Ausrichtungen des optischen Körpers zum Rotorblatt vorgesehen.

[00127] In einer anderen Ausgestaltung nach Figur 9 kann es vorgesehen sein, dass die hier vertikal gerichtete Längsachse des optischen Körpers parallel zur Längsachse des Rotorblattes angeordnet ist.

[00128] Er wird demzufolge gemäß Figur 9 etwa liegend angeordnet, wobei stets dafür gesorgt werden muss, dass mindestens eine der zueinander im Winkel gerichteten Stirnflächen 28, 29

vom Eisbelag 7 überdeckt werden kann.

[00129] Ein ähnliches Ausführungsbeispiel des Einbaus zeigt die Figur 10 im Hinblick auf die nach den Figuren 1 bis 6 dargestellten Ausführungsformen, wo erkennbar ist, dass die beiden LWL 5, 6 in einer nach außen offenen Aufnahmeöffnung 31 des Rotorblattes 1 in der Nähe des Blattendes 2 eingebaut sind.

[00130] Die Figuren 11 und 12 zeigen verschiedene Ausführungsformen, wie zusätzlich auch der zeitliche Verlauf eines Eisbelages 7 erfasst werden kann. In Figur 11 ist vorausgesetzt, dass die beiden LWL 5, 6 über einen bestimmten - dem Eisbelag 7 ausgesetzten - Weg nicht parallel zueinander angeordnet sind, sondern etwa Y-förmig zueinander verlegt sind. Statt der hier gezeigten Y-Form kann jedoch jede andere, von der Lichteintrittsstelle der Lichtquelle 17 ausgehende, konvergierende oder divergierende Einbaulage gewählt werden.

[00131] In Figur 11 erfolgt die Lichteinkopplung über die Lichtquelle 17 und es erfolgt eine Lichtüberkopplung 23 auf den anderen LWL 5 entsprechend dem zeitlich anwachsenden Eisansatz. Bei Position 35 erfolgt zum Beispiel der erste Beginn des Eisansatzes, der in Pfeilrichtung 37 anwächst und bei Pos. 36 seine maximale Größe erreicht hat, sodass die Lichtüberkopplung 23 vom LWL 6 auf den LWL 5 proportional zum zeitlichen Anwachsen des Eisbelages von Pos. 35 in Pfeilrichtung 37 bis zur Pos. 36 ausgewertet werden kann.

[00132] Die Figur 12 zeigt ein ähnliches Ausführungsbeispiel, bei dem fingerartige Lichtwellenleiter 6a-6d im gegenseitigen Abstand parallel zueinander oder auch konvergierend (oder divergierend) angeordnet sind und im Zwischenraum zwischen den Fingern der Lichtwellenleiter 6a-6b nun die fingerförmigen Lichtwellenleiter 5a-5d eingreifen.

[00133] Hierdurch bilden sich zwischen den Lichtwellenleitern 6a-6b und 5a-5c Messkanäle, über die eine Lichtüberkopplung 23, wie in Figur 11 dargestellt, erfolgt.

[00134] Entsprechend der Länge der Lichtwellenleiter 5a-5c wird der kürzeste Lichtwellenleiter 5c zu einem späteren Zeitpunkt von dem sich in Pfeilrichtung 37 ausbildenden Eisbelag 7 überdeckt als vergleichsweise der als längerer Lichtwellenleiter ausgebildete Lichtwellenleiter 5a.

[00135] Die Lichteinkopplung für den Lichtwellenleiter 6 erfolgt über eine gemeinsame Lichteinkopplung 33, und die Auswertung des überkoppelnden Lichtanteils erfolgt über einen Lichttempfangskörper 34, der lichtleitend mit allen Lichtwellenleitern 5a-5c verbunden ist.

[00136] Die Figur 13 zeigt als weiteres Ausführungsbeispiel, dass es für den in Figur 8 dargestellten optischen Körper 24 auch ausreicht, lediglich die eine Stirnfläche 28 dem Eisbelag 7 auszusetzen, während die andere Stirnfläche 29 vor dem Eisbelag geschützt ist.

[00137] Bei der so gestalteten Ausführung schließt die Stirnfläche 28 bündig mit der Rotorblattoberfläche ab und bildet somit eine besonders strömungsgünstige Anordnung des Streukörpers 24 in der Oberfläche des Rotorblattes.

[00138] Auch hier kommt es zur erwünschten Schwächung des eingespeisten Lichtes entlang des Lichtweges 27, bedingt durch den sich an der einen Stirnfläche 28 ausbildenden Eisbelag 7, ohne dass es notwendig ist, dass auch die andere Stirnfläche 29 mit einem Eisbelag bedeckt sein muss.

ZEICHNUNGSLEGENDE

- 1 Rotorblatt
- 2 Blattende
- 3 Blattspitze
- 4 Sensorelement
- 5 (Mess-) Lichtwellenleiter
- 6 (Referenz-) Lichtwellenleiter
- 7 Eisbelag

- 8 Hülle (von 6)
- 9 Kern (von 6)
- 10 Lichtauskopplung
- 11 Krümmungsstrecke
- 12 Geradstrecke
- 13 Stirnseite (von 6)
- 14 Stirnseite (von 6)
- 15 Stirnseite (von 5)
- 16 Stirnseite (von 5)
- 17 Lichtquelle (von 6)
- 18 Lichtquelle (von 5)
- 19 Detektor (von 6)
- 20 Detektor (von 5)
- 21 Unterschiedsdetektor
- 22 Ausgang
- 23 Lichtüberkopplung
- 24 Streukörper
- 25 Stirnseite
- 26 Stirnseite
- 27 Lichtweg
- 28 Stirnfläche
- 29 Stirnfläche
- 30 Winkel
- 31 Aufnahmeöffnung
- 32 optische Anordnung
- 33 Lichteinkopplung
- 34 Lichtempfangskörper
- 35 Position
- 36 Position
- 37 Pfeilrichtung
- 39 Pfeilrichtung
- 40 abführender LWL
- 41 abführender LWL
- 42 zuführender LWL
- 43 zuführender LWL
- 44 Messvorrichtung
- 45 Pfeilrichtung
- 46 Pfeilrichtung
- 47 Pfeilrichtung

Ansprüche

1. Verfahren zur Erfassung des Eisansatzes an den Rotorblättern (1) einer Windenergieanlage, wobei auf dem Rotorblatt (1) mindestens ein optisches Sensorelement (4) angeordnet ist, dessen Signale über eine optische Übertragungsstrecke (40-43) längs des Rotorblattes (1) in Richtung zur Blattwurzel (1a) oder zur Rotornabe übertragen werden, wobei das auf dem Rotorblatt (1) angeordnete optische Sensorelement (4) als mindestens ein Lichtwellenleiter (5, 6) ausgebildet ist, welcher die Beeinflussung der Lichtausbreitung an Grenzflächen beim Übergang des Lichtes von einem Medium in ein anderes misst **dadurch gekennzeichnet**, dass Licht in den mindestens einen teilweise lichtdurchlässigen Mantel aufweisenden Lichtwellenleiter (5, 6) eingekoppelt wird und die an den Grenzflächen eines solchen Lichtwellenleiters (5, 6) bei auftretender Vereisung (7) sich ändernden Beugungs- und Brechungseigenschaften zur Detektion des Eisbelages (7) genutzt werden.
2. Vorrichtung zur Erfassung des Eisansatzes an den Rotorblättern (1) einer Windenergieanlage zur Ausübung des Verfahrens nach Anspruch 1 wobei auf dem Rotorblatt (1) mindestens ein optisches Sensorelement (4) angeordnet ist, dessen Signale über eine optische Übertragungsstrecke (40-43) längs des Rotorblattes (1) in Richtung zur Blattwurzel (1a) oder zur Rotornabe übertragen werden, wobei das auf dem Rotorblatt (1) angeordnete optische Sensorelement (4) als mindestens ein Lichtwellenleiter (5, 6) ausgebildet ist, welcher die Beeinflussung der Lichtausbreitung an Grenzflächen beim Übergang des Lichtes von einem Medium in ein anderes misst, **dadurch gekennzeichnet**, dass Licht in den mindestens einen teilweise lichtdurchlässigen Mantel aufweisenden Lichtwellenleiter (5, 6) einkoppelbar ist und die an den Grenzflächen eines solchen Lichtwellenleiters (5, 6) bei auftretender Vereisung (7) sich ändernden Beugungs- und Brechungseigenschaften zur Detektion des Eisbelages (7) nutzbar sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sensorelement (4) aus mindestens zwei nebeneinander angeordneten und vom Eisbelag beaufschlagten Lichtwellenleitern (5, 6) besteht, von denen der eine als Referenz-LWL (6) und der andere als Mess-LWL (5) ausgebildet ist, wobei in beide Lichtwellenleiter (5, 6) über deren Stirnfläche (13, 15) Licht durch je eine Lichtquelle (17, 18) eingekoppelt wird (Fig. 3-6).
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Referenz-LWL (6) eine lichtdichte Mantelfläche und der Mess-LWL (5) eine lichtdurchlässige Mantelfläche aufweist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mess-LWL (5) zusätzlich zu der ansonsten geraden Strecke eine Krümmungsstrecke (11) im Messbereich aufweist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sensorelement (4) aus mindestens zwei nebeneinander angeordneten und vom Eisbelag beaufschlagten Lichtwellenleitern (5, 6) besteht, von denen der eine LWL als aktiver, Licht aussendender LWL (6) und der andere LWL als passiver, Licht empfangender LWL (5) ausgebildet ist. (Fig. 7, 11, 12)
7. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sensorelement (4) als lichtleitender, prismatischer optischer Körper (24) ausgebildet ist, der an mindestens einer Stirnseite (28, 29) vom Eisbelag (7) beaufschlagt ist und in dessen Innenraum, in den über eine weitere Stirnfläche (26) Licht eingekoppelt wird, ein optischer Lichtweg (27) ausgebildet ist, dessen Eingangs- und Ausgangslicht miteinander verglichen werden. (Fig. 8, 9, 13)
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass lediglich eine Stirnseite (28) oder zwei im Winkel zueinander angeordnete Stirnseiten (28, 29) des optischen Körpers (24) vom Eisbelag (7) beaufschlagt sind.

Hierzu 8 Blatt Zeichnungen

1 / 8

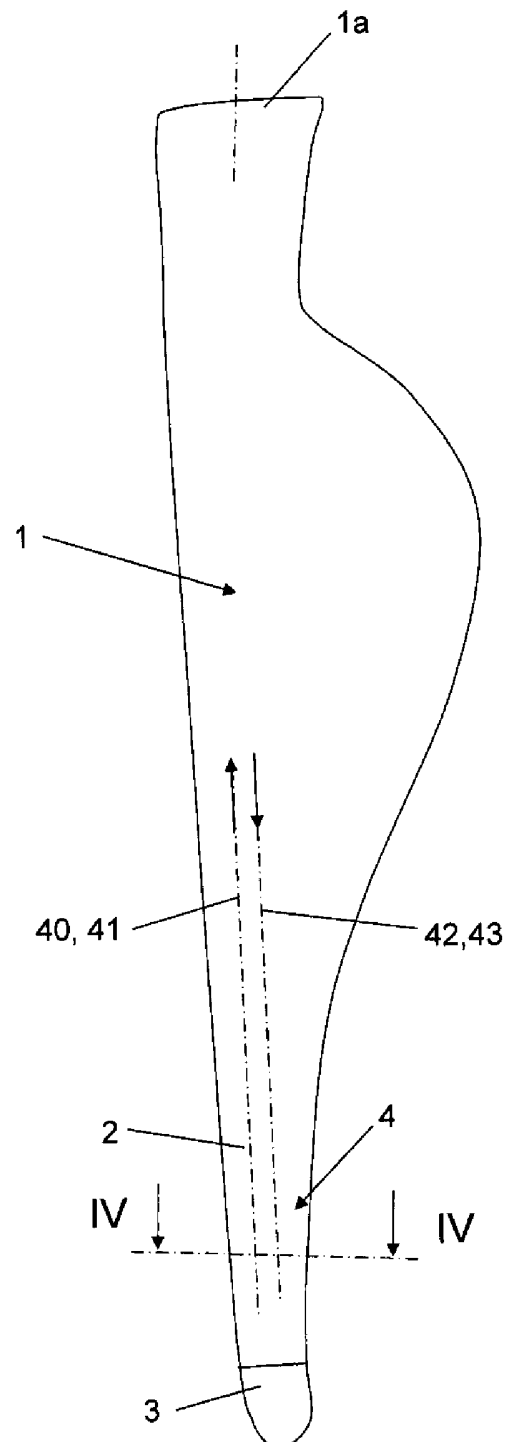


Fig. 1

2 / 8

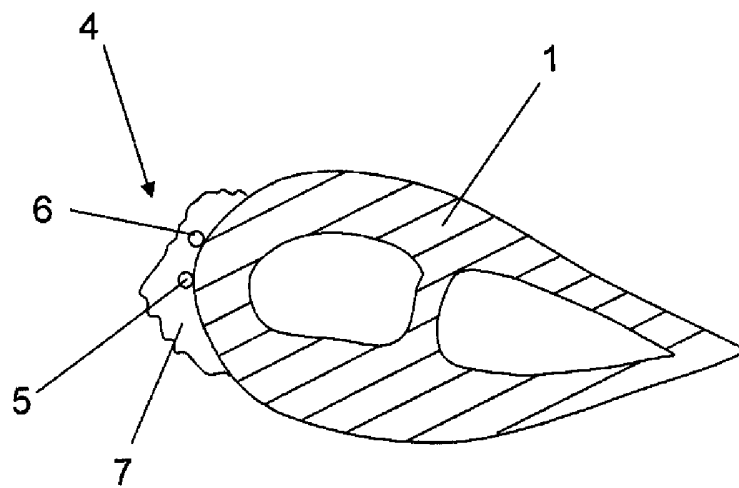


Fig. 2

3 / 8

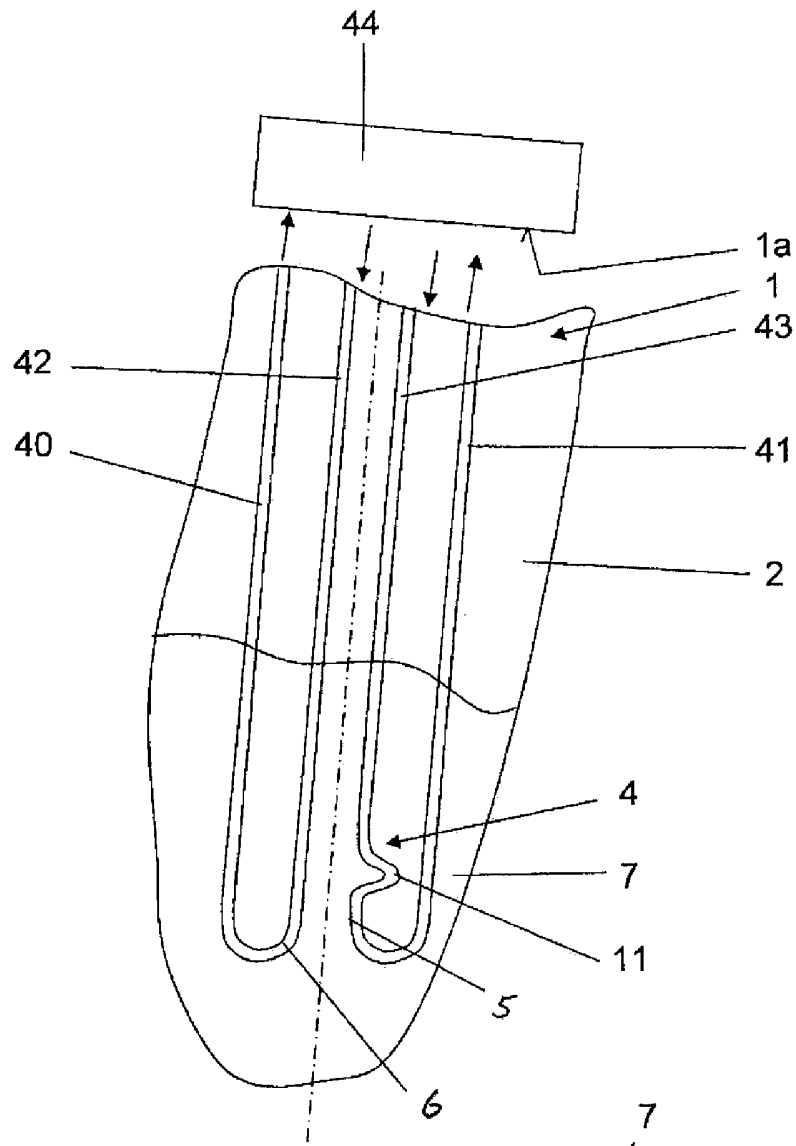


Fig. 3

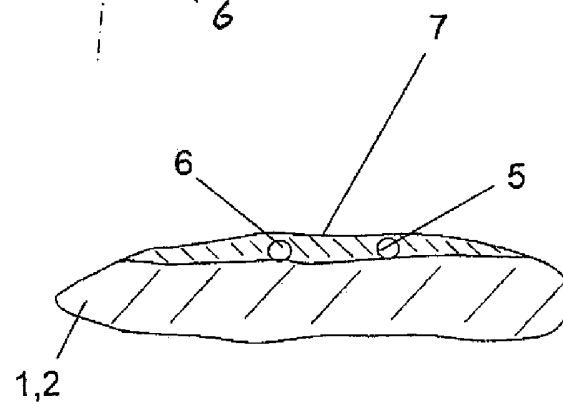


Fig. 4

4 / 8

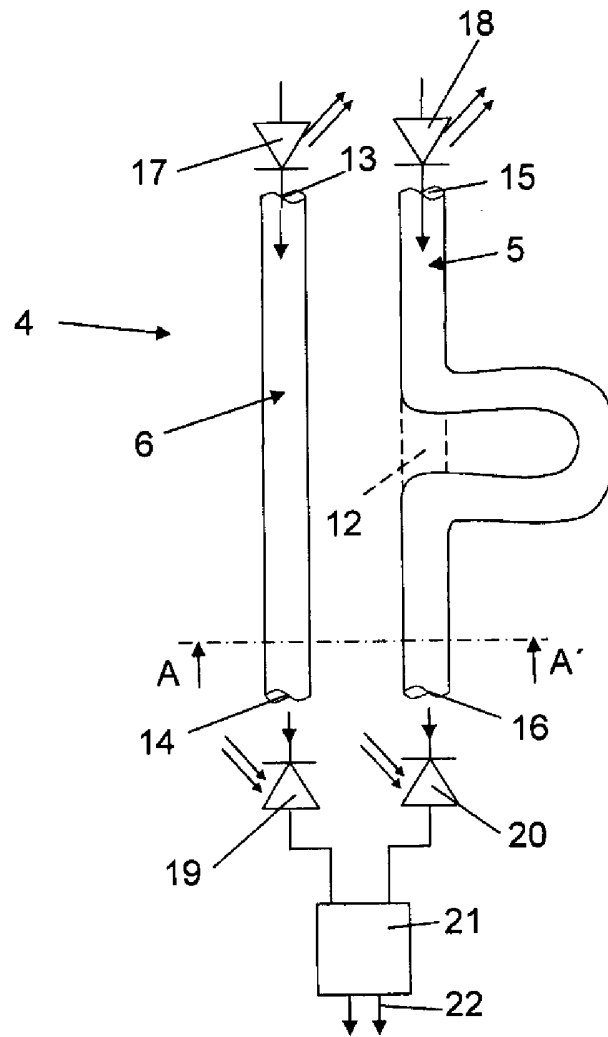


Fig. 6

Schnitt A-A'

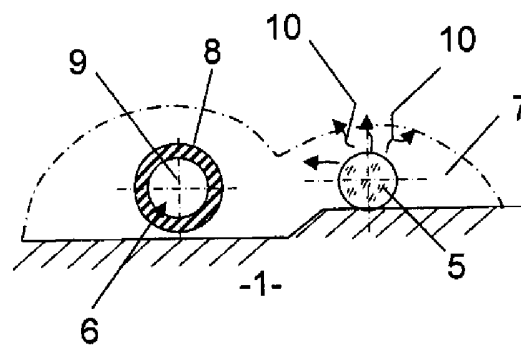


Fig. 5

5 / 8

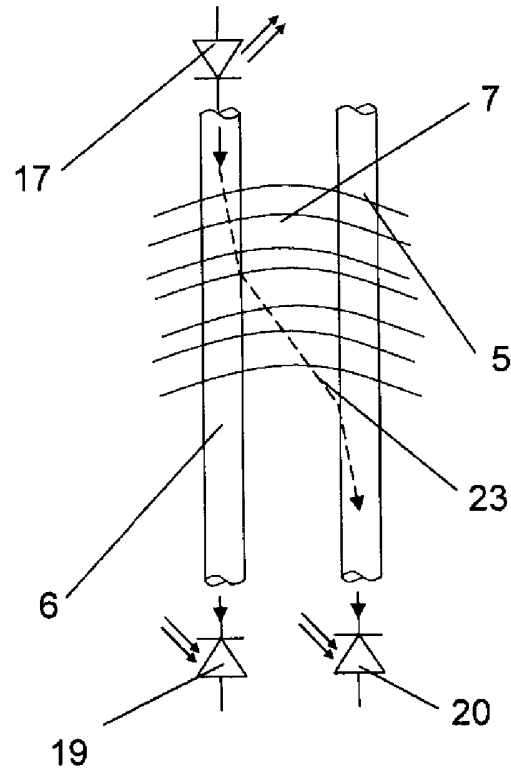


Fig. 7

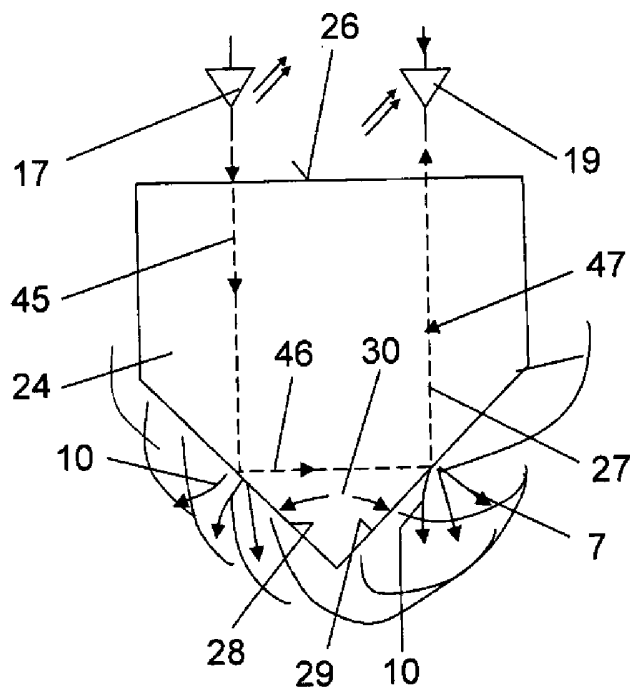


Fig. 8

6 / 8

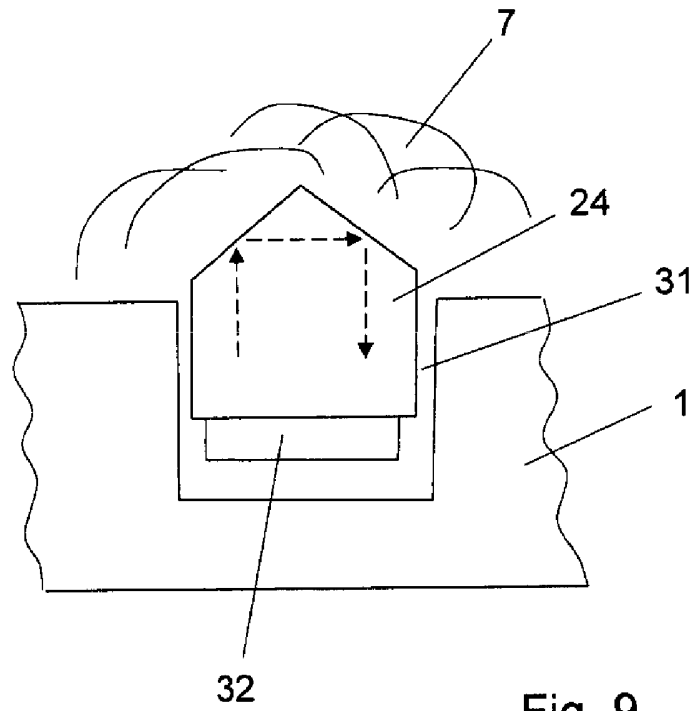


Fig. 9

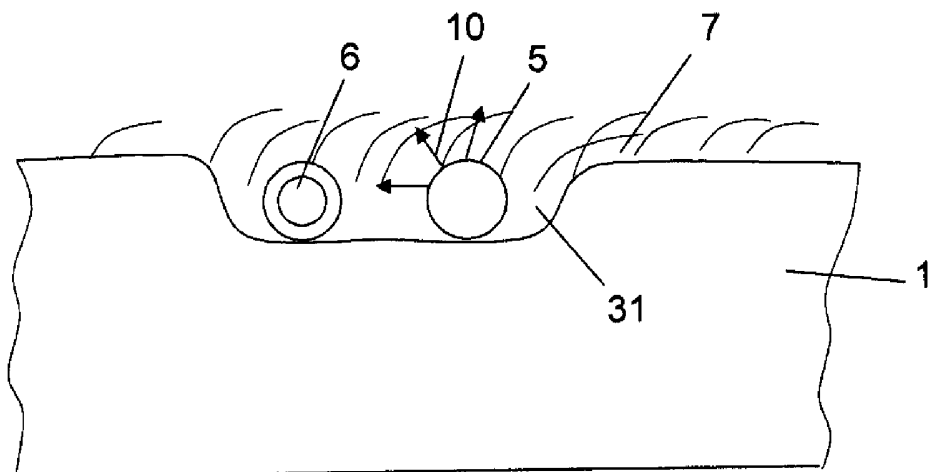


Fig. 10

7 / 8

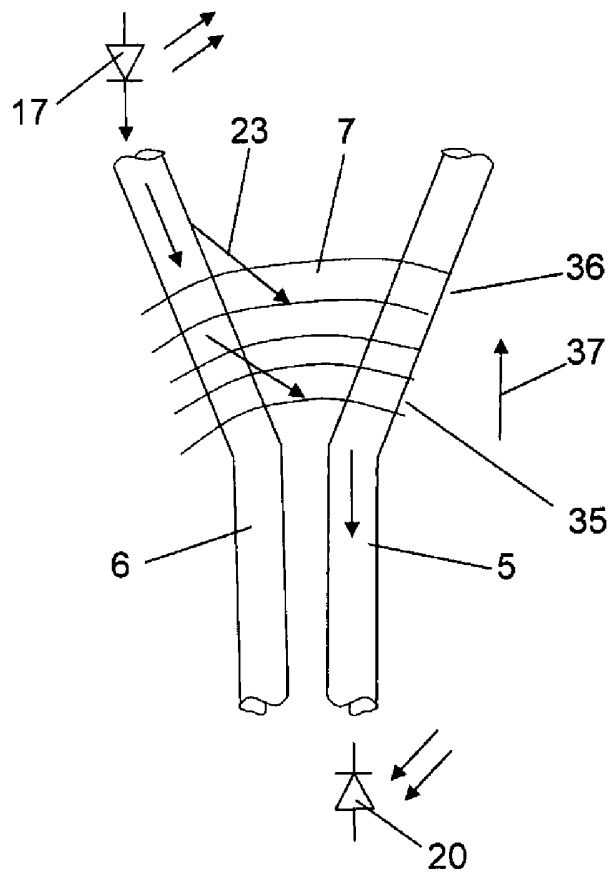


Fig. 11

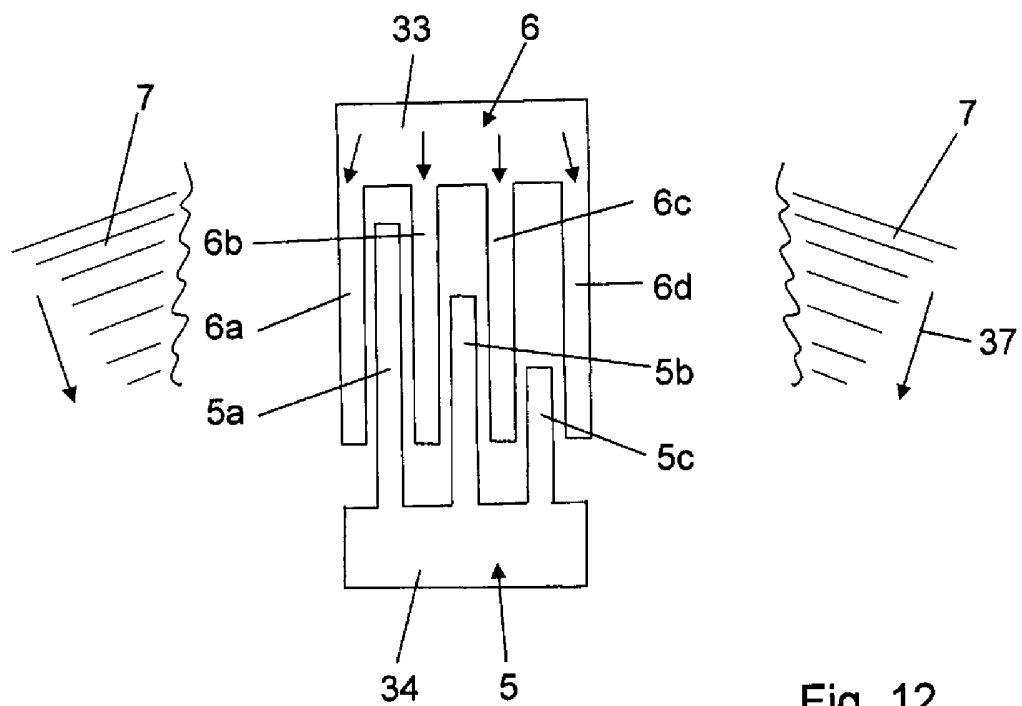


Fig. 12

8 / 8

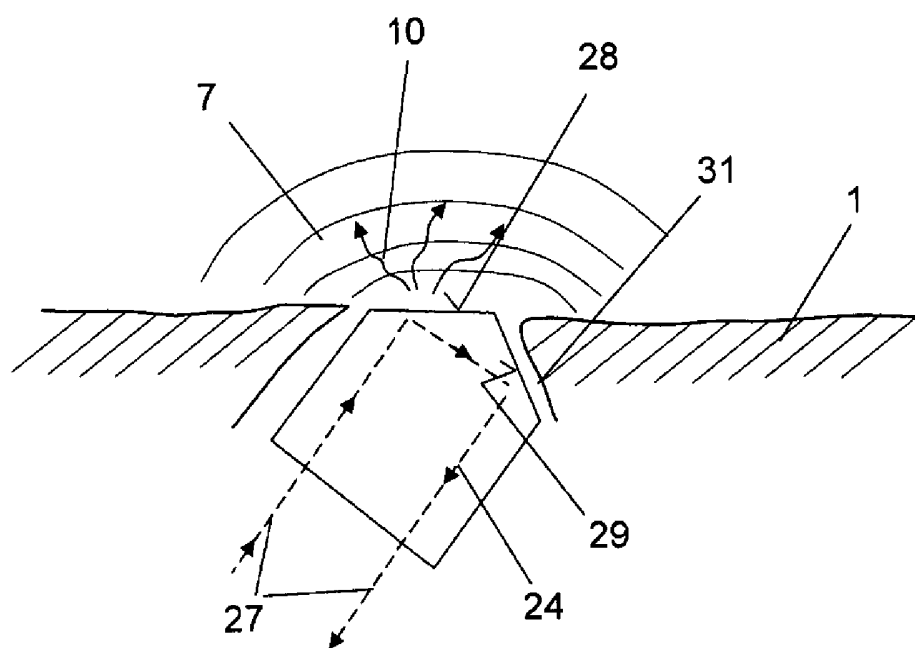


Fig. 13

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: F03D 11/00 (2006.01); B64D 15/20 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: F03D 11/00D; B64D 15/20		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): F03D, B64D		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, FULLTEXT		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 25. Juni 2012 eingereichten Ansprüchen 1–10 erstellt. Die in der Gebrauchsmusterschrift veröffentlichten Ansprüche könnten im Verfahren geändert worden sein (§ 19 Abs. 4 GMG), sodass die Angaben im Recherchenbericht, wie Bezugnahme auf bestimmte Ansprüche, Angabe von Kategorien (X, Y, A), nicht mehr zutreffend sein müssen. In die dem Recherchenbericht zugrundeliegende Fassung der Ansprüche kann beim Österreichischen Patentamt während der Amtsstunden Einsicht genommen werden.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 102004060449 A1 (WOBBEN) 29. Juni 2006 (29.06.2006) Fig. 1, 2, 4, Absätze [0002], [0003], [0021], [0030], [0031]	1–5, 8
Y		6, 7
Y	US 5005005 A (BROSSIA ET AL.) 02. April 1991 (02.04.1991) Fig. 1–3, 22, Spalte 10 Zeile 10 – Spalte 11 Zeile 10, Spalte 14 Zeilen 37–49	6, 7
X	EP 0249296 A2 (PHILIPS) 16. Dezember 1987 (16.12.1987) Fig. 1a–4, Spalte 1 Zeilen 4–16, Spalte 4 Zeile 43 – Spalte 6 Zeile 35	1–5, 9, 10
X	DE 10160522 A1 (MÜLLER ET AL.) 26. Juni 2003 (26.06.2003) Zusammenfassung, Absätze [0001], [0005], [0009]	1–5, 9, 10
Datum der Beendigung der Recherche: 11. Dezember 2012		☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): EHRENDORFER K.
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		