

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. November 2001 (15.11.2001)

PCT

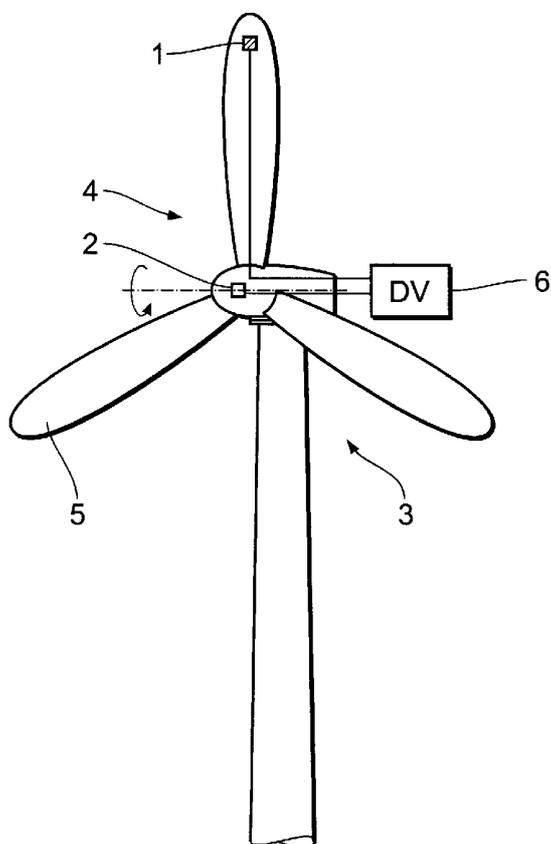
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/86142 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F03D 7/04 (74) **Anwalt:** GÖKEN, Klaus, G.; Eisenführ, Speiser & Partner, Martinistrasse 24, 28195 Bremen (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/02376 (81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, 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, MZ, 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.
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
2. März 2001 (02.03.2001) (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, 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, TR),
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
100 22 129.7 6. Mai 2000 (06.05.2000) DE
- (71) Anmelder und  
(72) **Erfinder:** WOBEN, Aloys [DE/DE]; Argestrasse 19, 26607 Aurich (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: WIND POWER PLANT WITH A PARTICLE SENSOR

(54) Bezeichnung: WINDENERGIEANLAGE MIT PARTIKELSENSOR



(57) **Abstract:** The invention relates to a wind power plant, comprising at least one sensor for detecting the number and/or speed and/or momentum of particles which strike the sensor (1), and a data processing and control device for processing the measuring data detected by the sensor. The speed of the rotor of the wind power plant is reduced and/or the wind power plant is stopped when a particle measurement taken by the sensor is exceeded.

(57) **Zusammenfassung:** Windenergieanlage mit wenigstens einem Sensor (1) zum Erfassen der Zahl und/oder der Geschwindigkeit und/oder des Impulses von Partikeln, die auf den Sensor treffen, mit einer Datenverarbeitungs- und Steuereinrichtung zur Verarbeitung der von dem Sensor erfassten Messdaten, wobei die Drehzahl des Rotors der Windenergieanlage reduziert wird und/oder die Windenergieanlage stillgelegt wird, wenn ein vom Sensor gemessener Partikelmesswert überschritten wird.



WO 01/86142 A1



OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— *mit internationalem Recherchenbericht*

## WINDENERGIEANLAGE MIT PARTIKELSENSOR

Windenergieanlagen modernerer Technik sind seit längerem bekannt. Solche Windenergieanlagen verfügen über Rotoren, die wenigstens ein oder mehrere Rotorblätter aufweisen. Die Rotoren und mithin die von ihnen getragenen Rotorblättern von Windenergieanlagen sind im besonderen Maße den umgebenen Umwelteinflüssen wie z.B. Regen, Schnee, Hagel oder auch Insekten ausgesetzt. Vor allem die Vorderkanten der Rotorblätter werden hierbei stark beansprucht. Dabei kann es vorkommen, dass die Rotorblätter und insbesondere ihre Vorderkanten nach einiger Zeit (mechanische) Schäden aufweisen, für die eine kostenintensive Reparatur notwendig ist, zumal hierfür oftmals ein Kran benötigt wird und durch die Reparatur auch die gesamte Windenergieanlage für längere Zeit still steht und unter Umständen sogar einzelne Rotorblätter zur Reparatur transportiert werden müssen.

Diese Schäden sind auf Erosionsvorgänge zurückzuführen, die die Oberfläche - den

- 2 -

sogenannten Gelcoat - der Rotorblätter beschädigen, was im Gegenzug zu einer Verschlechterung der aerodynamischen Eigenschaften der Blätter führt.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Erosionsschäden an den Rotorblättern zu verringern und die vorgenannten Nachteile zu vermeiden.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren mit den Merkmalen nach Anspruch 1 sowie einer Windenergieanlage zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 4 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Die Stärke des Einflusses von Witterungsbedingungen wie Regen, Schnee, Hagel oder auch Insekten auf die Rotorblattvorderkante ist im Wesentlichen von der Drehzahl der Windenergieanlage abhängig. Je schneller die Blätter drehen, desto höher ist die Geschwindigkeit der Rotorblattspitze und desto größer ist die Aufprallgeschwindigkeit von Partikeln wie beispielsweise Regentropfen, Hagelkörner, Schneeflocken, Insekten oder auch Staubkörnern - nachfolgend allgemein als Partikel bezeichnet - auf das Rotorblatt.

Windenergieanlagen nach dem Stand der Technik werden in der Regel unabhängig von der Witterung mit bestimmten Betriebskennlinien betrieben. Bei Anlagen mit variabler Drehzahl - wie beispielsweise die Windenergieanlagen der Firma Enercon vom Typ E-40 oder E-66 u.a. - bedeutet dies z.B. eine bestimmte anlagentypische Drehzahl-Leistungskennlinie.

Bei den heutigen Windenergieanlagen - vom vorgenannten Typ - der Größenordnung 500 kW bis 1,5 MW bewegen sich die maximalen Blattspitzengeschwindigkeiten im Bereich von 65 - 75 m/s oder entsprechend 234 - 270 km/h.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die größten Erosionsschäden an der Rotorblattvorderkante von Partikeln hervorgerufen werden, die auf die

Rotorblattvorderkante treffen.

Erfindungsgemäß wird nunmehr vorgeschlagen, eine Windenergieanlage mit einem oder mehreren Sensoren auszustatten, die die jeweiligen (windunabhängigen) Witterungsbedingungen erfassen können und entsprechende Signale an die Windenergieanlagensteuerung geben, die entsprechend hierauf reagiert, indem sie beispielsweise bei starkem Regen - also bei hoher Partikelzahl innerhalb einer vorbestimmten Zeiteinheit (z.B. innerhalb von einer Minute) - die Drehzahl des Rotors der Anlage reduziert.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. mit der erfindungsgemäßen Windenergieanlage lassen sich witterungsbedingte Erosionsschäden an der Windenergieanlage vermeiden bzw. drastisch reduzieren. Dies hat wiederum die Vermeidung teurer Rotorblattreparaturen zur Folge und darüberhinaus kann durch die Intakthalterung der Oberflächen der Rotorblätter ein gleichbleibender Wirkungsgrad der Windenergieanlage zur Verfügung gestellt werden. Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Die Figur zeigt - in Skizze - eine Windenergieanlage 3 mit einem Rotor 4, der drei Rotorblätter 5 aufweist. Auf der Rotorblattnabe 4 und/oder an den Rotorblättern 5 (der Vorderkante) sind Sensoren 1, 2 angebracht, die dort den Einfall von Partikeln, die mit dem Wind an die Windenergieanlage herangetragen werden, auf den Sensor messen. Der bzw. die Sensoren sind mit einer Datenverarbeitungseinrichtung 6 (PC) der Windenergieanlage verbunden, welche die gemessenen Daten auswertet und beispielsweise an ein entsprechendes Mengen/Zeitverhältnis setzt, das heißt, die Partikelzahl über einen bestimmten Zeitbereich erfasst. Treffen mehr als eine vorbestimmte Anzahl von Partikeln, z.B. 10 - 20 Partikel (Regentropfen) innerhalb einer bestimmten Zeiteinheit, z.B. 5 - 10 Sekunden auf einen Sensor, so wird mittels eines in der Datenverarbeitungseinrichtung gespeicherten Programms die Drehzahl der Windenergieanlage reduziert. Dies hat zwar auch eine Reduzierung der gesamten Leistung, die die Windenergie liefert, zur Folge. Da jedoch die Regenzeit-

ten regelmäßig relativ kurz sind im Vergleich zu niederschlagsfreien Zeiten, fällt dies kaum ins Gewicht und es kann ein effektiver Schutz der Rotorblätter erreicht werden, wenn deren Drehzahl während der Niederschlagszeiten reduziert wird, beispielsweise halbiert wird.

Die Datenverarbeitungseinrichtung verarbeitet selbstverständlich wie üblicherweise auch die gemessenen Winddaten, die mit anderen Sensoren gemessen werden und leitet eine Reduktion der Drehzahl des Rotors erst dann ein, wenn die Windgeschwindigkeit einen vorbestimmten Wert überschreitet.

Mittels der Datenverarbeitungsanlage kann auch eine Messung der Partikelmenge, -geschwindigkeit und/oder -impulse (der sogenannten Niederschlagsenergie) vorgenommen werden, das heißt, die Niederschlagsleistung (Menge des Niederschlags (Partikel), Geschwindigkeit des Niederschlags) kann über einen bestimmten Zeitbereich erfasst (integriert) werden und die Reduzierung der Drehzahl wird dann eingeleitet, wenn die Niederschlagsenergie bzw. Niederschlagsleistung einen vorbestimmten Wert überschreitet.

Auch kann mittels der Sensoren eine Addition bzw. Integration der Impulse (Masse eines Partikels multipliziert mit der Auftreffgeschwindigkeit des Partikels) gemessen werden.

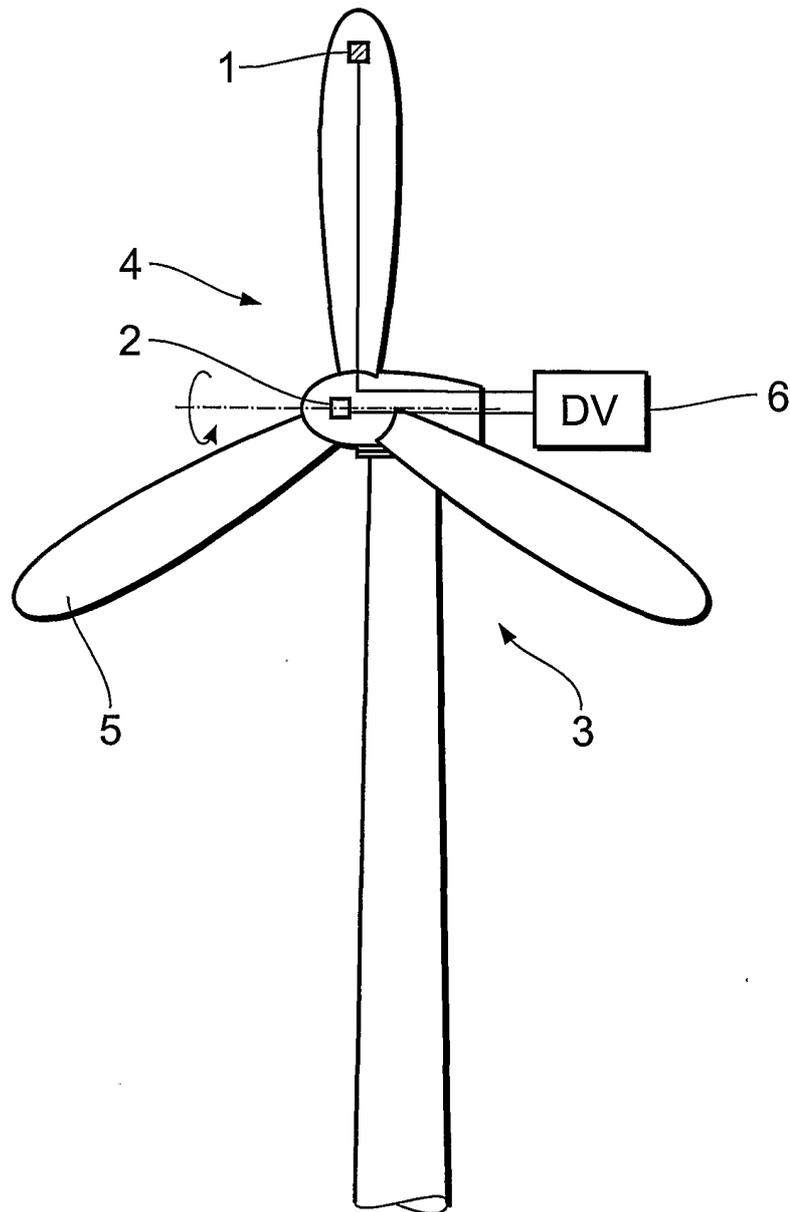
Wenn die von Partikeln hervorgerufenen Impulse in ihrer Höhe einen vorbestimmten Wert überschreiten, wird automatisch eine Drehzahlreduzierung vorgenommen, so dass dies auch automatisch eine Reduzierung der von den Niederschlägen hervorgerufenen Impulskräfte auf die Rotorblätter zur Folge hat.

### ANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betreiben einer Windenergieanlage mit wenigstens einem Sensor zum Erfassen der Zahl und/oder der Geschwindigkeit und/oder des Impulses von Partikeln, die auf den Sensor treffen, mit einer Datenverarbeitungs- und Steuereinrichtung zur Verarbeitung der von dem Sensor erfassten Messdaten, wobei die Drehzahl des Rotors der Windenergieanlage (mittels der Datenverarbeitungs-/Steuerungseinrichtung) reduziert wird und/oder die Windenergieanlage stillgelegt wird, wenn ein vom Sensor gemessener Partikelmesswert überschritten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehzahl der Windenergieanlage reduziert wird und dass die Windenergieanlage stillgelegt wird, wenn innerhalb eines bestimmten Zeitbereichs eine bestimmte Anzahl von Partikeln vom Sensor gemessen worden ist.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Partikel Wassertropfen (Regentropfen) und/oder Hagelkörner und/oder Staubkörner gemessen werden.
4. Windenergieanlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit wenigstens einem Sensor zum Erfassen der Zahl, der Energie und/oder des Impulses von Partikeln, die auf den Sensor treffen, wobei der Sensor mit einer Datenverarbeitungs- und Steuerungseinrichtung verbunden ist, die von dem Sensor ermittelten Messdaten verarbeitet und die Drehzahl der Windenergieanlage reduziert, gegebenenfalls die Windenergieanlage stilllegt, wenn ein vorbestimmter Partikelmesswert überschritten wird.
5. Windenergieanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Windenergieanlage eine Vielzahl von Sensoren zum Messen von Partikeln aufweist.

6. Windenergieanlage nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor oder die Vielzahl von Sensoren an oder auf den Rotorblättern der Windenergieanlage angeordnet sind.
7. Windenergieanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Sensor die Zahl von auftreffenden Partikeln (pro Zeit) und/oder die Auftreffgeschwindigkeit von Partikeln auf den Sensor und/oder den Impulswert von auftreffenden Partikeln erfasst.
8. Windenergieanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor an der Vorderkante eines Rotorblattes der Windenergieanlage angeordnet ist.
9. Windenergieanlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Sensor im Bereich der Rotorblattspitze, oder einem anderen Bereich der Windenergieanlage, z.B. der Gondel, angeordnet ist.

1/1



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/02376

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F03D7/04

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 G08B B64D B60S

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)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	W0 94 04820 A (ULLERSTED HANS ;HANSEN PER (DK); NIELSEN ARNE (US)) 3 March 1994 (1994-03-03) page 6, line 17 - line 22 claim 1 figure 1	1-9
Y	US 5 313 202 A (HANSMAN JR ROBERT J ET AL) 17 May 1994 (1994-05-17) column 1, line 12 -column 2, line 36 figures 1-6	1-9
Y	US 5 900 821 A (PETZOLD SVEN) 4 May 1999 (1999-05-04) the whole document	1-9
	-/--	

 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  22 June 2001	Date of mailing of the international search report  29/06/2001
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  Mielimonka, I

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 01/02376

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 474 261 A (STOLARCZYK LARRY G ET AL) 12 December 1995 (1995-12-12) abstract the whole document -----	1-9
A	US 5 748 091 A (KIM JOHN JUNGWOO) 5 May 1998 (1998-05-05) column 2, line 8 - line 15 column 7, line 10 - line 37 figures. .... -----	1-9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 01/02376

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9404820    A	03-03-1994	AU    4944793 A	15-03-1994
US 5313202    A	17-05-1994	NONE	
US 5900821    A	04-05-1999	DE    19619116 A JP    10068709 A	13-11-1997 10-03-1998
US 5474261    A	12-12-1995	NONE	
US 5748091    A	05-05-1998	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F03D7/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F03D G08B B64D B60S

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)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 94 04820 A (ULLERSTED HANS ;HANSEN PER (DK); NIELSEN ARNE (US)) 3. März 1994 (1994-03-03) Seite 6, Zeile 17 - Zeile 22 Anspruch 1 Abbildung 1	1-9
Y	US 5 313 202 A (HANSMAN JR ROBERT J ET AL) 17. Mai 1994 (1994-05-17) Spalte 1, Zeile 12 -Spalte 2, Zeile 36 Abbildungen 1-6	1-9
Y	US 5 900 821 A (PETZOLD SVEN) 4. Mai 1999 (1999-05-04) das ganze Dokument	1-9
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

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

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

22. Juni 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/06/2001

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

Mielimonka, I

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 474 261 A (STOLARCZYK LARRY G ET AL) 12. Dezember 1995 (1995-12-12) Zusammenfassung das ganze Dokument ---	1-9
A	US 5 748 091 A (KIM JOHN JUNGWOO) 5. Mai 1998 (1998-05-05) Spalte 2, Zeile 8 - Zeile 15 Spalte 7, Zeile 10 - Zeile 37 Abbildungen -----	1-9

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen

die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/02376

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9404820 A	03-03-1994	AU 4944793 A	15-03-1994
US 5313202 A	17-05-1994	KEINE	
US 5900821 A	04-05-1999	DE 19619116 A JP 10068709 A	13-11-1997 10-03-1998
US 5474261 A	12-12-1995	KEINE	
US 5748091 A	05-05-1998	KEINE	