



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



⑪ Veröffentlichungsnummer: **0 528 138 A1**

⑫

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑬ Anmeldenummer: **92110494.9**

⑮ Int. Cl. 5: **F01D 11/08, F01D 5/20**

⑭ Anmeldetag: **22.06.92**

⑯ Priorität: **08.08.91 CH 2349/91**

⑰ Anmelder: **ASEA BROWN BOVERI AG**

⑯ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**24.02.93 Patentblatt 93/08**

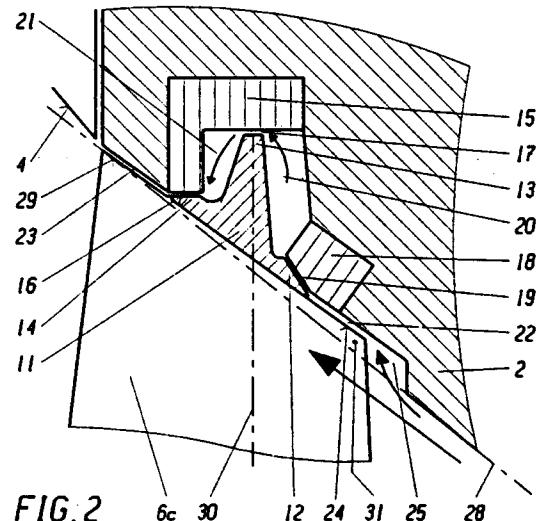
**CH-5401 Baden(CH)**

⑯ Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE FR GB IT LI NL SE**

⑰ Erfinder: **Kreitmeier, Franz**  
**Hägelerstrasse 75**  
**CH-5400 Baden(CH)**

### ④ Deckblatt für axialdurchströmte Turbine.

⑤ Bei einer Vorrichtung zur Dichtung des Spaltes zwischen den Laufschaufeln und dem mit konischer Kontur (28) ausgebildeten Gehäuse (2) einer Turbomaschine die Laufschaufeln (6) mit umlaufenden Deckplatten (11) versehen, welche mit Zacken (12, 13, 14) unter Bildung von Radialspalten (16, 17) gegen das Gehäuse dichten. Das konische Ende der Schaufeln (6) dichtet eintrittsseitig und austrittsseitig mit der Spitze (24, 29) gegen das Gehäuse (2) und die mittig am Schaufelende angeordnete Deckplatte (11) weist drei Drosselstellen gegen das Gehäuse auf, wobei die eintrittsseitige Drosselstelle einen Diagonalspalt (19) begrenzt. Das Schaufelende ist gegenüber der Kanalkontur mit einem positiven Versatz (31) versehen, welcher in eine im Schaufelträger (2) angeordnete Spaltentlastungskammer (25) hineinragt.



## Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Dichtung des Spaltes zwischen den Laufschaufeln und dem mit konischer Kontur ausgebildeten Gehäuse einer Turbomaschine, wobei die Laufschaufeln mit umlaufenden Deckplatten versehen sind, welche mit Zacken unter Bildung von Radialspalten gegen das Gehäuse dichten.

## Stand der Technik

Derartige Vorrichtungen sind bekannt. Sie bestehen im wesentlichen aus Deckplatten mit in Umfangsrichtung verlaufenden Zacken, die gegen das Gehäuse oder gegen eine Honigwabenanordnung (honeycomb) dichten. Dabei bilden sie ein glattes oder ein gestuftes Labyrinth mit reinen Radialspalten. In der Regel erstrecken sich diese Deckplatten über die ganze Schaufelbreite. Eine derartige bekannte Dichtung ist in der später zu beschreibenden Fig. 1 anhand der Laufschaufel der zweiten Stufe dargestellt. Bei den mechanisch und/oder thermisch hochbelasteten Laufschaufeln der letzten Stufe beispielsweise einer Gasturbine ist eine derartige Lösung mit herkömmlichen Werkstoffen nicht mehr möglich.

Abhilfe schafft hier die klassische Spitzendichtung mit Dämpfervorrichtung in der Hauptströmung. Eine solche Dämpfervorrichtung, welche beispielsweise ein Dämpferdraht sein kann, ist unbedingt erforderlich bei freistehenden langen Schaufeln mit tiefer Eigenfrequenz. Schaufeln mit Spitzendichtung und Mitteln zur Schwingungsverhütung weisen indes den Nachteil von grosser Dissipation am Dämpferdraht und in der Spitzendichtung auf.

## Darstellung der Erfindung

Die Erfindung versucht all diese Nachteile zu vermeiden. Des Weiteren liegt ihr noch die zusätzliche Aufgabe zugrunde, bei Schaufeln der eingangs genannten Art die Führung der Hauptströmung zu gewährleisten.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass das konische Ende der Schaufeln eintrittseitig und austrittseitig mit der Spitze gegen das Gehäuse dichtet und dass die mittig am Schaufelende angeordnete Deckplatte drei Drosselstellen gegen das Gehäuse aufweist, wobei die eintrittseitige Drosselstelle einen Diagonalspalt bildet.

Der Vorteil der Erfindung ist unter anderem darin zu sehen, dass bei der neuen Dichtung nur kleine Spaltmengen auftreten, was insbesondere wichtig ist bei Endstufen. Hierdurch können hohe Wirkungsgrade der Kombination Endstufe/ Diffusor erzielt werden. Darüberhinaus sind durch das

schmale Deckband bei den hohen Umfangsgeschwindigkeiten geringe Reibungsverluste zu erwarten.

Es ist besonders zweckmässig, wenn die Deckplatten rotationssymmetrisch ausgebildet sind und wenn die Trennfugen zwischen benachbarten Deckplatten in Richtung der Profilsehne verlaufen. Bei dieser Ausbildung wird die unvermeidliche Leckströmung zwischen den Deckplatten in Richtung der Hauptströmung umgelenkt.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Trennfuge mit drei Stufen versehen ist, wobei die Stufen in der Axialebene der drei Drosselstellen verlaufen. Anlässlich des Betriebes der Turbomaschine kommt es in diesen Stufen zwischen benachbarten Deckplatten bei der Entwindung der Schaufeln zur Anlage. Hierdurch entsteht die erforderliche dämpfende Wirkung.

Mit Vorteil weist das Schaufelende gegenüber der Gehäusekontur eine geringere Neigung auf. Dies Neigung soll so bemessen sein, dass ein positiver Versatz am Schaufelende entsteht, welcher seinen grössten Wert im Bereich der Schaufeleintrittskante aufweist und welcher in eine im Gehäuse angeordnete Spaltentlastungs-Kammer hineinragt. Mit dieser Spaltentlastung wird eine Reduktion des Leckagestromes über das Deckband erzielt, indem die Hauptströmung in Spalt Nähe abgedrängt wird.

Sofern sich der Deckplatten-Zacken, welcher die mittlere Drosselstelle bildet, in der Axialebene der Schaufelschwerlinie befindet, werden zusätzliche Biegemomente auf das Schaufelblatt vermieden.

Ist darüberhinaus das Gehäuse an den drei Drosselstellen mit Honigwabenanordnungen versehen, so sind bei einem allfälligen Anstreifen keine Beschädigungen am hochempfindlichen Deckband zu erwarten; Diese Honigwabendichtungen bewirken auch, dass die Wärmeentwicklung beim Anstreifen möglichst gering bleibt. Damit bleiben auch die Festigkeitseigenschaften der beteiligten hochbelasteten Elemente intakt.

Schliesslich werden zur Gewichtsreduktion der Deckplatten vorzugsweise die die Drosselstellen bildenden Zacken der Deckplatten an den Deckplattenüberhängen in Umfangsrichtung verjüngt ausgebildet.

## Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer axialdurchströmten Gasturbine dargestellt.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Teillängsschnitt der Gasturbine;  
Fig. 2 einen Teilquerschnitt durch die Dichtvorrichtung der letzten Laufreihe;

Fig. 3 die teilweise Abwicklung einer Draufsicht auf die Schaufelenden der letzten Laufreihe.

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Nur ange deutet sind beispielsweise die angrenzenden Anlage teile wie Brennkammer und Austritts diffusor sowie die Schaufelfüsse. Nicht dargestellt ist die bei dieser Art von Maschinen übliche Schaufelkühlung. Die Strömungsrichtung der Arbeitsmittel ist mit Pfeilen bezeichnet.

### Weg zur Ausführung der Erfindung

Die dreistufige Gasturbine in Fig. 1 besteht im wesentlichen aus dem beschauften Rotor 1 und dem mit Leitschaufeln bestückten Schaufelträger 2. Der Schaufelträger, der eine stark konische Kanal kontur von  $40^\circ$  aufweist, ist in einem nicht gezeigten Turbinengehäuse eingehängt. Nachstehend ist der Begriff Schaufelträger gleichbedeutend mit dem Begriff Gehäuse. Vom Austritt der Brennkammer 3 gelangt das Arbeitsmittel in die Turbine. Deren durchströmter Kanal mündet in das Abgas gehäuse, von dem bloss die Innenwandungen 4 des Diffusors gezeigt sind. Die Beschaufelung besteht aus drei Leitreihen 5a, 5b und 5c sowie drei Laufreihen 6a, 6b und 6c. Die Schaufeln der Leitreihen dichten mittels Deckbändern 7 gegen den Rotor 1. Die Schaufeln der ersten Laufreihe 6a sind freistehend; d.h. sie dichten mit der Schaufelspitze gegen den Schaufelträger 2. Die Schaufeln der mittleren Laufreihe 6b sind mit der eingangs erwähnten, an sich bekannten Deckplattendichtung 8 versehen. Die eigentliche Dichtung besteht aus in Umfangsrichtung verlaufenden Zacken, die gegen eine Honigwabenanordnung (honeycomb) 9 laufen. Die sich über die ganze Schaufelbreite erstreckenden Deckplatten bilden dabei ein gestuftes Labyrinth mit reinen Radialspalten. Im vorliegenden Fall sei angenommen, dass während des Betriebes der Rotor und das Gehäuse anlässlich der grossen relativen Axialdehnungen aufeinander zulaufen. Deshalb ist gegen axiales Anstreifen eine weitere Honigwabenanordnung 10 am Schaufelträger gegenüber der eintrittsseitigen Partie der Deckplatten vorgesehen.

Die hoch belasteten Laufschaufeln 6 der Austritts laufreihe 6c weisen im radial äusseren Bereich ein Verhältnis Teilung/Sehne von ca. 1 auf. Sie arbeiten mit grossen Spitzen umfangsgeschwindigkeiten von bis zu  $650 \text{ m/sec}$  in einem Temperatur bereich von bis zu  $650^\circ\text{C}$ . Sie sind gemäss Fig. 2 mit je einer mittig am Schaufelende angeordneten Deckplatte 11 versehen, welche drei Drosselstellen gegen den Schaufelträger 2 bildet. Hierzu sind die Platten in drei verschiedenen Radialebenen mit umlaufenden Zacken 12, 13, 14 versehen. Der aus-

5 trittseitige Zacken 14 bildet zusammen mit einer im Schaufelträger 2 eingesetzten Honigwabenanordnung 15 einen Radialspalt 16. Der mittlere Zacken 13, welcher sich in der Axialebene der Schaufel schwerlinie 30 befindet, bildet zusammen mit der gleichen, an entsprechender Stelle abgestuften Honigwabenanordnung 15 ebenfalls einen Radialspalt 17. Der eintrittseitige Zacken 12 verläuft diagonal und bildet zusammen mit einer entsprechend konfigurierten Honigwabenanordnung 18 einen Diagonal spalt 19. In Fig. 2 ist die Betriebsposition gezeigt, jene Stellung also, bei welcher der Diagonal spalt 19 das Betriebsspiel darstellt. Die Axialdehnung wird also ausgenutzt, um einen Drossel spalt zu kreieren.

10 Die drei Zacken schliessen zwei Wirbelkammern 20, 21 ein, wobei durch die radiale Versetzung der Drosselstellen diese sich gegenseitig nicht beeinflussen. Das konische Ende der Schaufeln dichtet eintrittseitig und austrittseitig mit der Spitze 24 resp. 29 gegen das Gehäuse. Am Schaufeleintritt wird somit über diese Spitzendichtung eine zusätzliche Drosselstelle 22 gebildet. Die Spitzendichtung am Austritt bildet ebenfalls eine zusätzliche Drosselstelle 23 anstelle der bisherigen freien Wirbelräume an dieser Stelle, wie sie die Deckplattendichtung 8 bei der mittleren Laufreihe 6b beinhaltet. Diese neue Art der Spitzendichtung am Austritt bewirkt eine sauber geführte Abströmung in den Diffusor.

15 Gemäss Fig. 2 ist das Schaufelende eintrittseitig mit einem positiven Versatz 31 versehen. Dieser Versatz wird dadurch gebildet, dass die Schaufelspitze gegenüber der Konizität 28 der Kanalkontur einen kleineren Wert aufweist. Der Versatz 31 ragt in eine im Schaufelträger 2 angeordnete Spaltentlastungs-Kammer 25 hinein. Zur Bildung der dortigen Spitzendichtung ist die Innenkontur der Spaltentlastungs-Kammer an die Konizität der Schaufelspitze angepasst. Hierdurch wird eine aerodynamische Entlastung des Schaufelpaltes bewirkt. Die Druckdifferenz über dem Schaufel spalt sinkt und die Umlenkung wird verbessert. Dadurch werden insgesamt die sogenannten Spaltverluste reduziert.

20 In Fig. 3 ist erkennbar, dass die Deckplatten 11 rotationssymmetrisch ausgebildet sind. Die Trennfugen 26 zwischen benachbarten Deckplatten verlaufen in Richtung der Profil sehne. Die in Umfangsrichtung gelegenen Seiten der Deckplatten sind mit drei Stufen 27 versehen. Diese Stufen verlaufen in der Axialebene der drei Dichtzacken, um an den Dichtflächen eine durchgehende Dichtung zu gewährleisten. Darüber hinaus übernehmen diese Stufen die mechanische Kopplung der Deckplatten untereinander zwecks Erzielung der dämpfenden Wirkung. Die Zacken 12, 13 und 14 sind an den beiden Überhängen jeder Deckplatte in Umfangs-

richtung verjüngt. Diese Verjüngungen 12a, 13a und 14a tragen wesentlich zur Gewichtserspartnis der Deckplatten bei.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf das gezeigte und beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. In Abweichung zur in Fig. 2 gezeigten Ausbildung könnte es zweckmäßig sein, die Deckplatte mitsamt der Diagonaldichtung näher zur Schaufeleintrittskante heranzuziehen, ggfs sogar bündig mit der Eintrittskante zu gestalten, sofern dies die Festigkeitserfordernisse zulassen.

### Bezugszeichenliste

1	Rotor	15
2	Schaufelträger, Gehäuse	
3	Brennkammer	
4	Innenwandungen des Diffusors	
6	Laufschaufel	
5a,b,c	Leitreihe	20
6a,b,c	Laufreihe	
7	Deckbänder	
8	Deckplattendichtung	
9	Honigwabenanordnung radial	
10	Honigwabenanordnung axial	25
11	Deckplatte	
12	Zacken	
12a	Verjüngung	
13	Zacken	
13a	Verjüngung	30
14	Zacken	
14a	Verjüngung	
15	Honigwabenanordnung	
16	Radialspalt	
17	Radialspalt	35
18	Honigwabenanordnung	
19	Diagonalspalt	
20	Wirbelkammer	
21	Wirbelkammer	
22	Drosselstelle	40
23	Drosselstelle	
24	Schaufel spitze eintrittsseitig	
25	Spaltentlastungs-Kammer	
26	Trennfuge	
27	Stufe	45
28	Konizität	
29	Schaufel spitze austrittsseitig	
30	Schaufelschwerlinie	
31	positiver Versatz am Schaufelende	
		50

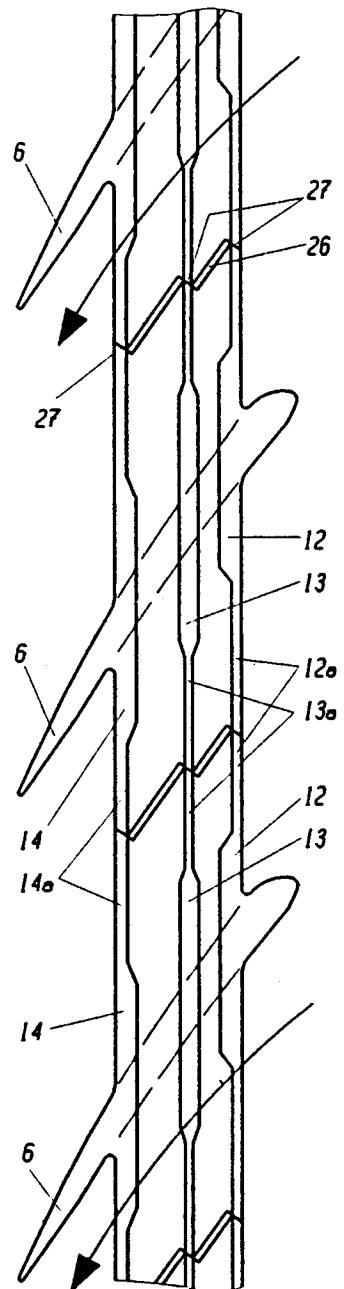
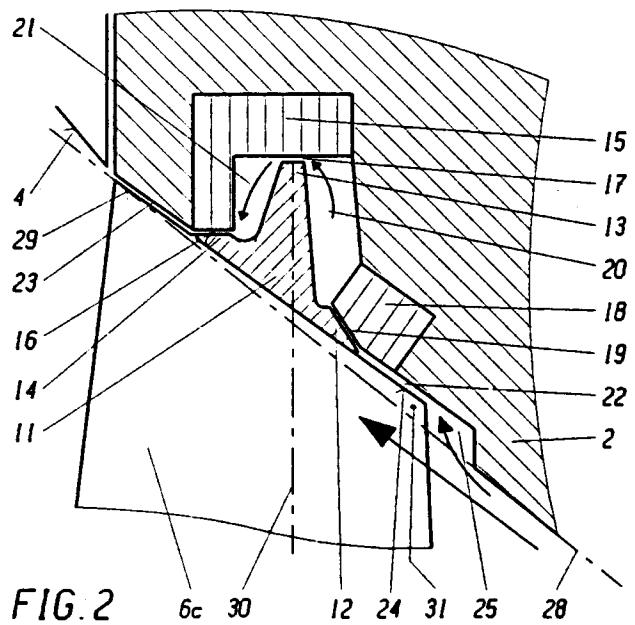
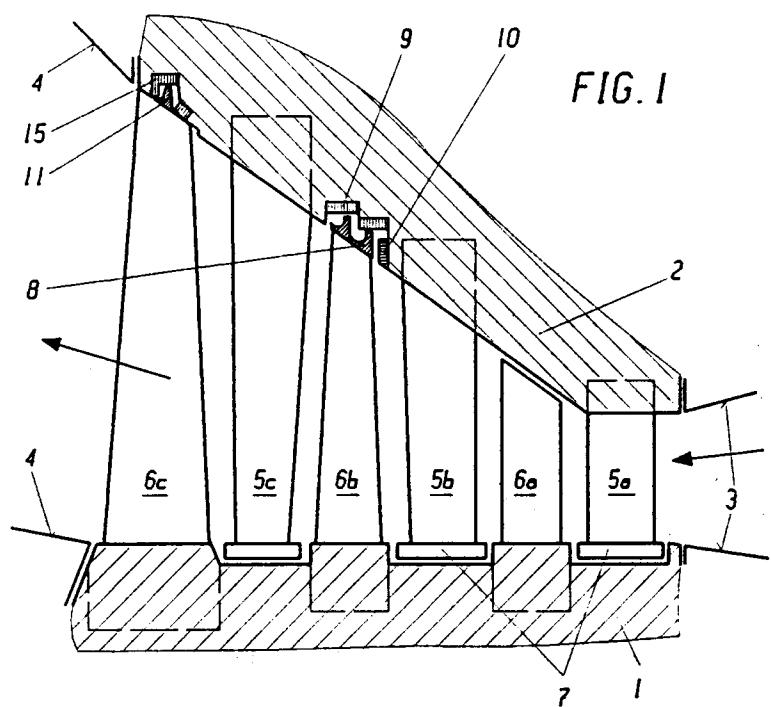
von Radialspalten (16, 17) gegen das Gehäuse dichten,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das konische Ende der Schaufeln (6) eintrittsseitig und austrittsseitig mit der Spitze (24, 29) gegen das Gehäuse (2) dichtet und  
dass die mittig am Schaufelende angeordnete Deckplatte (11) drei Drosselstellen gegen das Gehäuse aufweist, wobei die eintrittsseitige Drosselstelle einen Diagonalspalt (19) bildet.

- Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckplatten (11) rotations-symmetrisch ausgebildet sind.
- Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennfugen (26) zwischen benachbarten Deckplatten (11) in Richtung der Profil sehne verlaufen.
- Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennfuge (11) mit drei Stufen (27) versehen ist, wobei die Stufen in der Axialebene der Zacken (12, 13, 14) verlaufen.
- Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaufelende gegenüber der Gehäusekontur (28) eine geringere Neigung aufweist derart, dass der dadurch entstehende positive Versatz (31) am Schaufelende in eine im Gehäuse (2) angeordnete Spaltentlastungs-Kammer (25) hineinragt.
- Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Deckplatten-Zacken (13), welcher die mittlere Drosselstelle bildet, sich zumindest annähernd in der Axialebene der Schaufelschwerlinie (16) befindet.
- Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an den drei Drosselstellen das Gehäuse mit Honigwabenanordnungen (15, 18) versehen ist.
- Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die die Drosselstellen bildenden Zacken (12, 13, 14) der Deckplatten (11) an den Deckplattenüberhängen in Umfangsrich-tung verjüngt (12a, 13a, 14a) sind.

55

### Patentansprüche

- Vorrichtung zur Dichtung des Spaltes zwischen den Laufschaufeln und dem mit konischer Kon-tur (28) ausgebildeten Gehäuse (2) einer Tur-bomaschine, wobei die Laufschaufeln (6) mit umlaufenden Deckplatten (11) versehen sind, welche mit Zacken (12, 13, 14) unter Bildung





Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 11 0494

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)		
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch			
A	GB-A-10 179 (H. HOLZER) * das ganze Dokument *	1	F01D11/08 F01D5/20		
A	---				
A	FR-A-1 454 748 (SOCIÉTÉ ANONYME BROWN, BOVERI & CIE.) * das ganze Dokument *	1			
A	---				
A	EP-A-0 194 957 (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION) * Zusammenfassung *	1			
A	---				
A	GB-A-2 153 919 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) * Zusammenfassung *	1			
A	---				
A	FR-A-2 406 074 (SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION) * Abbildung 5 *	1			
A	---				
A	GB-A-2 215 407 (ROLLS-ROYCE LTD.) * Abbildung 5 *	3			
	-----				
			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl.5)		
			F01D		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt					
Recherchemort <b>DEN HAAG</b>	Abschlußdatum der Recherche <b>04 NOVEMBER 1992</b>	Prüfer <b>CRIADO Y JIMENEZ, F.</b>			
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b>					
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze				
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist				
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument				
O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument				
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument				