

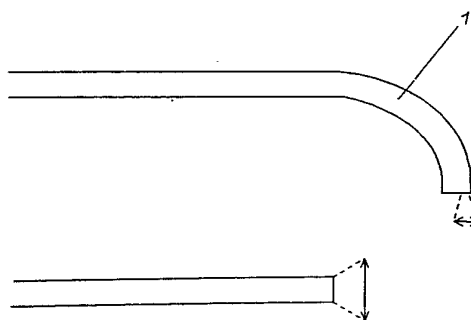


**PCT**  
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>5</sup> : <b>A61C 19/00, G02B 6/16, 6/255</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 93/13729</b> (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 22. Juli 1993 (22.07.93)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE93/00022 (22) Internationales Anmeldedatum: 14. Januar 1993 (14.01.93) (30) Prioritätsdaten: P 42 00 887.5      15. Januar 1992 (15.01.92)      DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V. [DE/DE]; Bunsenstr. 10, D-3400 Göttingen (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : HERING, Peter [DE/DE]; Falkensteinweg 21, D-8046 Garching (DE). HAISCH, Michael [DE/DE]; Willibaldstr. 49 b, D-8000 München 21 (DE).</p>		<p>(74) Anwalt: KÖSTER &amp; HANKE; Leopoldstr. 77, D-8000 München 40 (DE). (81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.</p>

(54) Title: DEVICE FOR INCREASING THE LIGHT INTENSITY AT THE END OF LIGHT WAVEGUIDES

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR ERHÖHUNG DER LICHTINTENSITÄT AM ENDE VON LICHTWELLENLEITERN



(57) Abstract

To increase the intensity of the light at the end of a light waveguide, in the present state of the art either various optics are fitted at the end of the light waveguide or tapered light waveguides are used. Such light waveguides are found to be comparatively expensive. To improve the light intensity at the end of a light waveguide it is proposed to use a curved light guide section in which the refractive index, at least at its core, is uniform and the light waveguide terminates immediately at the end of the curve. The light passing through the curved guide section is at a maximum intensity at the side opposite the centre of the curve.

(57) Zusammenfassung

Zur Intensitätserhöhung des Lichts am Ende eines Lichtwellenleiters werden nach dem Stand der Technik entweder verschiedene Optiken an das Ende des Lichtwellenleiters gesetzt oder getaperte (trichterförmige) Lichtwellenleiter verwendet. Solche Lichtwellenleiter sind vergleichsweise aufwendig getroffen. Es wird vorgeschlagen, zur Erhöhung der Lichtintensität am Ende eines Lichtwellenleiters ein gebogenes Lichtleiterstück vorzusehen, wobei der Brechungsindex zumindest des Kerns des gebogenen Lichtleiterstücks homogen ist und der Lichtwellenleiter unmittelbar hinter dem Bogen endet. Das durch das gebogene Lichtleiterstück fließende Licht bildet an der dem Krümmungsmittelpunkt abgewandten Seite ein Intensitätsmaximum.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

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

AT	Österreich	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
AU	Australien	GA	Gabon	MW	Malawi
BB	Barbados	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BE	Belgien	GN	Guinea	NO	Norwegen
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NZ	Neuseeland
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	PL	Polen
BJ	Benin	IE	Irland	PT	Portugal
BR	Brasilien	IT	Italien	RO	Rumänien
CA	Kanada	JP	Japan	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SD	Sudan
CG	Kongo	KR	Republik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KZ	Kasachstan	SK	Slowakische Republik
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	SU	Soviet Union
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TD	Tschad
CZ	Tschechische Republik	MC	Monaco	TG	Togo
DE	Deutschland	MG	Madagaskar	UA	Ukraine
DK	Dänemark	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
ES	Spanien	MN	Mongolei	VN	Vietnam
FI	Finnland				

Vorrichtung zur Erhöhung der Lichtintensität am Ende von Lichtwellenleitern

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erhöhung der Lichtintensität am Ende von Lichtwellenleitern.

Um die Lichtintensität am Ende von Lichtwellenleitern zu erhöhen, ist es bekannt, verschiedene Optiken an das Ende des Lichtwellenleiters zu setzen oder getaperte (trichterförmige) Lichtwellenleiter zu verwenden. Die Verwendung von zusätzlichen optischen Einrichtungen sowie die Fertigung getaperter Lichtwellenleiter ist sehr aufwendig. Dementsprechend teuer sind solche Lichtwellenleiter. Außerdem lassen sich nicht aus allen Materialien getaperte Lichtwellenleiter herstellen.

Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung einer Vorrichtung der eingangs genannten Art, bei der mit Hilfe einfacher Mittel die Lichtintensität am Ende von Lichtwellenleitern erhöht werden kann.

Gelöst wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe durch eine Vorrichtung der im Patentanspruch 1 gekennzeichneten Art.

Vorteilhaft weitergebildet wird der Erfindungsgegenstand durch die Merkmale der Unteransprüche 2 bis 9.

Wesen der Erfindung ist ein gebogenes Lichtleiterstück am Ende des Lichtwellenleiters. Fließt Licht durch das gebogene Lichtleiterstück, bildet sich an der dem Krümmungsmittelpunkt abgewandten Seite ein Intensitätsmaximum.

- 2 -

Wesentlich für die Erhöhung der Intensität ist, daß der Brechungsindex zumindest des Kerns des gebogenen Lichtleiterstücks homogen ist. Dies bedeutet, daß im Lichtleiterstück keine Materialspannungen auftreten dürfen. Es genügt daher nicht, einen flexiblen Lichtwellenleiter durch eine geeignete Vorrichtung zu biegen.

Die Intensitätserhöhung tritt nur unmittelbar hinter dem Bogen auf. Befindet sich hinter dem Bogen noch ein Stück eines geraden Lichtwellenleiters, kann sie nicht ausgenutzt werden.

Das Bogenstück erhält man, indem man z.B. einen einstückigen Lichtwellenleiter am Ende so biegt, daß der Brechungsindex im Bogen homogen bleibt. Bei thermoplastischen Materialien kann dies durch Erwärmen des Materials erreicht werden.

Alternativ dazu kann man den Bogen auch an einen anderen Lichtwellenleiter ankoppeln. Als gebogenes Lichtleiterstück eignet sich z.B. ein Glasstab, der in einer Flamme gebogen und anschließend noch getempert wird. Für den UV- und den IR-Bereich können auch andere Materialien verwendet werden, die sich unter Wärmeeinwirkung oder auf eine andere Weise biegen lassen, ohne daß Spannungen auftreten, die den Brechungsindex ändern.

Das Material kann auch bereits in Bogenform hergestellt, z.B. gegossen werden.

Weiterhin können Lichtleiterstücke mit flüssigem Kern eingesetzt werden. Falls das Lichtleiterstück am Ende abgeschlossen werden soll, muß der Abschluß sehr kurz sein, da die Intensitätserhöhung nur unmittelbar am Ende des gekrümmten Abschnitts auftritt.

-3-

Hohle Lichtleiterstücke, in denen das Licht durch metallische oder dielektrische Reflexion geleitet wird, sind ebenfalls geeignet.

Der Bogenwinkel beträgt vorzugsweise mehr als etwa 45 bis 60 Grad. Insbesondere ist ein Bogenwinkel von exakt 90 Grad vorgesehen. Ein derartiger Lichtwellenleiter ist z.B. in der Zahnmedizin bei der Behandlung von Zähnen von Vorteil.

Der Krümmungsradius des gebogenen Lichtleiterstücks sollte möglichst klein sein. Da die Biegeverluste bei kleinen Biegeradien stark ansteigen, ist es zweckmäßig, die numerische Apertur des gebogenen Lichtleiterstücks größer als die des vorhergehenden Lichtleiters zu wählen.

Verwendet man einen gebogenen Glas- oder Quarzstab, erhält man eine relativ hohe numerische Apertur, wenn der Stab nur von Luft oder von Wasser umgeben ist. Alternativ dazu kann man den Stab auch verspiegeln.

Zwar kennt man nach dem Stand der Technik Lichtleiteranordnungen, die im Bereich ihres Endes einen Bogen aufweisen (z.B. aus DE-PS 30 09 171, DE-OS 28 08 045, DE-OS 29 07 249). Der Bogen ist jedoch nicht zur Intensitätserhöhung des Lichtes eingesetzt, sondern nur, um schwer zugängliche Stellen zu erreichen. Die bekannten Lichtwellenleiter endigen nicht unmittelbar nach dem Bogen, sondern besitzen in der Regel noch ein geradliniges Stück. Dementsprechend wird bekanntermaßen nicht gefordert, daß der Brechungsindex im gebogenen Lichtleiterstück homogen ist, noch daß der gebogene Lichtleiter unmittelbar nach dem Bogen endet.

-4-

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die aus einer einzigen Figur bestehenden Zeichnung näher erläutert, die schematisch einen endseitig gebogenen Lichtwellenleiter (oben) im Vergleich zu einem bekannten geradlinigen Lichtwellenleiter (unten) zeigt.

Der oben in der Zeichnung dargestellte endseitig gebogene Lichtwellenleiter, der auch als fokussierender Lichtleiter bezeichnet wird, ist ein endseitig gebogener Glasstab aus Vollmaterial, der in einer Flamme gebogen und anschließend getempert worden ist. Er besitzt zumindest im Kern des gebogenen Lichtleiterstücks einen homogenen Brechungsindex. Der Lichtwellenleiter endet unmittelbar nach dem Bogen. Der Bogenwinkel beträgt 90 Grad.

Fließt Licht durch das gebogene Lichtleiterstück 1, bildet sich an der dem Krümmungspunkt abgewandten Seite ein Intensitätsmaximum, welches in der Zeichnung gestrichelt dargestellt ist. Demgegenüber emittiert das Licht beim bekannten geradlinigen Lichtwellenleiter in Richtung der geradlinigen Lichtleiterachse. Um eine Erhöhung der Lichtintensität am Ende des bekannten Lichtwellenleiters zu erreichen, ist es erforderlich, zusätzliches optisches Gerät einzusetzen oder den Lichtwellenleiter mit einer Taperung zu versehen.

Die Lichtintensitätserhöhung am Ende des fokussierenden Lichtleiters kann z.B. nach dem Ray-Tracing-Verfahren berechnet werden.

In einem Versuch wurde an einigen gebogenen Glasstäben mit einer CCD-Kamera das Intensitätsprofil aufgenommen. Dabei wurde festgestellt, daß die gesamte Lichtenergie nur durch etwa ein Viertel des Lichtwellenleiterquerschnitts fließt.

-5-

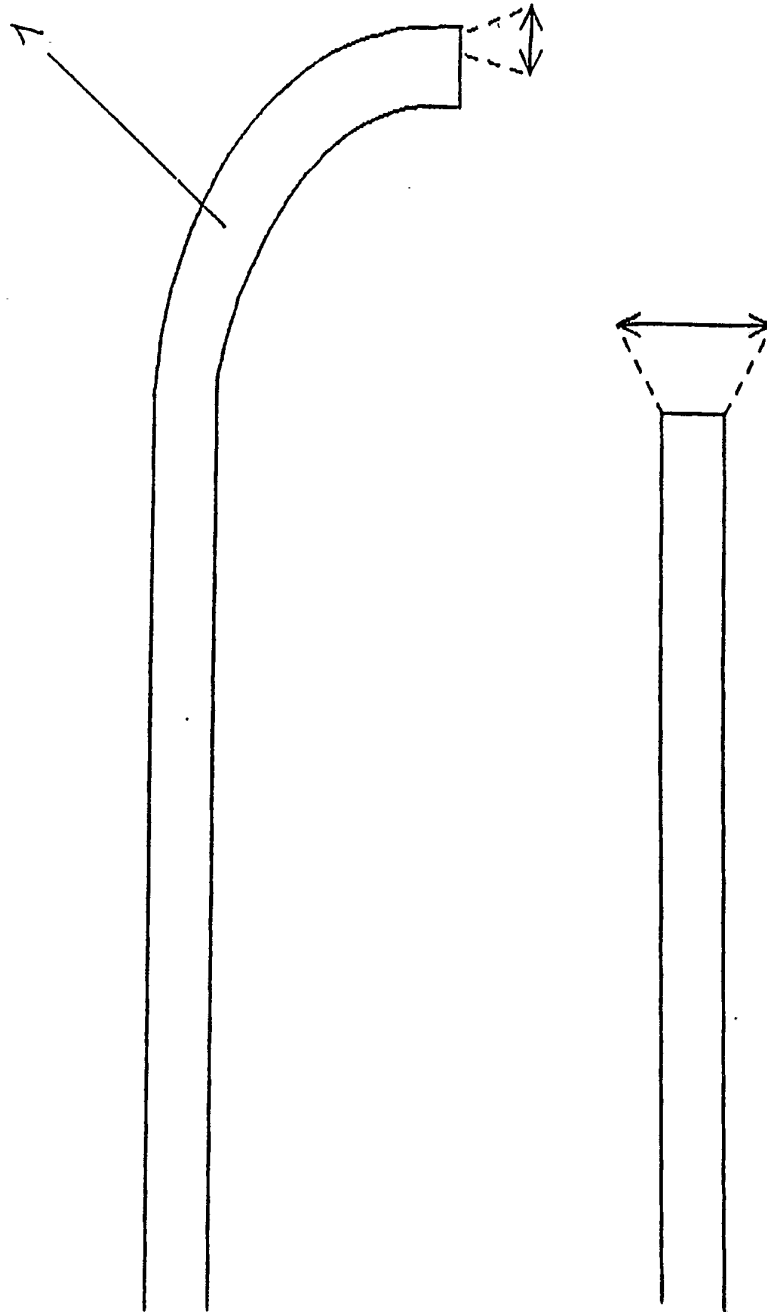
Entsprechend tritt am Ende des Bogens an der dem Krümmungsmittelpunkt abgewandten Seite eine Erhöhung der Lichtintensität auf.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erhöhung der Lichtintensität am Ende von Lichtwellenleitern, dadurch gekennzeichnet, daß ein gebogenes Lichtleiterstück (1) das Ende des Lichtwellenleiters bildet, wobei der Brechungsindex zumindest des Kerns des gebogenen Lichtleiterstücks homogen ist, welches einstückig mit dem vorhergehenden Lichtleiter ausgebildet oder als separater Bogen an den vorangehenden Lichtleiter angesetzt ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Bogenwinkel des gebogenen Lichtleiterstücks (1) mehr als etwa 45 bis 60 Grad, vorzugsweise exakt 90 Grad, beträgt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die numerische Apertur des gebogenen Lichtleiterstücks (1) gleich oder größer ist als die des vorhergehenden Lichtleiters.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein unter Wärmeeinwirkung gebogenes Lichtleiterstück (1) aus thermoplastischem Material vorgesehen ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Material des Lichtleiterstücks (1) bereits in Bogenform vorgefertigt, insbesondere vorgegossen ist.

- 7 -

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das gebogene Lichtleiterstück (1) getempert ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das gebogene Lichtleiterstück (1) ein Glas- oder  
Quarzstab ist, der von Luft oder Wasser umgeben oder  
verspiegelt ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein hohles gebogenes Lichtleiterstück mit metalli-  
scher oder dielektrischer Lichtreflexion vorgesehen  
ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein hohles gebogenes Lichtleiterstück mit einem  
flüssigen Kern und einem endseitigen dünnwandigen Ab-  
schluß vorgesehen ist.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE 93/00022

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl.<sup>5</sup> A61C19/00; G02B6/16; G02B6/255  
 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)

Int. Cl.<sup>5</sup> A61C ; G02B

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 practicable, 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.
X	US,A,3 801 181 (I. KITANO ET AL.) 2 April 1974 see column 5, line 27 - column 15, line 33; figures 9,20A,20B	1,2
A	EP,A,0 365 724 (GENERAL ELECTRIC CO.) 2 May 1990 see page 3, line 18 - page 5, line 5; figures 3A,4,5,6A	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, No. 234 (P-230)(1379) 18 October 1983 & JP,A,58 122 504 ( KOKUSAI DENSHIN DENWA K.K. ) 21 July 1983 see abstract	1
	./.	

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 13 April 1993 (13.04.93)	Date of mailing of the international search report 21 April 1993 (21.04.93)
---	--

Name and mailing address of the ISA EUROPEAN PATENT OFFICE	Authorized officer:
Facsimile No	Telephone No

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/DE 93/00022

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,A,4 846 546 (J. CUDA) 11 July 1989 see column 4, line 4 - column 6, line 14; figures 1-7	1

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

DE 9300022  
SA 69492

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 13/04/93

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-3801181	02-04-74	BE-A- 737210	16-01-70
		DE-A- 1939478	06-05-70
		FR-A- 2015446	24-04-70
		GB-A- 1290713	27-09-72
		NL-A- 7811780	27-04-79
		NL-A- 6912153	12-02-70
		GB-A- 1290714	27-09-72
-----	-----	-----	-----
EP-A-0365724	02-05-90	US-A- 4906062	06-03-90
-----	-----	-----	-----
US-A-4846546	11-07-89	None	
-----	-----	-----	-----

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/DE 93/00022

Internationales Aktenzeichen

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) <sup>6</sup>		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC Int.Kl. 5 A61C19/00; G02B6/16; G02B6/255		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff <sup>7</sup>		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Kl. 5	A61C ; G02B	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen <sup>8</sup>		
III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN <sup>9</sup>		
Art. <sup>9</sup>	Kennzeichnung der Veröffentlichung <sup>11</sup> , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile <sup>12</sup>	Betr. Anspruch Nr. <sup>13</sup>
X	US,A,3 801 181 (I. KITANO ET AL.) 2. April 1974 siehe Spalte 5, Zeile 27 - Spalte 15, Zeile 33; Abbildungen 9,20A,20B ---	1,2
A	EP,A,0 365 724 (GENERAL ELECTRIC CO.) 2. Mai 1990 siehe Seite 3, Zeile 18 - Seite 5, Zeile 5; Abbildungen 3A,4,5,6A ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 234 (P-230)(1379) 18. Oktober 1983 & JP,A,58 122 504 ( KOKUSAI DENSHIN DENWA K. K. ) 21. Juli 1983 siehe Zusammenfassung ---	1
	-/--	
<p><sup>10</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
13.APRIL 1993	21 APR 1993	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
EUROPAISCHES PATENTAMT	SARNEEL A.P.	

III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art °	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US,A,4 846 546 (J. CUDA) 11. Juli 1989 siehe Spalte 4, Zeile 4 - Spalte 6, Zeile 14; Abbildungen 1-7 -----	1

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

DE 9300022  
 SA 69492

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13/04/93

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-3801181	02-04-74	BE-A- 737210	16-01-70
		DE-A- 1939478	06-05-70
		FR-A- 2015446	24-04-70
		GB-A- 1290713	27-09-72
		NL-A- 7811780	27-04-79
		NL-A- 6912153	12-02-70
		GB-A- 1290714	27-09-72
-----	-----	-----	-----
EP-A-0365724	02-05-90	US-A- 4906062	06-03-90
-----	-----	-----	-----
US-A-4846546	11-07-89	Keine	
-----	-----	-----	-----

EPO FORM P0473

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82