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

(51) Internationale Patentklassifikation 5 :		(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 91/16863
A61C 1/00	A1	(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 14. November 1991 (14.11.91)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP91/00831

(22) Internationales Anmeldedatum: 3. Mai 1991 (03.05.91)

(30) Prioritätsdaten:
P 40 14 303.1 4. Mai 1990 (04.05.90) DE

(71)(72) Anmelder und Erfinder: RECHMANN, Peter [DE/DE]; Dellestraße 79, D-4000 Düsseldorf-Unterbach (DE).

(74) Anwälte: DALLMEYER, Georg usw. ; Deichmannhaus am Hauptbahnhof, D-5000 Köln 1 (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CA, CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, KR, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.

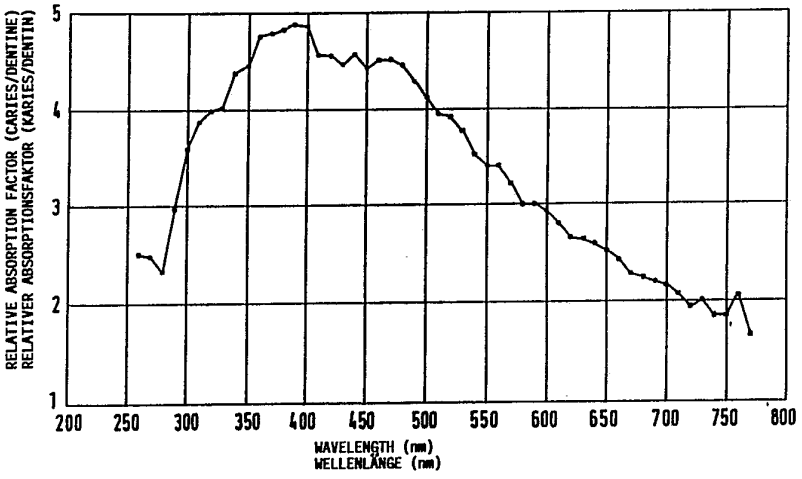
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: DEVICE FOR REMOVING CARIOUS TOOTH MATERIAL WITH LASER LIGHT

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM ENTFERNEN VON KARIÖSEM ZAHNMATERIAL MIT LASERLICHT

(57) Abstract

In a device for removing carious tooth material with a laser beam generated by a pulsed laser light source and a flexible laser light-guide via which the laser beam generates a light spot on the tooth to be treated, according to the invention the laser light source emits laser light at a wavelength in the range between 320 and 520 nm and the pulsed laser light has an energy density in the light spot of about 0.14 to about 7.0 J/cm^2 per pulse.



(57) Zusammenfassung

Vorrichtung zum Entfernen von kariösem Zahnmaterial mit Laserlicht sowie Verwendung einer Laserlichtquelle. Bei einer Vorrichtung zum Entfernen von kariösem Zahnmaterial mit einem von einer gepulsten Laserlichtquelle erzeugten Laserlichtstrahl und einer flexiblen Laserlichtleitung, über die der Laserlichtstrahl einen Lichtfleck auf einem zu behandelnden Zahn erzeugt, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Laserlichtquelle Laserlicht mit einer Wellenlänge im Bereich zwischen 320 und 520 nm emittiert, und daß das gepulste Laserlicht pro Laserlichtimpuls eine Energiedichte im Lichtfleck von ca. 0,14 bis ca. 7,0 J/cm^2 aufweist.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

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

VORRICHTUNG ZUM ENTFERNEN VON KARIOSEM ZAHNMATERIAL MIT LASERLICHT

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zum Entfernen von kariösem Zahnmaterial mit Laserlicht nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie der Verwendung einer Laserlichtquelle nach dem Oberbegriff des Anspruchs 14.

Aus der DE 38 00 555 A ist die Verwendung eines ultravioletten Laserlichts mit einer Wellenlänge von 193 nm bekannt, das von einem Argonfluorid-Excimer-Laser emittiert wird. Die Photonenenergie des Laserlichts wird auf Größen kumuliert, die größer sind als die Bindungsenergien der jeweils aufzulösenden Zahnhartsubstanzen. Bei einer Energiedichte von mindestens 5000 mJ/mm^2 pro Puls unter Fokussierung auf einen Lichtfleck von ca. 1 - 2 mm^2 soll es möglich sein, eine Impulsenergiedichte zu erzeugen, bei welcher der Schwellenwert zum Eintritt der Photodekomposition in ausreichender Größenordnung überschritten wird. Für die Repetitionsrate der Laserimpulse wird vorgeschlagen, eine Frequenz von kleiner als 100 Hz zu wählen. Die Laserimpulsdauer beträgt ca.

15 bis 20 ns. Das bekannte Verfahren soll die kontrollierte Entfernung von gesunden oder kariösen Zahnhartsubstanzen ermöglichen.

Aus der US 4 521 194 A und der US 4 818 230 A ist es bekannt, einen Yttrium-Aluminium-Granat-Laser (Wellenlänge 1064 nm) zu verwenden, dessen Ausgangsenergie im Bereich zwischen 1 und 100 mJ bei einer Impulsdauer von einigen Picosekunden bis zu einigen Millisekunden und dessen Lichtstrahldurchmesser im Bereich zwischen 50 und 2000 μm liegt.

Die bekannten Vorrichtungen ermöglichen es, sowohl kariöses Dentin als auch nicht kariös erweichtes Dentin zu bearbeiten. Der Nachteil dabei ist, daß, wie beim herkömmlichen Bohren, bei der Kariesentfernung auch gesunde Zahnhartsubstanz entfernt wird, so daß ein unnötiger Abbau der Zahnhartsubstanz erfolgt.

Ein weiterer Nachteil gemäß dem bekannten Stand der Technik besteht darin, daß eine hohe Energiedichte eingebracht wird, so daß die thermische Belastung des Zahnes auch zu einer Schädigung benachbarter Bereiche führen kann.

Ein weiteres Problem entsteht bei Laservorrichtungen, die eine Fokussierung des Laserstrahls erfordern: Bei diesen Vorrichtungen ist die exakte Einhaltung eines definierten Abstandes erforderlich, um den Lichtfleckdurchmesser und damit die eingebrachte Energiedichte konstant zu halten. Hierzu sind aufwendige und die zahnärztliche Arbeit behindernde Vorrichtungen nötig.

Aus der nicht vorveröffentlichten EP 0 375 578 A ist die Verwendung eines Nd:YAG-Lasers mit einer Wellenlänge von 532 nm zur Zahnbehandlung bekannt. Die Ausgangsenergie des Lasers beträgt pro Impuls 10 bis 50 mJ bei einer Frequenz von 50 Hz. Die Impulsdauer beträgt zwischen 100 und 300 μs. Der Laserstrahl wird über einen konvergierenden Spiegel auf einen Lichtfleckdurchmesser zwischen 0,2 und 0,6 mm fokussiert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Entfernen von kariösem Zahnmaterial zu schaffen, mit der bei geringstmöglicher Energie eine selektive vollständige Entfernung von Dentinkaries bei größtmöglicher Schonung der gesunden Zahnhartsubstanz ermöglicht wird, sowie die Verwendung spezieller Laserparameter hierfür aufzuzeigen.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist bei einer Vorrichtung zum Entfernen von kariösem Zahnmaterial mit einem von einer gepulsten Laserlichtquelle erzeugten Laserlichtstrahl und einer flexiblen Laserlichtleitung, über die der Laserlichtstrahl einen Lichtfleck auf einem zu behandelnden Zahn erzeugt, erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Laserlichtquelle Laserlicht mit einer Wellenlänge im Bereich zwischen 320 und 520 nm emittiert und daß das gepulste Laserlicht pro Laserlichtimpuls eine Energiedichte im Lichtfleck von ca. 0,14 bis ca. 7,0 J/cm^2 aufweist.

Die Verwendung einer Wellenlänge im Bereich zwischen 320 und 520 nm ermöglicht ein selektives Abtragen von kariöser Substanz, da in diesem Spektralbereich Dentinkaries das Laserlicht stärker absorbiert als gesundes Dentin.

Die Ablationsschwellen für Dentinkaries und gesundes Dentin weisen in diesem Bereich den größten Unterschied auf, so daß die relativ weichere Dentinkaries infolge einer reduzierbaren Energiedichte bei geringster Wärmebelastung selektiv entfernt werden kann.

Vorzugsweise ist die Laserlichtleitung im Kontaktmode oder im Abstand von einigen Millimetern auf den zu behandelnden Zahn richtbar. Auf Grund der nicht erforderlichen Fokussierung kann der Laserstrahl im Kontaktmode auf die zu bearbeitende Stelle gesetzt werden, was ein präzises Arbeiten ermöglicht und aufwendige Abstandhalter erübrigt. Außerdem kann auch mit Abstand von der Ablationsstelle gearbeitet werden. Ein wesentlicher Vorteil ist dabei, daß trotz Abstandsänderungen von einigen Millimetern noch Energiedichten oberhalb der Ablationsschwelle von kariösem Dentin erreicht werden.

Vorzugsweise wird eine Energiedichte pro Laserlichtimpuls im Bereich zwischen 0,175 und 2,0 J/cm^2 verwendet. Eine bevorzugte Wellenlänge beträgt ca. 355 nm bis 375 nm. Im Bereich dieser Wellenlänge besteht ein Maximum im Absorptionsunterschied zwischen gesundem Dentin und Dentinkaries, so daß mit geringerer Energiedichte ein Optimum an Selektion zwischen Dentin und Dentinkaries erreicht werden kann. Weicht die Wellenlänge des Laserlichtes von der optimalen Wellenlänge ab, kann ein von der Wellenlänge λ abhängiger Energiedichtekorrekturfaktor K verwendet werden. Bei dieser korrigierten Energiedichte ergibt sich auch bei vom Optimum abweichenden Wellenlängen noch eine zufriedenstellende Selektion, bei der nur kariöses Dentin und praktisch kein gesundes Dentin abgetragen wird.

Die Verwendung eines Lasers zum Entfernen von Zahnhartsubstanz, Dentin und Dentinkaries ist erfindungsgemäß gekennzeichnet durch die selektive Ablation von Dentinkaries unter Verwendung einer Wellenlänge von ca. 350 - 410 nm, vorzugsweise ca. 375 nm und einer Energiedichte im Lichtfleck pro Laserlichtimpuls im Bereich zwischen 0,35 und 1,7 J/cm^2.

Bei einer Impulsdauer von mehr als 50 ns wird die Energie vorzugsweise um einen Faktor F erhöht, der proportional zur Wurzel aus dem Quotienten der eingestellten Impulsdauer und einer Basis-Impulsdauer von 10 ns ist. Dies bedeutet, daß bei einer Impulsdauer I folgende Beziehung für F gilt:

$$F \sim \sqrt{\frac{I[s]}{10^{-8}[s]}}$$

Der Faktor berücksichtigt den ab ca. 50 ns einsetzenden Effekt der thermischen Diffusion.

Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Verwendung einer Repetitionsfrequenz unter 12 Hz vorgesehen. Bei Frequenzen unter 12 Hz kann auf eine zusätzliche Kühlung verzichtet werden.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel wird eine Repetitionsfrequenz zwischen 100 und 200 Hz bevorzugt.

Vorzugsweise wird ein frequenzverdoppelter Alexandrit-Laser verwendet.

Im folgenden wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 die Transmissionsspektren von kariösem und gesundem, nicht kariös erweichten Dentin sowie des Zahnschmelzes,

Fig. 2 den Absorptionsfaktor Dentinkaries zu Dentin in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Laserlichts, und

Fig. 3 den Ablationsdruck von Dentin und Dentinkaries in Abhängigkeit von der Energiedichte.

In Fig. 1 sind die Transmissionsspektren des kariösen Dentins (ausgezogene Linie), des gesunden nicht kariös erweichten Dentins (strichpunktierte Linie) und des Zahnschmelzes (gepunktete Linie) dargestellt.

Auf der Ordinate ist die Extinktion und auf der Abszisse die Wellenlänge des Lichtes aufgetragen.

Die Transmissionsspektren zeigen, daß im dargestellten Wellenlängenbereich zwischen 240 und 770 nm das kariöse Dentin das Laserlicht deutlich stärker absorbiert als das nicht kariös erweichte Dentin. In beiden Transmissionsspektren finden sich im Wellenlängenbereich zwischen 250 und 320 nm die charakteristischen UV-Absorptionseigenschaften von aromatischen Amino- und Nukleinsäuren mit maximalen Absorptionen um 280 nm. Zahnschmelz besteht zu 96 - 98 % aus anorganischen Komponenten und besitzt folglich keine ausgeprägte Absorptionsbande.

Im längerwelligen Bereich über 320 nm zeigen Proteine keine wahre Absorption, wenn sie nicht mit einem Koenzym oder einer prosthetischen Gruppe in Konjugation stehen.

In Fig. 2 ist auf der Abszisse die Wellenlänge des eingestrahlten Lichtes aufgetragen. Die Ordinate stellt die optische Dichte von Karies im Verhältnis zur optischen Dichte von Dentin dar. Der Wert 1 bedeutet hierbei, daß kein Unterschied zwischen der optischen Dichte von Karies und nicht kariös erweichtem Dentin besteht.

Im Spektralbereich von 320 bis 520 nm finden sich die größten relativen Absorptionsunterschiede. Kariös erweichtes Dentin absorbiert 4-5mal stärker als nicht kariös erweichtes Dentin.

Die Verwendung einer Wellenlänge im Bereich zwischen 300 und 700 nm, vorzugsweise zwischen 320 und 520 nm, ermöglicht ein selektives Abtragen von kariöser Substanz.

Zur selektiven Abtragung kariös erweichten Dentins muß die eingestrahlte Energiedichte unterhalb der Ablationsschwelle von nicht kariös verändertem Dentin liegen.

Um Karies abzutragen, muß in Abhängigkeit von der benutzten Wellenlänge die Energiedichte des Laserpulses variiert werden. Mit steigender Wellenlänge des Laserlichtes steigen die Ablationsschwellen von Dentin und Karies in etwa gleichermaßen. Das Verhältnis zwischen den Schwellenwerten für eine Ablation von Dentinkaries bzw. Dentin bleibt aber über den bevorzugten Wellenlängenbereichen zwischen 320 und 520 nm im wesentlichen gleich.

Als Lichtquelle wurde zur Ermittlung des Zusammenhangs gemäß Fig. 3 ein frequenzverdreifachter und gütegeschalteter Nd:YAG-Laser verwendet, der Laserlicht mit einer Wellenlänge von 355 nm und einer Lichtimpulslänge von 9 ns emittiert.

Fig. 3 zeigt die Abhängigkeit des Ablationsdruckes von der Energiedichte des Laserlichtes von kariösem Dentin (ausgezogene Linie) und nicht kariös erweichtem Dentin (strichpunktierte Linie) bei einer Impulsdauer von 9 ns für den im Ausführungsbeispiel verwendeten Laser. Die Kurve für nicht kariös erweichtes Dentin ist zu höheren Energiedichten hin verschoben. Der Energie-Schwellenwert für die Ablation von Dentinkaries liegt bei einer Impulsdauer von 9 ns bei einem Wert von ca. 0,35 J/cm^2. Dagegen liegt der Schwellenwert für gesundes Dentin oberhalb einer Energiedichte von 1,0 J/cm^2. Hier ergibt sich somit ein Verhältnis von ca. 3 : 1 für die Ablationsschwellen von Dentinkaries und nicht kariös erweichtem Dentin.

Arbeitet man bei einer Wellenlänge von ca. 355 nm bis 375 nm mit Energiedichten zwischen ca. 0,35 und 1,0 J/cm^2, so wird selektiv Dentinkaries abgetragen. Das nicht kariöse Dentin wird geschont (Fig. 3).

Die Energiedichte beträgt bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel mit einer Wellenlänge von 375 nm 1,3 J/cm^2.

Für den Wellenlängenbereich von 355 nm wurde eine optische Dichte von ca. 1,0 (Tabelle) ermittelt. Soll nun Laserlicht z.B. mit einer Wellenlänge von 520 nm benutzt werden, so kann man aus der Tabelle den Wert für die optische Dichte von ca. 0,3 entnehmen.

Dies bedeutet, daß ungefähr nur ein Drittel der eingestrahlten Energie im Vergleich zur Wellenlänge 355 nm absorbiert wird. Die Ablationsschwellen verschieben sich somit um den Faktor 3 zu höheren Werten. Die Selektivität für die Abtragung von kariös erweichtem Dentin bleibt jedoch erhalten. Die Energiedichten für selektive Kariesabtragung liegen bei dieser Wellenlänge (520 nm) zwischen ca. 1,2 und 3,3 J/cm^2.

Der Tabelle kann für jede Wellenlänge im bevorzugten Bereich von 320 bis 520 nm ein Faktor entnommen werden, mit dessen Hilfe die benötigte Energiedichte zur selektiven Ablation von Dentinkaries berechnet werden kann. Multipliziert man den Energiedichtenbereich, in dem selektive Ablation bei 355 nm erfolgt (0,35 bis 1,0 J/cm^2), mit dem entsprechenden Faktor K der gewünschten Wellenlänge, so erhält man die notwendigen Energiedichten für eine selektive Kariesentfernung bei dieser Wellenlänge.

Im Bereich zwischen 330 und 480 nm läßt sich der Energiedichtekorrekturfaktor K aus

$$K = 0{,}0115\ nm^{-1} \cdot \lambda - 3$$

berechnen, wobei Abweichungen von $\pm$10 % des Korrekturfaktors auf Grund von Meßungenauigkeiten möglich sind.

Tabelle

Wellenlänge in nm	Energiedichtenkorrekturfaktor K
320	0,8
330	0,8
340	0,9
350	1,0
360	1,1
370	1,2
380	1,3
390	1,4
400	1,5
410	1,7
420	1,8
430	1,9
440	2,0
450	2,1
460	2,2
470	2,4
480	2,5
490	2,7
500	2,9
510	3,1
520	3,3

Die Meßgenauigkeit der Absolutwerte für die Energiedichten ist durch die Ungenauigkeiten der meßtechnischen Möglichkeiten begrenzt. Die Begrenzungen liegen in der Meßgenauigkeit des Energiemeters, der Bestimmung der bestrahlten Fläche sowie in Inhomogenitäten innerhalb des Strahlprofils des Lasers.

Bei Bedarf ist die Impulslänge des Laserlichtes variabel. Sie sollte jedoch 10 µs nicht überschreiten, da sonst eine thermische Schädigung des angrenzenden Gewebes nicht ausgeschlossen werden kann.

Bei einer Impulslänge des Laserlichtes über 50 ns ist ein Erhöhungsfaktor F für die Energiedichte vorzugsweise anzuwenden, der proportional zur Wurzel aus dem Quotienten der eingestellten Impulslänge und einer Basis-Impulslänge von 10 ns ist. Der Proportionalfaktor ist vorzugsweise 1.

Die zur selektiven Ablation von Dentinkaries benötigten Lichtenergiedichten können durch Lichtleiter, deren Durchmesser der Ausdehnung der kariösen Läsion angepaßt werden können, geleitet werden; die Einbeziehung der Lichtleiter in zahnärztliche Winkelstücke ist möglich. Die Konstruktion von aufwendigen Applikationsinstrumenten ist daher nicht erforderlich. Die Ablation von Karies kann sowohl im Kontaktmode als auch im Abstand von einigen Millimetern ausgeführt werden.

Es empfiehlt sich, kolinear mit dem unsichtbaren Laserlichtstrahl einen sichtbaren Pilotstrahl vorzusehen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Entfernen von kariösem Zahnmaterial mit einem von einer gepulsten Laserlichtquelle erzeugten Laserlichtstrahl und einer flexiblen Laserlichtleitung, über die der Laserlichtstrahl einen Lichtfleck auf einem zu behandelnden Zahn erzeugt,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Laserlichtquelle Laserlicht mit einer Wellenlänge im Bereich zwischen 320 und 520 nm emittiert und
daß das gepulste Laserlicht pro Laserlichtimpuls eine Energiedichte im Lichtfleck von ca. 0,14 bis ca. 7,0 J/cm^2 aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das gepulste Laserlicht pro Laserlichtimpuls eine Energiedichte im Lichtfleck von ca. 0,175 bis ca. 2,0 J/cm^2 aufweist.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das gepulste Laserlicht pro Laserlichtimpuls eine Energiedichte im Lichtfleck von ca. 0,35 bis ca. 1,0 J/cm^2 aufweist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Energiedichte im Wellenlängenbereich zwischen 330 nm und 480 nm in Abhängigkeit von der Wellenlänge k um den Korrekturfaktor
$K = 0{,}0115\ nm^{-1} - 3$ korrigiert ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulsdauer des Laserlichts weniger als ca. 10 μs, vorzugsweise zwischen 50 ns und 5 μs beträgt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulsdauer des Laserlichts ca. 9 ns beträgt.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Impulsdauerlänge von mehr als ca. 50 ns die Energiedichte um einen Faktor F erhöht wird, der der Wurzel aus dem Quotienten der eingestellten Impulsdauer und einer Impulsdauer von 10 ns proportional ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Repetitionsfrequenz der Laserlichtimpulse maximal ca. 12 Hz beträgt.

9. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Repetionsfrequenz der Laserlichtimpulse ca. 100 bis 200 Hz beträgt.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserlichtleitung im Kontaktmode oder im Abstand von einigen Millimetern auf den zu behandelnden Zahn richtbar ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserlichtquelle Laserlicht mit einer Wellenlänge im Bereich zwischen 350 nm bis 410 nm mit einer Energiedichte pro Laserlichtimpuls im Lichtfleck im Bereich zwischen 0,35 und 1,7 J/cm^2 emittiert.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Wellenlänge des Laserlichts ca. 355 nm bis 375 nm beträgt.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Wellenlänge von ca. 375 nm die Energiedichte ca. 1,3 J/cm^2 beträgt.

14. Verwendung eines Lasers zum Entfernen von Zahnhartsubstanz, Dentin und Dentinkaries, gekennzeichnet durch die selektive Ablation von Dentinkaries unter Verwendung einer Wellenlänge von ca. 350 - 410 nm, vorzugsweise ca. 375 nm, und einer Energiedichte im Lichtfleck pro Laserlichtimpuls im Bereich zwischen 0,35 und 1,7 J/cm^2.

15. Verwendung eines Lasers nach Anspruch 14, gekennzeichnet durch die Verwendung eines frequenzverdreifachten Nd:YAG-Lasers.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, gekennzeichnet durch die Verwendung eines frequenzverdoppelten Alexandrit-Lasers.

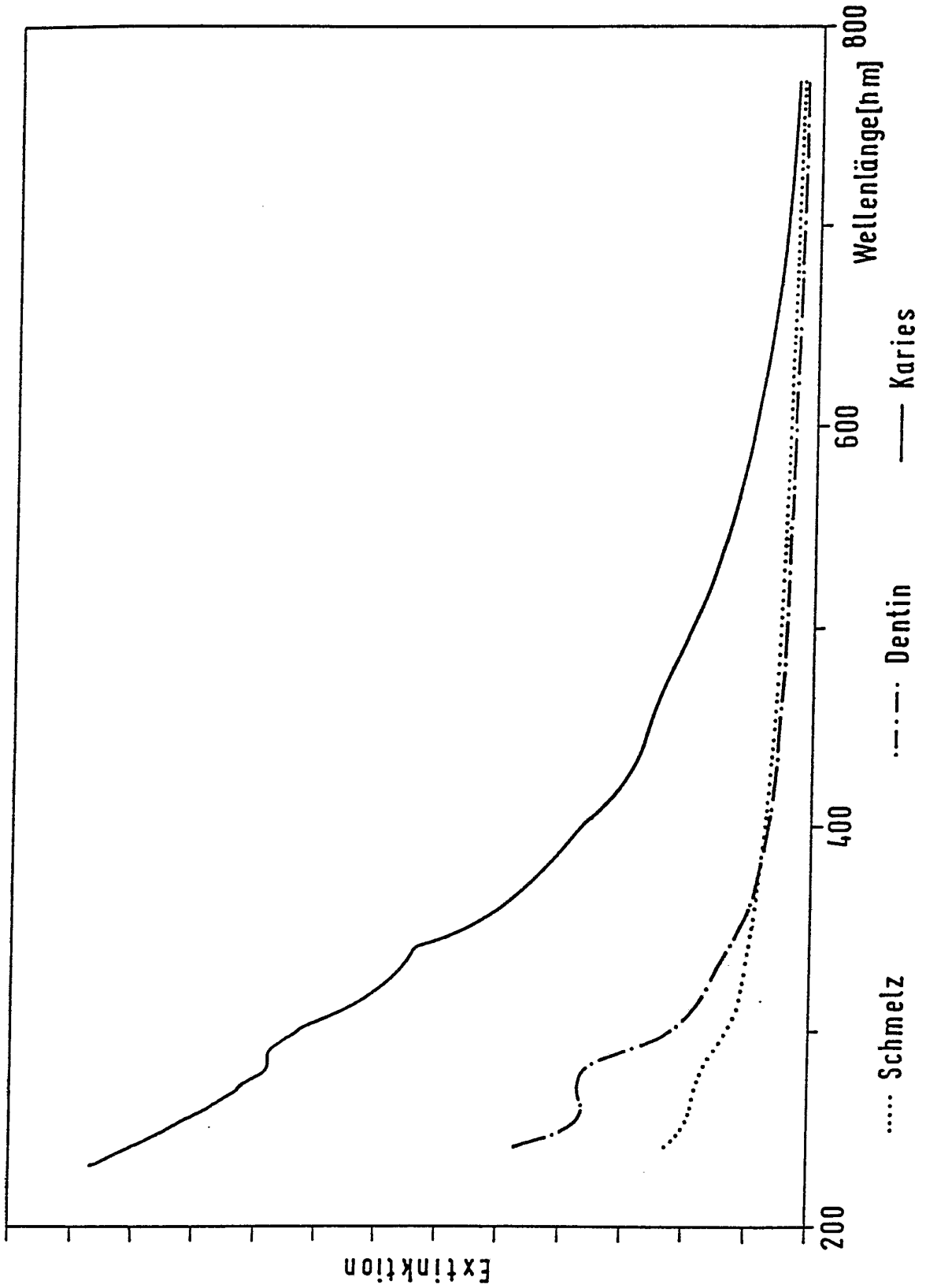
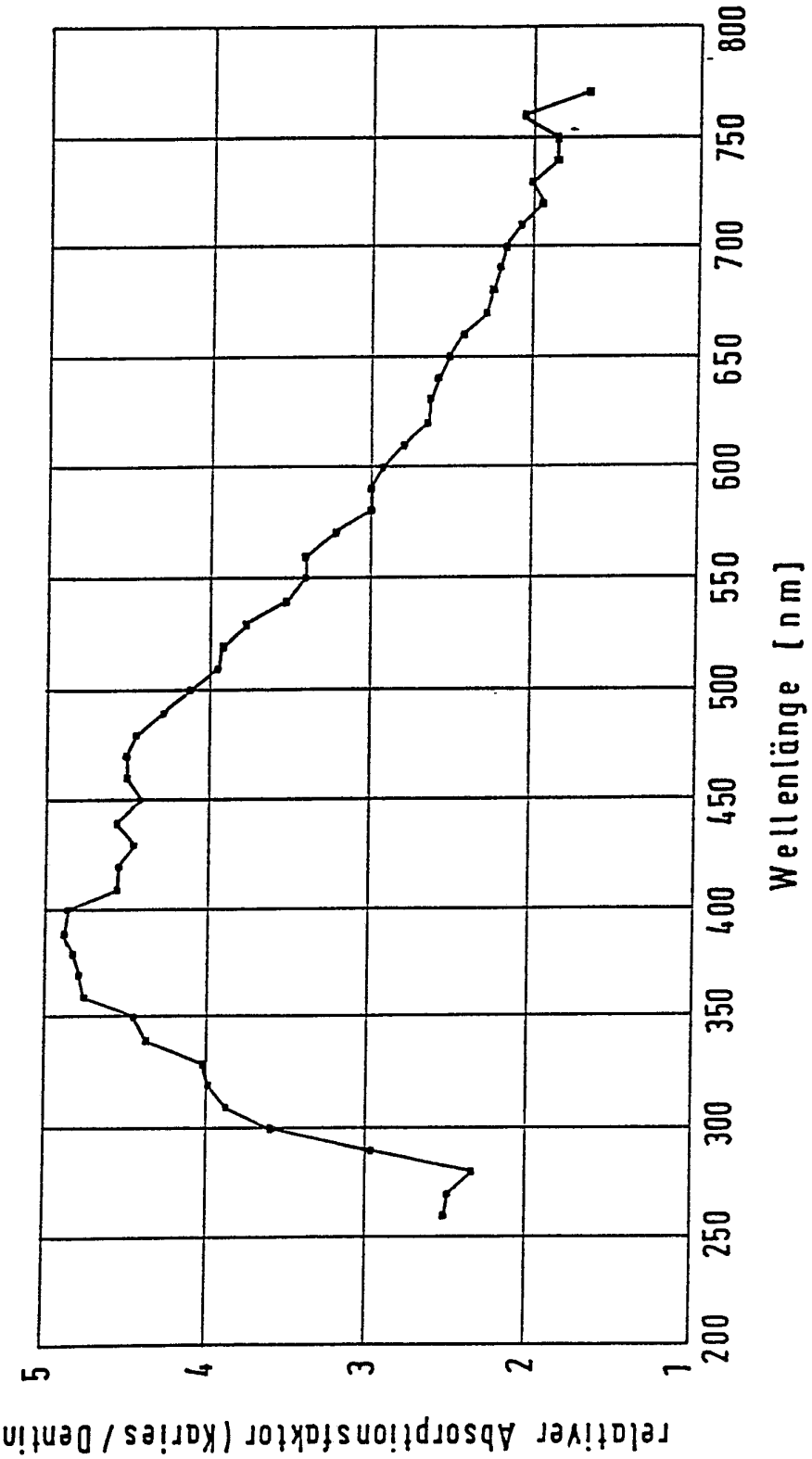

Extinktion
200
400
600
800
Wellenlänge[nm]
Karies
Dentin
Schmelz

FIG.1

FIG.2


relativer Absorptionsfaktor (Karies / Dentin)
5
4
3
2
1
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
Wellenlänge [nm]

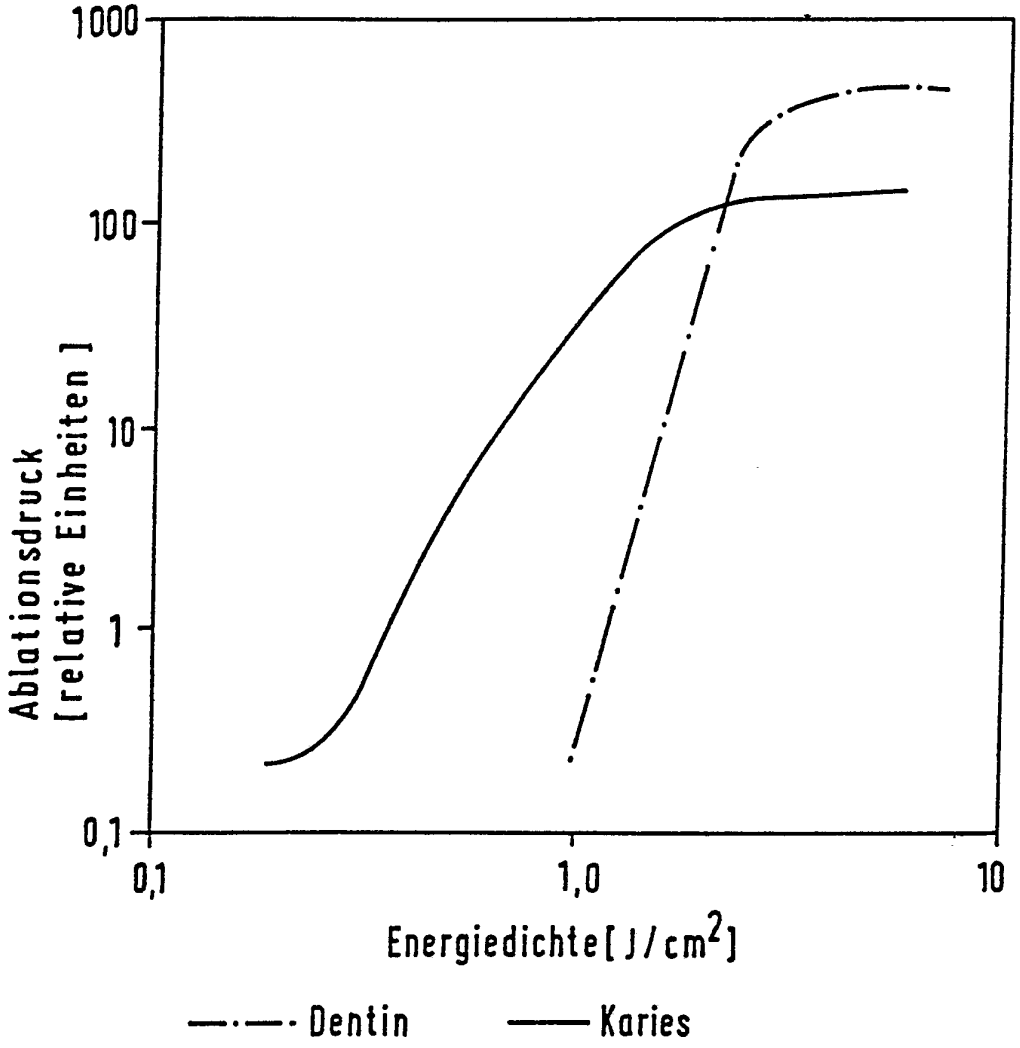

1000
100
10
1
0,1
Ablationsdruck
[relative Einheiten]
0,1
1,0
10
Energiedichte [J/cm²]
Dentin
Karies

FIG.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/EP 91/00831

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) [6]

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int.Cl.[5] A 61 C 1/00

II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched [7]

Classification System	Classification Symbols
Int.Cl.[5]	A 61 C, A 61 B

Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched [8]

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT [9]

Category *	Citation of Document, [11] with indication, where appropriate, of the relevant passages [12]	Relevant to Claim No. [13]
X	WO, A, 90/01907 (VASSILIADIS) 8 March 1990, see page 5, line 32 - page 6, line 10	1-12
Y		13,14
Y	WO, A, 90/00035 (YALE) 11 January 1990, see page 7, lines 15-29	13,14
A	FR, A, 2598608 (ZIMMER) 20 November 1987, see page 2, lines 22-32	13,14
A	WO, A, 89/01317 (MYERS) 23 February 1989, see page 2, lines 16-31 (cited in the application)	10
A	FR, B, 1392614 (PELLENC) 1965	
P,X	DE, A, 4030734 (STEIGER) 25 April 1991, see column 2, lines 27-53	1-14

./...

* Special categories of cited documents: [10]

"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

"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

IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report
10 July 1991 (10.07.91)	9 September 1991 (09.09.91)
International Searching Authority	**Signature of Authorized Officer**
European Patent Office	

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)

Category *	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
P,A	EP, A, 0375578 (LEVY) 27 June 1990, see column 6, lines 36-43 (cited in the application)	1-14

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. EP 9100831 SA 46876

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 02/09/91
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO-A- 9001907	08-03-90	US-A-	4940411	10-07-90
		AU-A-	4197289	23-03-90
		AU-B-	610809	23-05-91
		AU-A-	4221689	23-03-90
		EP-A-	0388455	26-09-90
		WO-A-	9001906	08-03-90
WO-A- 9000035	11-01-90	US-A-	4981138	01-01-91
FR-A- 2598608	20-11-87	None		
WO-A- 8901317	23-02-89	US-A-	4818230	04-04-89
		AU-A-	1717488	09-03-89
		JP-T-	2500883	29-03-90
FR-B- 1392614		None		
DE-A- 4030734	25-04-91	None		
EP-A- 0375578	27-06-90	FR-A-	2640537	22-06-90

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICH

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 91/00831

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben)[6]

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

Int.Cl.[5] A 61 C 1/00

II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff[7]

Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
Int.Cl.[5]	A 61 C, A 61 B

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen[8]

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN[9]

Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung[11], soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile[12]	Betr. Anspruch Nr.[13]
X	WO, A, 90/01907 (VASSILIADIS) 8. März 1990, siehe Seite 5, Zeile 32 - Seite 6, Zeile 10	1-12,
Y	--	13,14
Y	WO, A, 90/00035 (YALE) 11. Januar 1990, siehe Seite 7, Zeilen 15-29	13,14
	--	
A	FR, A, 2598608 (ZIMMER) 20. November 1987, siehe Seite 2, Zeilen 22-32	13,14
	--	
A	WO, A, 89/01317 (MYERS) 23. Februar 1989, siehe Seite 2, Zeilen 16-31 in der Anmeldung erwähnt	10
	--	
A	FR, B, 1392614 (PELLENC) 1965	
	--	
	./.	

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen[10]:

"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 nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

IV. BESCHEINIGUNG

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
10. Juli 1991	- 9. 09. 91
Internationale Recherchenbehörde	**Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten**
Europäisches Patentamt	M. PEIS M. Peis

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 91/00831

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)

Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,X	DE, A, 4030734 (STEIGER) 25. April 1991, siehe Spalte 2, Zeilen 27-53 --	1-14
P,X	EP, A, 0375578 (LEVY) 27. Juni 1990, siehe Spalte 6, Zeilen 36-43 in der Anmeldung erwähnt	1-14

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

EP 9100831
SA 46876

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 02/09/91
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO-A- 9001907	08-03-90	US-A-	4940411	10-07-90
		AU-A-	4197289	23-03-90
		AU-B-	610809	23-05-91
		AU-A-	4221689	23-03-90
		EP-A-	0388455	26-09-90
		WO-A-	9001906	08-03-90
WO-A- 9000035	11-01-90	US-A-	4981138	01-01-91
FR-A- 2598608	20-11-87	Keine		
WO-A- 8901317	23-02-89	US-A-	4818230	04-04-89
		AU-A-	1717488	09-03-89
		JP-T-	2500883	29-03-90
FR-B- 1392614		Keine		
DE-A- 4030734	25-04-91	Keine		
EP-A- 0375578	27-06-90	FR-A-	2640537	22-06-90

EPO FORM P0473

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