

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 88111773.3

51 Int. Cl.4: **E02B 3/22** , //E02D5/58,  
**E04C5/07**

22 Anmeldetag: 21.07.88

30 Priorität: 17.09.87 DE 3731262

71 Anmelder: **STRABAG BAU - AG**  
**Siegburger Strasse 241 Postfach 211120**  
**D-5000 Köln 21(DE)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
22.03.89 Patentblatt 89/12

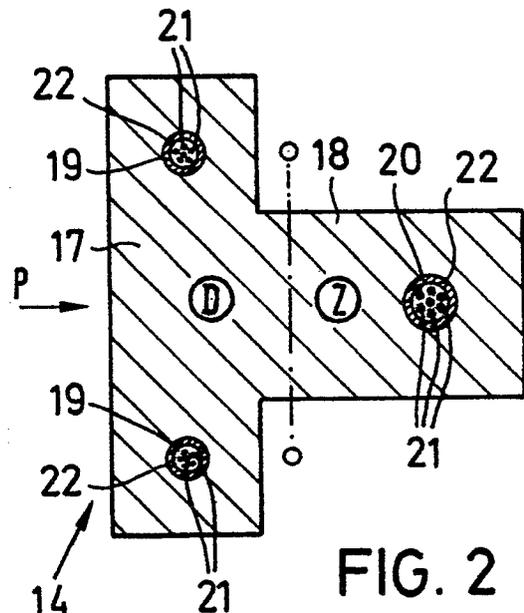
72 Erfinder: **Bergfelder, Jürgen, Dr.**  
**Franz-Marc-Strasse 3**  
**D-5000 Köln 50(DE)**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**BE DE LU NL**

74 Vertreter: **Hennicke, Albrecht, Dipl.-Ing. et al**  
**Patentanwälte Dipl.-Ing. Buschhoff Dipl.-Ing.**  
**Hennicke Dipl.-Ing. Vollbach**  
**Kaiser-Wilhelm-Ring 24 Postfach 190 408**  
**D-5000 Köln 1(DE)**

54 **Fenderpfahl.**

57 Fenderpfahl aus Beton mit Spanngliedern (19, 20) aus langgestreckten, hochfesten Faserverbundelementen (21) mit niedrigem Elastizitätsmodul, die bei einem Rammstoß (P) eine große elastische Durchbiegung des Fenderpfahles (14) erlauben und gegenüber aggressiven Umwelteinflüssen unempfindlich sind.



**EP 0 307 584 A1**

## Fenderpfahl

Die Erfindung betrifft einen Fenderpfahl aus Beton mit in Längsrichtung des Pfahles sich erstreckenden Spanngliedern.

Fenderpfähle haben die Aufgabe, den Rammstoß eines Schiffes beim Anlegen elastisch aufzufangen und einerseits den Schiffsrumpf und andererseits die Kajen oder anderen Hafenbauwerke vor Beschädigungen zu schützen. Es ist deshalb wesentlich, daß ein Fenderpfahl einerseits elastisch ist, andererseits aber auch eine genügend hohe Festigkeit hat, um dem Rammstoß zu widerstehen.

Neben den seit alters bekannten Fenderpfählen aus Holz und aus Stahl gibt es auch Fenderpfähle aus Beton, die in ihrer Längsrichtung mit Stahlspanngliedern vorgespannt sind (Zeitschrift "Concrete International", Mai 1987, S. 32-36). Diese bekannten Betonpfähle erfüllen zwar ihren Zweck, haben aber nur eine geringe Lebensdauer, da die Spannglieder insbesondere bei Verwendung der Fenderpfähle in Seehäfen einer sehr starken Korrosion durch Witterungs- und Seewassereinflüsse ausgesetzt sind. Da sich die Fenderpfähle beim Rammstoß verformen sollen, treten im Beton zwangsläufig Risse auf, durch die Wasser und Luft sowie hierin vorhandene aggressive Gase an die Spannstähle gelangen können und rasch zu deren Zerstörung führen. Da außerdem die Elastizität der Spannglieder aus hochfesten Stählen begrenzt ist, ist auch die Verformung der Pfähle unter dem Rammstoß verhältnismäßig gering, so daß die Fenderpfähle selbst eine verhältnismäßig hohe Festigkeit haben müssen, um die auf sie einwirkenden Rammstöße aufnehmen zu können.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen vorgefertigten Fenderpfahl aus Beton zu schaffen, der eine hohe Elastizität aufweist und hohe Rammstöße aufnehmen kann und gegenüber Witterungseinflüssen und aggressiven Wässern nahezu unempfindlich ist und der preiswert hergestellt werden kann.

Diese Aufgabe wird mit der Erfindung dadurch gelöst, daß die Spannglieder aus langgestreckten, hochfesten Faserverbundelementen mit niedrigem Elastizitätsmodul bestehen.

Unter "Faserverbundelementen" werden Stäbe oder Litzen aus Faserverbundwerkstoffen verstanden, die zu Bündeln zusammengefaßt werden können, welche die Spannglieder bilden und entweder direkt im Beton eingebettet oder in Hüllrohren geführt sind, die nach dem Vorspannen der Faserverbundelemente mit Zementmörtel oder einer anderen erhärtenden Masse ausgepreßt werden können.

Die Spannglieder aus Faserverbundelementen sind korrosionsunempfindlich und sie haben bei hoher Zugfestigkeit eine wesentlich höhere Dehn-

barkeit als Stahl. Ein mit Spanngliedern aus Faserverbundelementen bewehrter Fenderpfahl kann sich deshalb bei einem auf ihn treffenden Stoß ohne Bruch weit verformen und durch den großen Verformungsweg viel Energie absorbieren. Bei dieser Verformung treten zwar im Beton des Pfahles Risse auf, die sich nach der Rückfederung des Pfahls wieder schließen; eine Korrosionsgefahr gibt es jedoch nicht, da die Faserverbundelemente witterungsunempfindlich sind und nicht der Korrosion unterliegen.

Die Faserverbundelemente können aus Glasfasern oder aus anderen hochfesten Fasern mit niedrigem Elastizitätsmodul bestehen, die in einer Kunststoffmatrix eingebettet sind. Hierbei sind die Glasfasern vorzugsweise endlose, dünne, unidirektionale Glasfäden, die zu Bündeln zusammengefaßt sind.

Besonders zweckmäßig ist es, wenn die in der Druckzone des beim Rammstoß auf Biegung beanspruchten Pfahlquerschnittes angeordneten Spannglieder zum Erzeugen der Längsvorspannung des Pfahles etwa bis zu ihrer vollen zulässigen Zugspannung, die in der Zugzone des Pfahlquerschnittes angeordneten Spannglieder jedoch nur bis zu einem Teil ihrer zulässigen Zugspannung vorgespannt sind. Für den Rammstoß hat der Fenderpfahl dann in der Zugzone eine hohe Dehnbarkeit, während in der Druckzone, wo ja eine Dehnung nicht auftritt, nur sehr wenig Faserverbundelemente als Spannglieder vorhanden sind, bei denen jedoch die Vorspannung voll ausgenutzt werden kann.

Der Fenderpfahl nach der Erfindung hat zweckmäßig einen T-förmigen Querschnitt und ist so anzuordnen, daß die Druckzone im Bereich des Flansches und die Zugzone im Bereich des Steges liegt. Der hoch beanspruchte Druckquerschnitt des Betons wird hierdurch vergrößert, während die Zugzone, in der die Biegezugkräfte beim Rammstoß ohnehin durch die Faserverbundelemente aufgenommen werden, klein gehalten werden kann. Außerdem erleichtert ein derartig unsymmetrischer Querschnitt den Einbau, da die unterschiedlich bewehrten Druck- und Zugzonen des Pfahles nicht verwechselt werden können.

Die Längsvorspannung des vorgefertigten Betonpfahles braucht nur so groß zu sein, daß sie der für den Einbau erforderlichen Festigkeit des Pfahles entspricht. Sie liegt etwa in der Größenordnung von 3 MN/m<sup>2</sup>.

Als Schubbewehrung können Stahlbügel vorgesehen sein, die zweckmäßig mindestens im Bereich der größten Beanspruchung mit einer Kunststoffbeschichtung versehen sind, um die Korrosionsgefahr herabzusetzen.

Der Pfahl kann aus Zementbeton bestehen, wobei mindestens die Festigkeiten eines Betons der Betongüte B 55 angestrebt werden sollen. Diese Betongüten sind bei einer Herstellung in Fertigteilwerken sicher zu erreichen.

Bei Verwendung des Fenderpfahles in aggressiven Wässern oder im Seewasserbau kann es auch zweckmäßig sein, einen Polymer-Beton zu verwenden, der außerdem gute Dämpfungseigenschaften hat.

Schließlich ist es auch möglich, den Fenderpfahl aus einem bitumengebundenen Beton herzustellen. Zur Verbesserung der Haftung und/oder Zähigkeit können allen Betonen geeignete Kunststoffe zugesetzt werden, wie dies im konstruktiven Ingenieurbau, im Wasserbau und im Straßenbau an sich bekannt ist.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und der Zeichnung, in der eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung an einem Beispiel näher erläutert ist. Es zeigt:

Fig. 1 eine Hafenkaje mit vorgesetzten Fenderpfählen nach der Erfindung in einem vertikalen Teilschnitt und

Fig. 2 einen der Fenderpfähle in einem horizontalen Querschnitt der Fig. 1 in vergrößertem Maßstab.

Vor einer Hafenkaje 10, die etwa aus einer in den Flußgrund 11 gerammten Stahlpundwand 12 und einer über diese vorkragenden Pierplatte 13 besteht, ist eine Reihe von Fenderpfählen 14 gerammt, die an ihrem Kopf 14a an der Pierplatte 13 gelenkig befestigt sind und auch untereinander verbunden sein können. Vor den Fenderpfählen 14 liegt ein Schwimmfender 15 aus einem elastischen Material, der sich über mehrere Fenderpfähle hinweg erstreckt und bei steigendem und fallendem Wasserstand 16 vor den Fenderpfählen 14 auf- und abgleitet. Dieser Schwimmfender 15 hält ein hier nicht näher dargestelltes Schiff beim Anlegen im Abstand von den Fenderpfählen 14 und überträgt dessen Rammstoß P auf die Fenderpfähle, die sich hierbei elastisch nach hinten durchbiegen und in die in strichierten Linien dargestellte Lage gelangen, wobei sie die Stoßenergie aufnehmen. Nach dem Rammstoß federn die Fenderpfähle 14 wieder in ihre Ausgangslage zurück.

Wie insbesondere aus Fig. 2 hervorgeht, besteht jeder Fenderpfahl aus Beton, im dargestellten Ausführungsbeispiel aus einem kunststoffmodifizierten Zementbeton der Betongüteklasse B 55 und hat einen T-förmigen Querschnitt. Die Fenderpfähle 14 werden so vor dem zu schützenden Bauwerk 10 angeordnet, daß ihre Flanschen 17 außen liegen und der Rammstoß P auf sie trifft, während die Stege 18 der Fenderpfähle 14 sich auf

der dem Stoß abgewandten Rückseite befinden.

Jeder Fenderpfahl ist mit drei Spanngliedern 19 und 20 bewehrt, die sich in Längsrichtung des Pfahles 14 erstrecken und von denen jedes aus einer Vielzahl von Faserverbundelementen 21 besteht, die zu einem Bündel zusammengefaßt und von einem Hüllrohr 22 umschlossen sind, welches nach dem Spannen des jeweiligen Spanngliedes mit einem Zementmörtel oder einer anderen erhärtenden Masse injiziert wird.

Man erkennt aus Fig. 1, daß jeder Fenderpfahl 14 bei einem Rammstoß P derart auf Biegung beansprucht wird, daß die hierbei entstehende Druckzone diesseits der Nulllinie 0-0 im Bereich des Flansches 17 und die entstehende Zugzone Z jenseits der Nulllinie 0-0 im Bereich des Steges 18 liegt. Die beiden Spannglieder 19 im Bereich der Druckzone D haben einen wesentlich kleineren Querschnitt als das Spannglied 20 im Bereich der Zugzone Z, sind jedoch bis zu ihrer vollen zulässigen Zugspannung vorgespannt. Das in der Zugzone Z angeordnete, querschnittsmäßig viel größere Spannglied 20 ist jedoch nur bis zu einem Teil seiner zulässigen Zugspannung vorgespannt, so daß es sich unter Last erheblich dehnen kann, wenn der Rammstoß P auf den Fenderpfahl einwirkt und dieser hierdurch nach hinten durchgebogen wird.

Da der vorgefertigte Betonpfahl nur soweit vorgespannt werden muß, daß er die für den Rammvorgang notwendig Festigkeit erreicht und im Flansch 17 keine aus dem Schiffstoß herrührenden Zugkräfte aufgenommen werden müssen, können die im Flansch 17 angeordneten Spannglieder einen sehr kleinen Querschnitt haben, da ihre Vorspannung ja auch voll ausgenutzt werden kann. Zusammen mit der T-Form ergibt sich hierdurch ein sehr günstiger und wirtschaftlicher Verbundquerschnitt für den Fenderpfahl, der aufgrund seiner Unempfindlichkeit gegenüber aggressiven Umwelteinflüssen auch eine lange Lebensdauer hat.

Obgleich bei dem Fenderpfahl nach der Erfindung auf eine schlaaffe Längsbewehrung vollständig verzichtet werden kann, kann es zweckmäßig sein, als Schubbewehrung Bügel aus Stahl vorzusehen, die dann aber mindestens im Bereich der größten Beanspruchung mit einer Kunststoffbeschichtung versehen sind.

Man erkennt, daß der Fenderpfahl nach der Erfindung nicht nur aus Zementbeton, sondern auch aus anderen Betonen, beispielsweise einem Polymer-Beton oder einem Bitumen-Beton, hergestellt werden kann, wobei auch dem Bitumen- oder Asphalt-Beton Kunststoffe zur Verbesserung der Haftung und/oder Zähigkeit zugesetzt werden können.

Polymer-Betone, bei denen das Bindemittel der gemischtkörnigen Zuschlagstoffe aus einem erhär-

tenden Polymer-Kunststoff besteht, hat gute Dämpfungseigenschaften und hat eine gute Affinität zu den Faserverbundwerkstoffen der Spannstäbe, so daß hier besondere Abschirmmaßnahmen nicht erforderlich sind.

Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte und beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern es sind mehrere Änderungen und Ergänzungen möglich, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Beispielsweise könnte der Fenderpfahl auch einen anderen Querschnitt, im einfachsten Fall einen Rechteckquerschnitt haben und es ist auch möglich, den Fenderpfahl symmetrisch zu bewehren.

Der Fenderpfahl braucht sich nicht notwendigerweise mit seinem Kopf 14a gegen ein Kaimauerbauwerk abzustützen, sondern kann auch lediglich in der Gewässersohle 11 eingespannt sein. Auch ist es nicht unbedingt notwendig, einen Schwimmfender 15 vorzusehen.

#### Ansprüche

1. Fenderpfahl aus Beton mit in Längsrichtung des Pfahles sich erstreckenden Spanngliedern, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spannglieder (19, 20) aus langgestreckten, hochfesten Faserverbundelementen (21) mit niedrigem Elastizitätsmodul bestehen.

2. Fenderpfahl nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Faserverbundelemente (21) aus Glasfasern bestehen, die in eine Kunststoffmatrix eingebettet sind.

3. Fenderpfahl nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Faserverbundelemente (21) aus anderen hochfesten Fasern mit niedrigem Elastizitätsmodul bestehen, die in eine Kunststoffmatrix eingebettet sind.

4. Fenderpfahl nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die in der Druckzone (D) des beim Rammstoß (P) auf Biegung beanspruchten Pfahlquerschnittes angeordneten Spannglieder (19) zum Erzeugen der Längsvorspannung des Pfahles (14) etwa bis zu ihrer vollen zulässigen Zugspannung, die in der Zugzone (Z) des Pfahlquerschnittes angeordneten Spannglieder (20) jedoch nur bis zu einem Teil ihrer zulässigen Zugspannung vorgespannt sind.

5. Fenderpfahl nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Pfahl (14) einen T-förmigen Querschnitt hat und so anzuordnen ist, daß die Druckzone (D) im Bereich des Flansches (17) und die Zugzone (Z) im Bereich des Steges (18) liegt.

6. Fenderpfahl nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Längsvorspannung des vorgefertigten Betonpfahles (14) der für den Einbau erforderlichen Festigkeit des Pfahles entspricht.

7. Fenderpfahl nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Schubbewehrung Stahlbügel vorgesehen sind, die mindestens im Bereich der größten Beanspruchung mit einer Kunststoffbeschichtung versehen sind.

8. Fenderpfahl nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Pfahl aus Zementbeton besteht.

9. Fenderpfahl nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Pfahl aus einem Polymer-Beton besteht.

10. Fenderpfahl nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Pfahl aus einem Bitumen-Beton besteht.

11. Fenderpfahl nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Beton Kunststoffe zur Verbesserung der Haftung und/oder Zähigkeit zugesetzt sind.

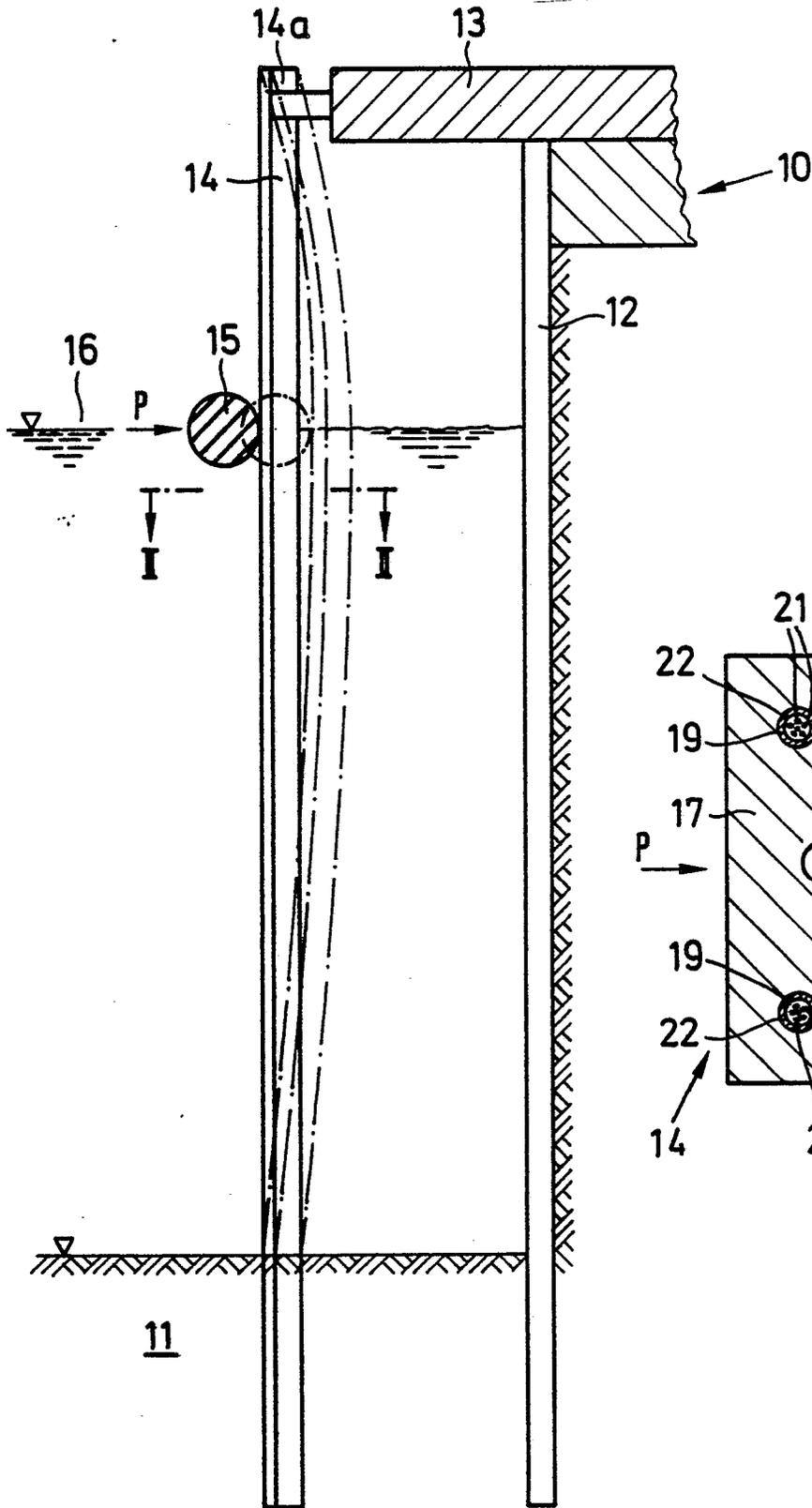


FIG. 1

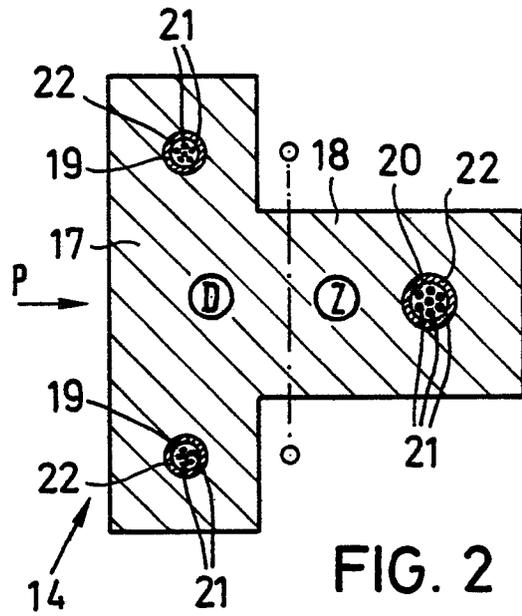


FIG. 2



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
Y	DE-B-1 087 984 (SIEDENHANS) * Insgesamt * ----	1-3, 6, 8	E 02 B 3/22 // E 02 D 5/58 E 04 C 5/07
Y	US-A-4 648 224 (KITTA et al.) * Spalten 1,2,3; Figuren 1,2 * ----	1-3, 6, 8	
Y	US-A-4 079 165 (MORLEY) * Ansprüche 1,6,10; Figuren 1-3 * ----	2, 3	
A	GB-A-1 284 753 (JURINA) * Seiten 2,3; Figuren 1-3C * -----	4, 5, 7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
			E 02 B E 02 D E 04 C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 23-11-1988	Prüfer HANNAART J. P.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	