

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 641 923 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93810625.9**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **F02D 29/02**

(22) Anmeldetag: **01.09.93**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**08.03.95 Patentblatt 95/10**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE**

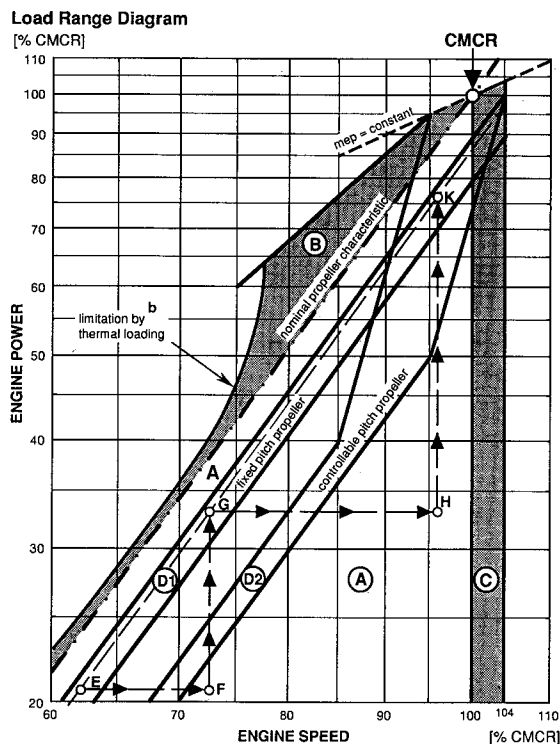
(71) Anmelder: **New Sulzer Diesel AG**  
**Neuwiesenstrasse 15**  
**CH-8401 Winterthur (CH)**

(72) Erfinder: **Porchet, Frédéric**  
**Roswiesenstrasse 17**  
**CH-8309 Birchwil (CH)**  
Erfinder: **Löffelholz, Stefan**  
**Ruchwiesenstrasse 36**  
**CH-8404 Winterthur (CH)**

(74) Vertreter: **Hammer, Bruno, Dr.**  
**c/o Sulzer Management AG**  
**KS/Patente/0007**  
**CH-8401 Winterthur (CH)**

(54) **Verfahren zum Steuern und Regeln der Einstellung von Verstellpropeller und Dieselmotoreinspritzung bei Schiffen.**

(57) Beim Verfahren zum Verbessern des dynamischen Verhaltens bzw. Erhöhen der Leistung von aufgeladenen Dieselmotoren, welche einen Verstellpropeller antreiben, wird vorerst die Steigung des Verstellpropellers so verkleinert bis der Dieselmotor und damit auch der Verstellpropeller die erhöhte neue Soll-Drehzahl erreicht hat, erst darnach wird die Einspritzmenge des Kraftstoffs und damit die Leistung (L) des Dieselmotors erhöht und beim darauf folgenden Erhöhen der Einspritzmenge die Steigung des Verstellpropellers wieder erhöht, möglichst derart, dass die vorher erreichte, neue Soll-Drehzahl beibehalten wird.



EP 0 641 923 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern und Regeln des Verstellpropellers bei nichtstationären Betriebszuständen von aufgeladenen Dieselmotoren.

Die Entwicklung im Schiffsdieselmotorenbau ist durch die Erhöhung der Leistungskonzentration und Leistungsdichte sowie des Wirkungsgrades geprägt. Die Wirkungsgradsteigerung kann zur Reduktion des Betriebsfeldes des Abgasturboladers führen, die das Laständerungsverhalten des Motors, vor allem bei Leistungssteigerungen, beeinträchtigt und zu einer Verschlechterung des Manövrierverhaltens, d.h. des Verhaltens im nichtstationären Betrieb führt.

Neben dem dynamischen Verhalten im Brems- und Anlassbereich ist das Verhalten von Dieselmotoren im instationären Betrieb, bei grossen Last-, bzw. Brennstoffmengenerhöhungen entscheidend für die Schiffssicherheit. Es wird also verlangt, dass die Manövrierfähigkeit des Schiffs jederzeit gewährleistet bleibt, der Dieselmotor Befehlen zur Leistungserhöhung möglichst kurzzeitig und sofort folgt und keinen Schaden aufgrund von thermischer Überbeanspruchung kritischer Teile nimmt.

Die Drehmomentcharakteristik im instationären Betrieb ist wesentlich vom Trägheitsmoment und der Charakteristik des Turboladers abhängig, da der Anteil der verbrannten Kraftstoffmenge eine Funktion der Zylinderfüllung ist, die wiederum vom absoluten Ladedruck und der Spülluftmenge, also dem zeitlichen Ansprechverhalten, Druckaufbauzeit usw. des Turboladers, insbesondere Abgasturboladers abhängig ist.

Durch die Leistungssteigerung der Motoren wird die Grenzkurve für mechanische und thermische Belastung in der Art verschoben, dass der Bereich für intermittierenden Betrieb "B", d.h. für Beschleunigungen, verkleinert wird und somit die auftretenden Motorbelastungen bei instationären Betriebszuständen, d.h. im Betrieb mit wechselnder Last, die Grenzen viel eher erreichen oder gar überschreiten. Dadurch unterschreitet die dem Motor vom Turbolader zur Verfügung gestellte Luftmenge den Wert, welcher für eine gute Verbrennung des eingespritzten Brennstoffes notwendig wäre. Dieses führt zu unerwünschter Rauch- und Russentwicklung und zu erhöhten Betriebs- und Bauteiltemperaturen von Teilen im Zylinderbereich, wie beispielsweise Ventil, Ventilsitz, Einspritzdüsenkopf, Kolben, Kolbenring, Zylinder des Motors, was zu Schäden am Dieselmotor führen kann.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren für den Betrieb des Dieselmotors, der einen Verstellpropeller treibt, zu schaffen, der ein verbessertes Drehzahl-Erhöhrungs-Verhalten, d.h. ein verbessertes Beschleunigungsverhalten aufweist, ohne dass sich der Wirkungsgrad des Propellers bei konstanter Teillastfahrt verschlechtert.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe mit einem Verfahren mit den Merkmalen im Kennzeichen des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst. Die abhängigen Verfahrensansprüche beziehen sich auf vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens. Eine erfindungsgemässe Steuerung und Regelung arbeitet nach dem erfindungsgemässen Verfahren. Der Dieselmotor nach der Erfindung umfasst eine erfindungsgemässe Steuer- und Regelanlage und ein erfindungsgemässes Schiff schliesslich verfügt über einen Dieselmotor mit einer Steuerung und Regelung des Verstellpropellers nach der Erfindung.

Bei einer Füllungs- und Laständerung mit einer entsprechenden BA-Position (Brennstoff-Anzeige), d.h. einer bestimmten Brennstoff-Einspritzmenge pro Takt und der dazugehörigen Drehzahl wird mit Hilfe der Verstellpropellersteuerung also zunächst einmal die Steigung des Verstellpropellers soweit zurückgenommen, bis die zu erreichende Soll-Drehzahl erreicht wird. Erst dann wird mehr Füllung freigegeben, d.h. pro Takt mehr Brennstoff eingespritzt, bis die endgültige BA-Position erreicht ist. Die Steigung des Propellers muss in diesem Vorgang jeweils so nachgeführt werden, dass die Drehzahl den gewünschten Wert beibehält.

Erreicht wird hiermit, dass die quasistationären Propellerpunkte im Last-Diagramm (Load Range Diagramm) in jedem Falle unterhalb der höchstzulässigen Grenze der thermischen Belastung des Motors bleiben. Es ist somit immer sichergestellt, dass der Turbolader zu jedem Zeitpunkt dem Motor ausreichend Luft zur Verfügung stellt, um eine rauchfreie Verbrennung des Treibstoffs zu gewährleisten.

Die der Erfindung zugrunde liegende Idee einer Verstellpropeller- und Einspritzsteuerung und -Regelung bewirkt ausserdem eine wesentliche Verbesserung des Beschleunigungsverhaltens beim Manövrieren, ohne dass der optimale Propellerwirkungsgrad bei konstanter Teillastfahrt in Kauf genommen werden muss oder beeinträchtigt wird. Die Erfindung ist besonders vorteilhaft für mittel- und schnelllaufende Schiffs-Dieselmotoren, d.h. Motoren mit Drehzahlen von 200 bis 2500 U/min, die vorwiegend nach dem 4-Takt-Verfahren arbeiten und mit Drehzahlreduktionsgetrieben ausgerüstet sind. Aber auch bei direkt treibenden, langsam laufenden 2-Takt-Motoren mit Verstellpropeller ist eine Steuerung und Regelung nach der Erfindung von Vorteil.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figur, welche ein Beispiel eines typischen Lastdiagramms (Load Range Diagramm; Leistungs-Drehzahl-Diagramm) zeigt, näher erläutert.

In diesem Lastdiagramm haben die verschiedenen Bereiche und Punkte folgende Bedeutung:

CMCR Die vertraglich vereinbarte maximale

- Dauerleistung (Contract Maximum Continuous Rating);
- A Betriebsbereich, in welchem die Dieselmotor/Propelleranlage ohne Einschränkung betrieben werden kann;
- B Betriebsbereich, in welchem die Dieselmotor/Propelleranlage mit Einschränkungen vorübergehend betrieben werden kann, sog. off-design conditions; ist abhängig von Zylinderleistung, und bestimmt durch mechanische und thermische Belastungsgrenzen;
- C Überlastbereich im Bereich von beispielsweise 100% bis 104% Drehzahl; ist nur erlaubt bei z.B. Abnahmeversuchen um 100% Leistung nachzuweisen;
- D1 Fixed-Pitch-Propeller-Bereich, berechnet auf der idealen Basis von maximaler Leistung, bei sauberem Schiffsrumpf, neuem Propeller, idealen Wetter- und Wasser-Bedingungen;
- D2 Empfohlener Betriebsbereich; verbindet Brennstoffoptimierung im hohen Leistungsbereich mit besserem Beschleunigungsvermögen im tiefen Leistungsbereich; D2 ist weitgehend als Teilbereich von A zu verstehen;

Der bisher empfohlene Betriebsbereich für die Auslegung von Verstellpropelleranlagen ist der Bereich D2. Dieser Bereich wurde so gewählt, dass genügend Spielraum für die Veränderung der Motorleistung L beim Beschleunigen des Schiffs, d. h. für Drehzahlerhöhungen des Motors besteht. Für diesen Bereich sollte das Zusammenspiel zwischen Verstellpropeller-Steuerung und Motor-Regelung ausgelegt sein. Beim Verschieben der Propellerbetriebskurve nach rechts von der fixed pitch Propeller Kurve, verschlechtert sich der Propellerwirkungsgrad, was im Dauerbetrieb unerwünscht ist. Somit bleibt nur die Auslegung einer Verstellpropellersteuerung derart, dass entweder genügend Leistungsreserve mit schlechterem Propellerwirkungsgrad resultiert oder dass ein guter Wirkungsgrad mit kleiner Leistungsreserve und tragem Verhalten bei Leistungsänderungen in Kauf genommen wird.

Mit der strichpunktierten Linie ist ein Beispiel der Leistungsänderung nach dem neuen Betriebsverfahren ins Lastdiagramm eingezeichnet.

Ausgehend von einem Betriebszustand E niedriger Leistung L, von etwas über 20% der Leistung beim CMCR-Leistung und einer Drehzahl von etwas über 60% der CMCR-Drehzahl wird zuerst die Steigung des Verstellpropellers verringert, was bei gleicher Leistung L das Erhöhen der Drehzahl des Propellers auf etwas über 70% der CMCR-Drehzahl zur Folge hat; Punkt F.

Nun wird die Leistung L des Motors bei gleichbleibender Drehzahl auf etwas über 30% CMCR erhöht; Punkt G. Die Drehzahl wird dabei konstant gehalten, indem die Steigung des Verstellpropellers gleichzeitig derart erhöht wird, dass die Drehzahl bei zunehmender Leistung L des Motors wenigstens angenähert konstant bleibt.

Ist der Punkt G im Bereich D1 erreicht, wird die Leistung L nicht weiter erhöht. In einem weiteren Zyklus, wird nun, sofern dies der Betrieb verlangt, wiederum die Steigung des Verstellpropellers verringert, was wieder, bei gleichbleibender Leistung L, das Erhöhen der Drehzahl des Propellers auf etwas über 95% der CMCR-Drehzahl zur Folge hat; Punkt H.

Und jetzt wird die Leistung L des Motors, bei wiederum gleichbleibender Drehzahl, auf etwas über 75% CMCR erhöht; Punkt K. Die Drehzahl wird dabei wieder konstant gehalten. Indem die Steigung des Verstellpropellers gleichzeitig derart erhöht wird, bleibt die Drehzahl bei zunehmender Leistung L des Motors wenigstens angenähert konstant.

Auf diese Art ist es mit einem optimal ausgelegten Dieselmotor mit hohem Wirkungsgrad problemlos möglich, in einzelnen oder wenigen Schritten Leistungsänderungen vorzunehmen, ohne dass die eingangs beschriebenen Probleme im Zusammenhang mit der ungenügenden Verbrennung des Brennstoffs auftreten.

Insbesondere kann mit den neuen Betriebsverfahren nach der Erfindung auch die unerwünschte Rauch- und Russentwicklung vermieden werden. Die Grösse und Zahl der Schritte wird je nach der erforderlichen Leistungsänderung gewählt.

Das Auslegen einer Steuerung und Regelung, welche die oben beschriebenen Schritte ganz oder wenigstens teilweise selbsttätig ausführt, kann mit den bekannten Mitteln der Regeltechnik vom Fachmann problemlos realisiert werden und bedarf deshalb keiner besonderen Darstellung.

Beim Verfahren zum Verbessern des dynamischen Verhaltens und Erhöhen des Wirkungsgrades von aufgeladenen Dieselmotoren, welche einen Verstellpropeller antreiben, wird vorerst die Steigung des Verstellpropellers so verkleinert bis der Dieselmotor und damit auch der Verstellpropeller die erhöhte, neue Soll-Drehzahl erreicht hat, erst darnach wird die Einspritzmenge des Kraftstoffs und damit die Leistung (L) des Dieselmotors erhöht

und beim darauf folgenden Erhöhen der Einspritzmenge die Steigung des Verstellpropellers wieder erhöht, mit Vorteil möglichst derart, dass die vorher erreichte, neue Soll-Drehzahl beibehalten wird.

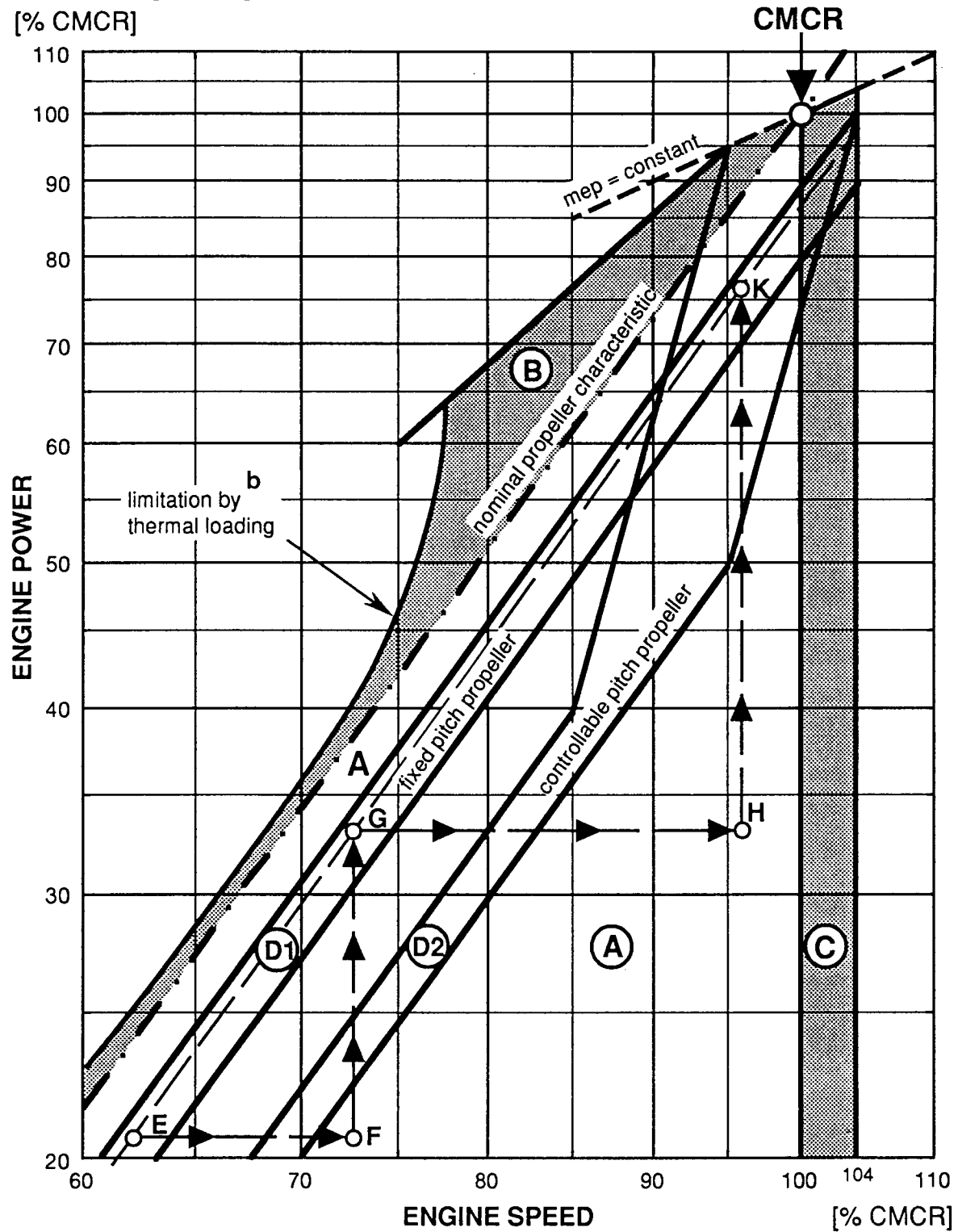
5

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbessern des dynamischen Verhaltens bzw. Erhöhen der Leistung von aufgeladenen Dieselmotoren welche einen Verstellpropeller antreiben und mit einer Steuerung zum Verstellen der Steigung der Flügel des Verstellpropellers und eine Regelung für die Kraftstoffeinspritzung des Dieselmotors aufweisen, 10  
gekennzeichnet durch 15  
das Verkleinern der Steigung des Verstellpropellers bis der Dieselmotor und damit auch der Verstellpropeller eine erhöhte neue Soll-Drehzahl erreicht hat, 20  
darnach die Einspritzmenge des Kraftstoffs und damit die Leistung (L) des Dieselmotors erhöht wird und  
beim Erhöhen der Einspritzmenge die Steigung des Verstellpropellers wieder erhöht wird. 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem mit einer Regelung und Steuerung die Steigung des Verstellpropellers derart wieder erhöht wird, dass die Soll-Drehzahl des Verstellpropellers beim Erhöhen der Einspritzmenge des Kraftstoffs wenigstens angenähert konstant bleibt. 30
3. Verfahren, bei welchem die Soll-Drehzahl des Verstellpropellers und Soll-Leistung des Dieselmotors in aufeinanderfolgenden Schritten nach Anspruch 1 oder 2 erfolgt. 35
4. Steuer- und Regelanlage für das Erhöhen der Einspritzmenge eines aufgeladenen Dieselmotors und das Verstellen der Steigung eines Verstellpropeller, welcher vom Dieselmotor angetrieben ist, welche nach dem Verfahren von einem der Ansprüche 1 bis 3 arbeitet. 40
5. Analoge oder digitale Steuer- und Regelanlage nach Anspruch 4. 45
6. Aufgeladener Dieselmotor und Verstellpropeller der vom Dieselmotor angetrieben wird, mit einer Steuer- und Regelanlage nach Anspruch 4 oder 5. 50
7. Schiff mit einem aufgeladenen Dieselmotor und Verstellpropeller nach Anspruch 6. 55

# Load Range Diagram

[% CMCR]





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 93 81 0625

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE  |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Kategorie   | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile  | Betrifft Anspruch  | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6) |
| X   | NL-C-66 863 (SULZER)<br>* Seite 2, Zeile 14 - Seite 3, Zeile 60 *<br>* Seite 3, Zeile 75 - Seite 4, Zeile 24;<br>Abbildungen 1-3 *<br>---          | 1-7  | F02D29/02                               |
| X   | US-A-2 525 460 (ROESCH)<br>* Spalte 4, Zeile 15 - Spalte 6, Zeile 8 *<br>* Spalte 14, Zeile 53 - Spalte 15, Zeile 3;<br>Abbildungen 3-5 *<br>----- | 1-7  |   |
|   |  |  | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)    |
|   |  |  | F02D                                    |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt   |  |  |   |
| Recherchenort<br>DEN HAAG   |  | Abschlußdatum der Recherche<br>28. Januar 1994   | Prüfer<br>Van Zoest, A                  |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |  | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument<br>.....<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |   |