(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. Mai 2003 (01.05.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/036121 A1

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: F16D 65/21, 66/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/11800

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Oktober 2002 (22.10.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
101 51 950.8 22. Oktober 2001 (22.10.2001) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **ESTOP GMBH** [DE/DE]; Birkenweg 2, 82284 Grafrath (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **SCHAUTT, Martin** [DE/DE]; Augustenstrasse 56, 80333 München (DE). **PASCUCCI, Antonio** [IT/DE]; Thalkirchnerstrasse 21, 80337 München (DE). **HARTMANN, Henry** [DE/DE]; Hauptstrasse 1a, 82229 Seefeld (DE).

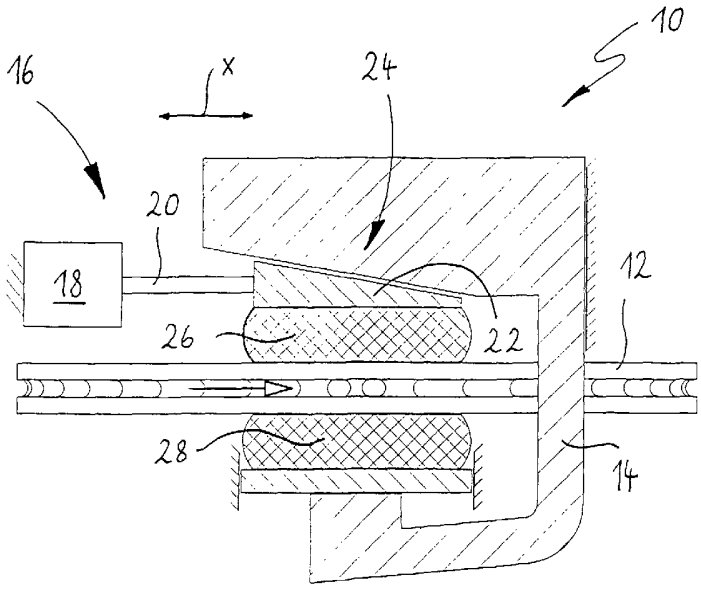
(74) Anwalt: **BEYER, Andreas**; Wuesthoff & Wuesthoff, Schweigerstrasse 2, 81541 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(national)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** SELF-ENERGIZING ELECTROMECHANICAL DISK BRAKE WITH DETECTION OF MOMENT OF FRICTION

(54) **Bezeichnung:** SELBSTVERSTÄRKENDE ELEKTROMECHANISCHE SCHEIBENBREMSE MIT REIBMOMENTERMITTLUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to a self-energizing electromechanical disk brake (10) that comprises a rotatable brake disk (12) and an electric actuator (16) that generates an actuating force. Said actuator (16) impacts a friction lining (26) via a wedge system (24), thereby forcing it against the brake disk (12). The brake (10) is further provided with a device for detecting the moment of friction, which comprises first means for measuring the friction force and second means for detecting the force perpendicular to the brake disk, or first means for detecting the force of the actuator and second means for detecting the force perpendicular to the brake disk (12). The inventive disk brake (10) has substantially improved control dynamics and control quality.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/036121 A1

(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine selbstverstärkende elektromechanische Scheibenbremse (10) mit einer drehbaren Bremsscheibe (12) und einem eine Betätigungskraft erzeugenden elektrischen Aktuator (16). Der Aktuator (16) wirkt über eine Keilanordnung (24) auf einen Reibbelag (26) ein, um ihn an die Bremsscheibe (12) anzupressen. Die Bremse (10) weist ferner eine Einrichtung zur Reibmomentermittlung auf, die erste Mittel zur Messung der Reibkraft und zweite Mittel zur Bestimmung der normal zur Bremsscheibe gerichteten Kraft oder erste Mittel zur Bestimmung der Aktuatorkraft und zweite Mittel zur Bestimmung der normal zur Bremsscheibe (12) gerichteten Kraft umfasst. Auf diese Weise ist die Regelungsdynamik und Regelungsgüte der Scheibenbremse (10) deutlich verbessert.

Selbstverstärkende elektromechanische Scheibenbremse mit Reibmomentermittlung

Die Erfindung betrifft selbstverstärkende elektromechanische Scheibenbremsen, insbesondere für Kraftfahrzeuge. Bei solchen Scheibenbremsen bringt ein elektrischer Aktuator eine Betätigungskraft auf, die die Reibbeläge der Bremse an die sich drehende Bremsscheibe anlegt. Eine Selbstverstärkungseinrichtung in Gestalt einer Keilanordnung nutzt die in der sich drehenden Bremsscheibe enthaltene kinetische Energie zum weiteren Zustellen der Reibbeläge, d.h. die Reibbeläge werden mit einer gegenüber der Aktuatorkraft deutlich erhöhten Kraft, die nicht von dem elektrischen Aktuator aufgebracht wird, gegen die Bremsscheibe gepresst. Das Grundprinzip einer solchen Bremse ist aus dem deutschen Patent 198 19 564 bekannt.

Um für einen Einsatz insbesondere in Kraftfahrzeugen geeignet zu sein, müssen elektromechanische Bremsen eine Regelung aufweisen, die sicherstellt, daß bei einer normalen Bremsung beide Bremsen einer Fahrzeugachse gleich stark bremsen. Ist dies nicht der Fall, kommt es zum sogenannten 'Schiefziehen' des Fahrzeuges, was aus Sicherheitsgründen unbedingt vermieden werden muß. Auch darf es nicht dazu kommen, daß die Bremse in einer für den Fahrzeugführer nicht vorhersehbaren Weise plötzlich viel stärker oder schwächer bremst als es dem Verzögerungswunsch des Fahrzeugführers entspricht. Zu einer Änderung des Verzögerungsverhaltens einer Bremse kann es insbesondere durch einen sich ändernden Reibkoeffizient kommen, dessen Wert stark von beispielsweise der Temperatur und der Oberflächenbeschaffenheit der Reibflächen abhängt. Besonders bei selbstverstärkenden elektromechanischen Bremsen, die einen hohen Selbstverstärkungsfaktor aufweisen können, ist eine gute Regelung von großer Bedeutung, da der Bremsenkennwert C^*, der das Verhältnis von aufgebrachter Aktuatorkraft zu tatsächlich erzeugter Reibkraft angibt, sehr stark vom Reibkoeffizienten abhängt. Üblicherweise wird versucht, das aktuell vorliegende Reibmoment durch eine Messung der Reibkraft zu ermitteln. Die Reibkraft lässt sich beispielsweise mit einem Sensor messen, der zwischen einem Reibbelag der Bremse und einem Bauteil angeordnet ist, an dem sich der Reibbelag beim Bremsen abstützt. Aus der Beziehung

$$M_R = F_R \cdot r_{disc}$$

mit M_R = Reibmoment

F_R = Reibkraft
r_{disc} = Radius der Bremsscheibe

ergibt sich dann ohne weiteres das Reibmoment.

Die Messung der Reibkraft ist allerdings mit vielen Störgrößen behaftet, die sich beispielsweise aus schnellen Auf- und Abbewegungen der Bremse im Fahrbetrieb ergeben, welche durch Fahrbahnunebenheiten hervorgerufen werden. Fahrbahnunebenheiten können an der Radbremse eines Kraftfahrzeuges Beschleunigungen bis zum 20-fachen Wert der Erdbeschleunigung verursachen. Die Massenträgheitskräfte, die durch solche Stöße hervorgerufen werden, erzeugen beträchtliche Störungen des Reibkraftmeßsignals. Um ein aussagekräftiges Messergebnis zu erhalten, ist eine Filterung des vom Reibkraftsensor gelieferten Signales unabdingbar. Diese elektronische Filterung des Meßsignals verzögert allerdings die Bestimmung der Reibkraft und führt zu einem relativ trägen Verhalten des gesamten Reibmomentregelkreises.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine selbstverstärkende elektromechanische Scheibenbremse der eingangs genannten Art, bei der die Aktuatorkraft nicht gleich der Normalkraft und in aller Regel nicht normal zur Bremsscheibe gerichtet ist, bereitzustellen, bei der die zuvor genannten Probleme beseitigt sind, bei der also insbesondere die Regelungsdynamik deutlich verbessert ist.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß durch eine selbstverstärkende elektromechanische Scheibenbremse gelöst, die die im Patentanspruch 1 oder im Patentanspruch 3 angegebenen Merkmale aufweist.

Gemäß einer ersten Lösung hat somit die erfindungsgemäße Scheibenbremse eine Einrichtung zur Ermittlung des Reibmomentes, die erste Mittel zur Messung der Reibkraft und zweite Mittel zur Bestimmung der zwischen der Bremsscheibe und dem Reibbelag wirkenden Normalkraft umfaßt. Gemäß einer Ausführungsform wird die Reibkraft durch einen Sensor gemessen, der die bei einer Bremsung auftretende Abstützkraft der Scheibenbremse erfasst. Der Sensor, z.B. ein Dehnungsmeßstreifen, kann beispielsweise so angeordnet sein, wie es eingangs bereits beschrieben worden ist. Der Sensor kann aber auch an jeder anderen Stelle angebracht sein, die es erlaubt, die bei einer Bremsung auftretende Abstützkraft zu erfassen.

Im Gegensatz zum herkömmlichen Vorgehen, lediglich die bei einer Bremsung auftretende Reibkraft zu messen, wird erfindungsgemäß zusätzlich die zwischen der Bremsscheibe und dem Reibbelag wirkende, normal zur Bremsscheibe gerichtete Kraft ermittelt. Im Gegensatz zur Reibkraftmessung, die wie beschrieben mit vielen Störgrößen behaftet ist und deshalb eine aufwendige und damit zeitraubende Filterung erfordert, ist die normal zur Bremsscheibe und damit parallel zur Radachse gerichtete Kraft kaum Störgrößen ausgesetzt, denn sie verläuft rechtwinklig zu den vertikalen Hauptanregungen, wie sie z.B. beim Überfahren einer Unebenheit mit hoher Geschwindigkeit und dem sich daraus ergebenden starken Einfedern eines Rades auftreten. Die Normalkraft braucht daher nicht zeitaufwendig gefiltert zu werden, sondern kann mit hoher Dynamik, d.h. sehr zeitnah ermittelt werden. Erfindungsgemäß wird also die Information über das aktuell vorliegende Reibmoment aus der Normalkraft gewonnen und mit dem Ergebnis der Reibkraftmessung verglichen, um Änderungen des Reibkoeffizienten, die sich aus der Normalkraft nicht ermitteln lassen, feststellen zu können. Gezielte Änderungen des Reibmomentes, wie sie beispielsweise Regelvorgänge von Bremsschlupfregelsystemen, Traktionskontrollsystemen und Fahrstabilitätssystemen in Kraftfahrzeugen auslösen, können erfindungsgemäß schneller und exakter ausgeführt werden. Dies ist von Vorteil, da die genannten Systeme umso besser funktionieren, je schneller der vom System geforderte Bremseingriff erfolgt.

Gemäß einer zweiten Lösung weist die Einrichtung zur Ermittlung des Reibmomentes der erfindungsgemäßen Scheibenbremse erste Mittel zur Bestimmung der Aktuatorkraft und zweite Mittel zur Bestimmung der zwischen der Bremsscheibe und dem Reibbelag wirkenden Normalkraft auf. Ebenso wie bei der ersten Lösung wird demnach auch hier die normal zur Bremsscheibe gerichtete Kraft ermittelt, um die Regelungsdynamik und damit die Gesamtqualität der Bremsregelung zu verbessern. Statt der stark störgrößenbehafteten Messung der Reibkraft wird jedoch bei der zweiten Lösung die während einer Bremsung aufgebrachte Aktuatorkraft bestimmt. Dies ermöglicht einen kompakteren Aufbau der Bremse, weil kein entfernter, beispielsweise am Bremsträger angebrachter Sensor zur Reibkraftmessung mehr erforderlich ist. Das Reibmoment wird indirekt bestimmt, ohne daß die Reibkraft direkt gemessen werden muß. Aus der Beziehung

$$F_R = \mu \cdot F_N = \mu \cdot \left(\frac{1}{\tan\alpha - \mu}\right) F_A$$

mit F_R = Reibkraft
μ = Reibkoeffizient
F_N = Normalkraft
F_A = Aktuatorkraft
α = Keilwinkel

ergibt sich

$$F_N = \left(\frac{1}{\tan\alpha - \mu}\right) F_A$$

und

$$\mu = \tan\alpha - \frac{F_A}{F_N}$$

Aus dem Verhältnis der Aktuatorkraft F_A zur Normalkraft F_N kann also der Reibkoeffizient μ errechnet werden, denn der Keilwinkel α ist eine vorgegebene und damit bekannte geometrische Größe der Bremse. Mit dem wirksamen Bremsscheibenradius r_{disc}, einer ebenfalls bekannten geometrischen Größe, erhält man dann mit $F_R = \mu \cdot F_N$ das gesuchte Reibmoment M_R aus der Beziehung

$$M_R = F_R \cdot r_{disc} = (\tan\alpha \cdot F_N - F_A) \cdot r_{disc}.$$

Das Reibmoment kann somit aus der Kenntnis der Normalkraft F_N und der Aktuatorkraft F_A ermittelt werden. Zu erwähnen ist, daß die Beziehung $F_R = \mu \cdot F_N$ für eine Schwimmsattelscheibenbremse zu $F_R = 2\mu \cdot F_N$ wird.

Die Aktuatorkraft kann direkt gemessen werden, vorzugsweise mit einem im Kraftfluß der Aktuatorkraft angeordneten Kraftsensor, der beispielsweise ein Dehnungsmeßstreifen sein kann. Der Kraftsensor kann z.B. die Reaktionskraft erfassen, mit der sich ein dem Aktuator zugehöriger Elektromotor am Gehäuse des Aktuators bzw. der Bremse abstützt. Die Reaktionskraft entspricht bis auf das Vorzeichen der Aktuatorkraft. Der Kraftsensor kann aber auch an der Stelle angeordnet sein, an der die Aktuatorkraft in den Keil der Keilanordnung eingeleitet wird. Ebenso kann ein Kraftsensor in oder an einem Kraftübertragungsmittel des Aktuators angeordnet sein, beispielsweise an einer Spindel oder einer Zug- bzw. Druckstange.

Die Aktuatorkraft muß aber nicht direkt gemessen werden, sondern kann indirekt ermittelt werden, beispielsweise aus dem Motorstrom des dem Aktuator zugehörigen Elektromotors. Der Motorstrom ist ein Maß für das vom Motor abgegebene Drehmoment, welches beispielsweise durch einen Spindeltrieb in eine Axialkraft gewandelt wird. Der Motorstrom ist deshalb proportional zur erzeugten Aktuatorkraft. Bei nicht zu hohen Genauigkeitsanforderungen ist eine solche indirekte Ermittlung der Aktuatorkraft eine geeignete und günstige Lösung.

Bei beiden oben beschriebenen Lösungen kann die normal zur Bremsscheibe gerichtete Kraft mittels eines im Kraftfluß der Normalkraft angeordneten Kraftsensors gemessen werden. Beispielsweise kann die Messung der Normalkraft in den Reibbelägen selbst oder in bzw. an den Belagträgern erfolgen, ferner an den Abstützflächen des Keils der Keilanordnung, oder im die Bremsscheibe übergreifenden Sattel, oder auch im Rahmen der Scheibenbremse. Generell ist eine Messung von Kräften nahe am Entstehungsort vorteilhaft, um eine Verfälschung der Meßsignale durch träge Massen zu vermeiden.

Die Normalkraft kann jedoch auch indirekt bestimmt werden, z.B. aus dem Maß der bei einer gegebenen Bremsung erfolgenden Verschiebung des Keils der Keilanordnung. Bei einem Bremsvorgang führt die Normalkraft zu einer Aufweitung des Sattels der Scheibenbremse und zu einer Kompression der Reibbeläge und, in geringerem Umfang, auch der Bremsscheibe. Diese Elastizitäten der Bremse werden durch eine entsprechende Verschiebung des Keils in Betätigungsrichtung ausgeglichen. Bezeichnet man mit dem Begriff "Null-Lage" diejenige Stellung der Reibbeläge, bei der das sogenannte Lüftspiel gerade überwunden ist, die Reibbeläge somit kraftfrei an der Bremsscheibe anliegen, dann kann aus dem Maß der Verschiebung des Keils in Betätigungsrichtung direkt die Normalkraft berechnet werden. Ist die Federkennlinie des Systems Bremse linear, dann ist die Normalkraft direkt proportional zum Verschiebeweg des Keils.

Der Verschiebeweg des Keils kann entweder direkt gemessen werden, oder er kann aus Betriebsdaten des Aktuators ermittelt werden. Beispielsweise ist es möglich, aus dem Motordrehwinkel eines dem Aktuator zugehörigen Elektromotors den Verschiebeweg des Keils zu berechnen, jedenfalls dann, wenn der Elektromotor über ein steigungstreues Vorschubsystem auf den Keil einwirkt.

Alternativ und/oder zusätzlich kann die Aufweitung des Bremssattels mit einem handelsüblichen Positionsmeßsystem ermittelt werden. Da der Zusammenhang zwischen der Aufweitung des Bremssattels in Abhängigkeit der wirkenden Normalkraft für praktische Zwecke linear ist, stellt die Messung der Aufweitung des Bremssattels eine weitere Möglichkeit dar, die Normalkraft zu ermitteln.

Generell ist erfindungsgemäß die Normalkraft eine Hilfsgröße, deren Ermittlung dazu dient, die Dynamik der Regelung zu verbessern, da die direkte Messung des Reibmomentes aufgrund der erforderlichen Störgrößenfilterung nicht ausreichend schnell erfolgen kann. Mit anderen Worten, der aktuelle Wert des Reibmomentes steht erst mit einer gewissen Verzögerung zur Verfügung, d.h. zu einem Zeitpunkt t_n gibt es einen gefilterten Meßwert, der den realen Wert zu einem Zeitpunkt t_{n-m} wiederspiegelt, welcher zeitlich vor dem Zeitpunkt t_n liegt. Dabei gibt m die Zahl der Zeitschritte an, um die das gemessene Signal durch die Filterung verzögert wird.

Die an sich mögliche hochdynamische Betätigung einer elektromechanischen Bremse erfordert, wenn die Vorteile einer solchen hochdynamischen Betätigung ausgenutzt werden sollen, eine entsprechend hochdynamische Regelung, welche mittels der Reibkraftmessung aus den bereits eingangs dargelegten Gründen nicht möglich ist. Die Ermittlung der als Hilfsgröße fungierenden Normalkraft hingegen kann sehr schnell und genau erfolgen, beispielsweise wie schon erwähnt durch eine Messung der Position des Keils. Die Position des Keils ist, sofern die Reibbeläge an der Bremsscheibe anliegen, proportional zur Aufweitung des Bremssattels und damit zur Normalkraft F_N. Über den Reibkoeffizient μ (für eine Schwimmsattelbremse gilt $F_R = 2 \cdot \mu \cdot F_N$) besteht auch eine Proportionalität zur Reibkraft F_R und damit zum Reibmoment M_R gemäß der Beziehung

$$\Delta M_R = k \cdot \Delta x$$

mit ΔM_R = Änderung des Reibmomentes
x = Keilposition
Δx = Keilverschiebung
k = Proportionalitätsfaktor

Der Proportionalitätsfaktor k ist von einer Reihe von Parametern abhängig, z.B. vom Reibkoeffizient μ, vom wirksamen Reibradius, von der durch Verschleiß abnehmenden Reibbelagdicke, von der Federkonstante des Bremssattels und des Reibbelages

bzw. der Reibbeläge und dadurch auch von der Temperatur der Bremsenbauteile. Obwohl der Proportionalitätsfaktor k demnach nicht konstant ist, ändert sich sein Wert lediglich mit einer Dynamik, die um Größenordnungen geringer ist als die durch Fahrbahnunebenheiten in die Bremse eingeleiteten Störungen. Mathematisch läßt sich dieser Sachverhalt wie folgt ausdrücken:

$$\dot{M}_R >> \dot{k} \text{ und } \dot{x} >> \dot{k}$$

Deshalb ist ein aus zurückliegenden Messungen von M_R und x ermittelte Wert von k auch für die Gegenwart gültig. Der aktuelle Wert des Reibmomentes berechnet sich dann zu

$$M_R(t_n) = M_R(t_{n-m}) + k(t_{n-m})\cdot[x(t_n) - x(t_{n-m})]$$

mit
- t_n = aktueller Zeitpunkt
- $M_R(t_n)$ = gesuchtes Reibmoment zum Zeitpunkt t_n
- $M_R(t_{n-m})$ = Reibmoment zum Zeitpunkt t_{n-m}, das zum Zeitpunkt t_n den aktuellsten störgrößengefilterten Meßwert darstellt
- $x(t_n)$ = Keilposition zum Zeitpunkt t_n
- k = Proportionalitätsfaktor (abhängig von Reibkoeffizient, Temperaturdehnung der Bremsenbauteile, Reibbelagabnutzung etc.)

Soll im Betrieb der Bremse, ausgelöst z.B. durch einen ABS-Regelungsvorgang, das Reibmoment der Bremse um einen bestimmten Betrag reduziert werden, kann die Regelung auf der Grundlage der vorstehenden Beziehung die erforderliche neue Keilposition berechnen und mittels des Aktuators sehr schnell einstellen. Eine Überprüfung des tatsächlichen Reibmomentes erfolgt dann durch die Reibkraftmessung.

Die sich im Betrieb der Bremse einstellende Abnutzung der Reibbeläge führt zu einer Veränderung der Null-Lage. Die Null-Lage muß daher gegebenenfalls durch die Regelung der Bremse immer wieder neu detektiert werden. Eine einfache Möglichkeit zur Bestimmung der Null-Lage bietet die Reibkraftmessung. Die Reibkraft steigt nämlich in dem Moment sprunghaft an, in dem der Reibbelag die Bremsscheibe berührt. Somit läßt sich die Keilposition, bei der der Reibbelag und die Bremsscheibe miteinander in Kontakt kommen, einfach detektieren. Zudem wird dann nur die relative Keilposition benötigt, womit sich eine bei fortschreitender Abnutzung des

Reibbelages bzw. der Reibbeläge immer wieder durchzuführende Nullpunktskalibrierung erübrigt. Falls sich durch die zunehmende Abnutzung der Reibbeläge auch die Federkennlinie des Gesamtsystems Bremse verändert, kann diesem Umstand durch eine entsprechende Modellierung Rechnung getragen werden.

In der beigefügten Figur 1 ist sehr schematisch eine erfindungsgemäße selbstverstärkende elektromechanische Scheibenbremse 10 dargestellt. Die Scheibenbremse 10 hat eine drehbare Bremsscheibe 12, die von einem Bremssattel 14 übergriffen wird. Ein elektrischer Aktuator 16, der einen Elektromotor 18 und einen Spindeltrieb 20 umfaßt, erzeugt eine Betätigungs- oder Aktuatorkraft F_A, die über den Spindeltrieb 20 in einen Keil 22 einer Keilanordnung 24 eingeleitet wird, um den Keil 22 längs einer Richtung x zu verschieben und dadurch einen Reibbelag 26 an die Bremsscheibe 12 anzupressen. Ein weiterer, auf der gegenüberliegenden Seite der Bremsscheibe 12 angeordneter Reibbelag 28 wird im gezeigten Ausführungsbeispiel von dem Sattel 14, der hier nach dem Schwimmsattelprinzip arbeitet, das Fachleuten auf diesem Gebiet wohlbekannt ist und deshalb hier nicht weiter erläutert wird, bei einem Bremsvorgang an die Bremsscheibe 12 gepreßt.

An dem Reibbelag 26 wirken während eines Bremsvorgangs die in Fig. 2 dargestellten Kräfte. Die Aktuatorkraft F_A verschiebt den einen Keilwinkel α aufweisenden Keil 22 in x-Richtung, wodurch der Reibbelag 26 in Kontakt mit der sich drehenden Bremsscheibe 12 gerät. Sobald der Reibbelag 26 die Bremsscheibe 12 berührt, entsteht eine normal zur Bremsscheibe gerichtete Rückwirk- oder Normalkraft F_N sowie eine in Umfangsrichtung der Bremsscheibe 12 wirkende Reibkraft F_R. Diese Kräfte werden zum allergrößten Teil in das Gehäuse der Bremse eingeleitet und dort abgestützt, siehe die Abstützkraft F_B. Im gezeigten Beispiel wirkt die Aktuatorkraft F_A parallel zur Bremsscheibenfläche und damit rechtwinklig zur Normalkraft F_N.

Während einer Bremsung kann aufgrund eines sich ändernden Reibkoeffizienten μ zwischen dem Reibbelag 26 und der Bremsscheibe 12 die Selbstverstärkung der Bremse so groß werden, daß zum Aufrechterhalten eines gewünschten Reibmoments die Aktuatorkraft F_A zu Null wird oder sogar negative Werte annehmen muß (auf den Keil 22 wirkt dann keine Druckkraft mehr, sondern eine Zugkraft), um ein "Festgehen", d.h. ein unerwünschtes Blockieren der Bremse zu verhindern.

Zur Reibmomentregelung weist die Scheibenbremse 10 eine nicht weiter dargestellte Einrichtung zur Reibmomentermittlung auf, die gemäß den vorstehenden Ausführun-

gen entweder die Reibkraft F_R und die Normalkraft F_N misst bzw. ermittelt, oder die Aktuatorkraft F_A und die Normalkraft F_N bestimmt. Gemäß den bereits dargelegten Beziehungen kann aus diesen Größen das Reibmoment ermittelt und dann durch entsprechendes Verändern der Aktuatorkraft F_A geregelt werden.

Patentansprüche

1. Selbstverstärkende elektromechanische Scheibenbremse (10), mit
- einer drehbaren Bremsscheibe (12),
- einem eine Betätigungskraft erzeugenden elektrischen Aktuator (16),
- einem von dem elektrischen Aktuator (16) betätigten Reibbelag (26), auf den der elektrische Aktuator über eine Keilanordnung (24) mit einem Keilwinkel α wirkt, um den Reibbelag (26) an die Bremsscheibe (12) anzupressen, und
- einer Einrichtung zur Ermittlung des bei einer Bremsung auftretenden Reibmomentes, die erste Mittel zur Messung der Reibkraft und zweite Mittel zur Bestimmung der zwischen der Bremsscheibe (12) und dem Reibbelag (26) wirkenden Normalkraft umfaßt.

2. Scheibenbremse nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß die Reibkraft durch einen Sensor gemessen wird, der die bei einer Bremsung auftretende Abstützkraft der Scheibenbremse erfaßt.

3. Selbstverstärkende elektromechanische Scheibenbremse (10), mit
- einer drehbaren Bremsscheibe (12),
- einem eine Betätigungskraft erzeugenden elektrischen Aktuator (16),
- einem von dem elektrischen Aktuator (16) betätigten Reibbelag (26), auf den der elektrische Aktuator über eine Keilanordnung (24) mit einem Keilwinkel α wirkt, um den Reibbelag (26) an die Bremsscheibe (12) anzupressen, und
- einer Einrichtung zur Ermittlung des bei einer Bremsung auftretenden Reibmomentes, die erste Mittel zur Bestimmung der Aktuatorkraft und zweite Mittel zur Bestimmung der zwischen der Bremsscheibe (12) und dem Reibbelag (26) wirkenden Normalkraft umfaßt.

4. Scheibenbremse nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatorkraft aus Betriebsdaten des Aktuators (16) ermittelt wird, insbesondere aus dem Motorstrom eines dem Aktuator (16) zugehörigen Elektromotors (18) während einer Betätigung der Bremse.

5. Scheibenbremse nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatorkraft mittels eines im Kraftfluß der Aktuatorkraft angeordneten Kraftsensors gemessen wird.

6. Scheibenbremse nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen der Bremsscheibe (12) und dem Reibbelag (26) wirkende Normalkraft mittels eines im Kraftfluß der Normalkraft angeordneten Kraftsensors gemessen wird.

7. Scheibenbremse nach Anspruch 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftsensor ein Dehnungsmeßstreifen ist.

8. Scheibenbremse nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen der Bremsscheibe (12) und dem Reibbelag (26) wirkende Normalkraft aus dem Maß der bei einer gegebenen Bremsung erfolgenden Verschiebung eines Keils der Keilanordnung (24) ermittelt wird.

9. Scheibenbremse nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, daß das Maß der Keilverschiebung aus Betriebsdaten des Aktuators (16) ermittelt wird, insbesondere aus dem zur Betätigung der Bremse durchlaufenen Drehwinkel eines dem Aktuator (16) zugehörigen Elektromotors (18).

10. Scheibenbremse nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, daß das von dem Sensor abgegebene Signal einer Störgrößenfilterung unterzogen wird.

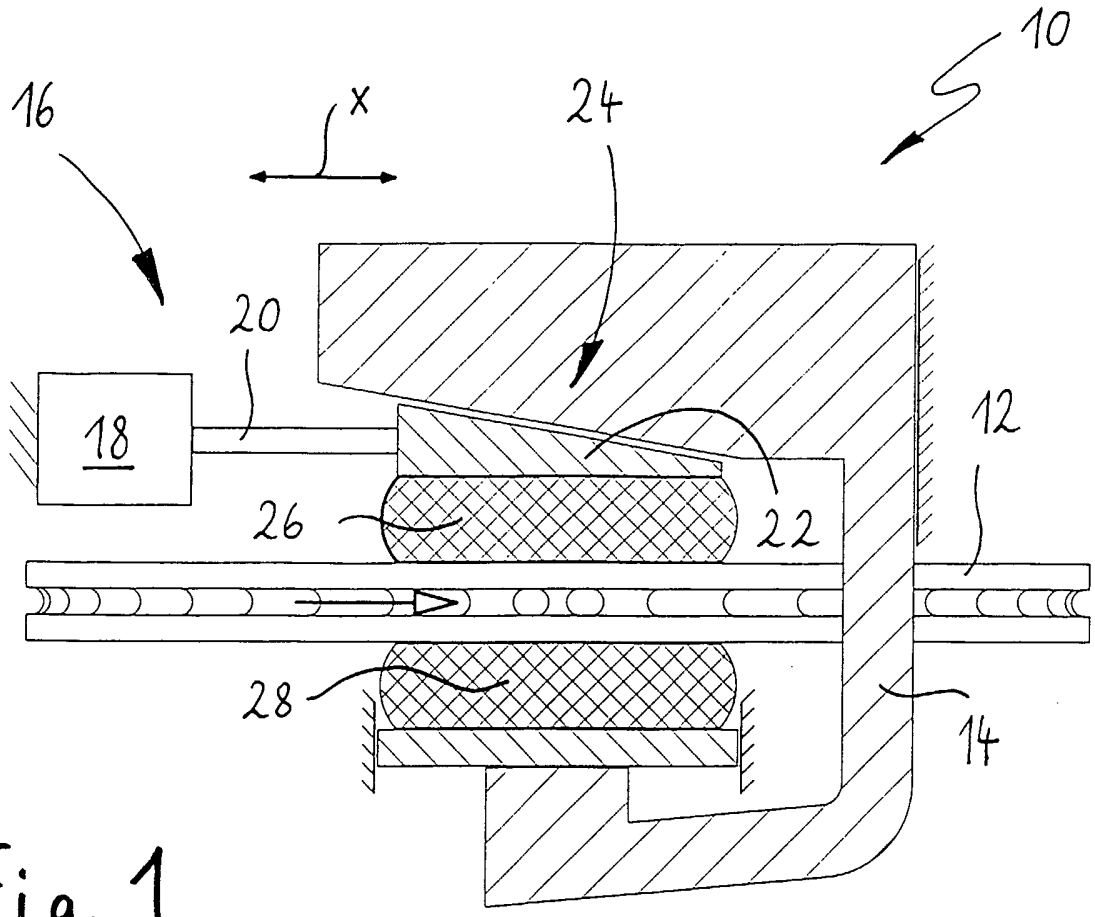


Fig. 1

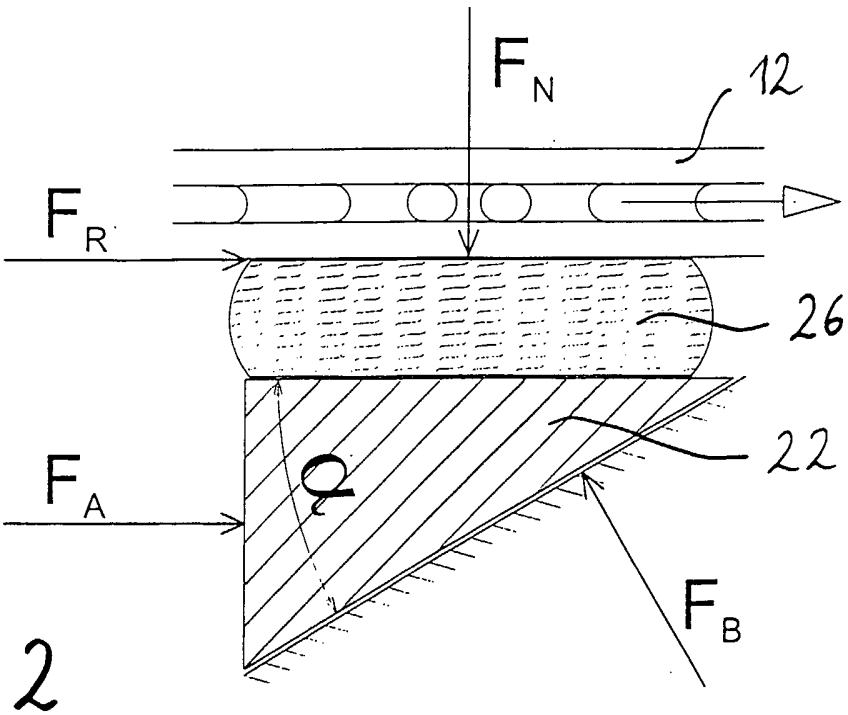


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 02/11800

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F16D65/21 F16D66/00

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)
IPC 7 F16D

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 practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 98 14715 A (TOYOTA MOTOR CO LTD ;IMAI KAZUHIKO (JP); SHIRAI KENJI (JP); KURASA) 9 April 1998 (1998-04-09) page 71, line 10 - line 35 page 74, line 34 -page 75, line 23 page 88, line 9 - line 29; figures 10,15,16 ---	1,2,10
Y	US 4 016 755 A (ANDERBERG PAUL-HENRY BOTVID ET AL) 12 April 1977 (1977-04-12) column 3, line 16 - line 21; claim 1; figures 1,3	1,2,10
A	--- -/--	5-7

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"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 when the document is taken alone

"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

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 March 2003	18/03/2003

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Topolski, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 02/11800

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication,where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 198 19 564 A (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT) 2 December 1999 (1999-12-02) cited in the application column 2, line 34 - line 53 column 7, line 26 - line 53 column 9, line 33 - line 40; figures 1,2	3,4,8,9
A	---	5-7
Y	EP 1 124 073 A (VOLKSWAGENWERK AG) 16 August 2001 (2001-08-16) column 5, line 9 - line 32; figures 1,2	3,4,8,9

A	WO 02 095257 A (ESTOP GMBH ;SCHAUTT MARTIN (DE)) 28 November 2002 (2002-11-28)	

A	WO 02 095255 A (ESTOP GMBH ;HARTMANN HENRY (DE); SCHAUTT MARTIN (DE); PASCUCCI ANT) 28 November 2002 (2002-11-28)	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP 02/11800

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO 9814715	A	09-04-1998	JP	10281191 A	20-10-1998
			JP	10331876 A	15-12-1998
			BR	9711849 A	24-08-1999
			CN	1239538 A	22-12-1999
			DE	69718803 D1	06-03-2003
			EP	0929757 A1	21-07-1999
			WO	9814715 A1	09-04-1998
			KR	2000048650 A	25-07-2000
			US	6305506 B1	23-10-2001
US 4016755	A	12-04-1977	SE	389733 B	15-11-1976
			CA	1043126 A1	28-11-1978
			DE	2539596 A1	25-03-1976
			FR	2284110 A1	02-04-1976
			GB	1484960 A	08-09-1977
			SE	7411284 A	08-03-1976
DE 19819564	A	02-12-1999	DE	19819564 A1	02-12-1999
			EP	0953785 A2	03-11-1999
			JP	11315865 A	16-11-1999
			US	6318513 B1	20-11-2001
EP 1124073	A	16-08-2001	DE	10005758 A1	16-08-2001
			EP	1124073 A2	16-08-2001
WO 02095257	A	28-11-2002	DE	10154178 A1	12-12-2002
			WO	02095257 A2	28-11-2002
			WO	02095255 A1	28-11-2002
WO 02095255	A	28-11-2002	DE	10154178 A1	12-12-2002
			WO	02095257 A2	28-11-2002
			WO	02095255 A1	28-11-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 02/11800

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F16D65/21 F16D66/00

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F16D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 98 14715 A (TOYOTA MOTOR CO LTD ;IMAI KAZUHIKO (JP); SHIRAI KENJI (JP); KURASA) 9. April 1998 (1998-04-09) Seite 71, Zeile 10 - Zeile 35 Seite 74, Zeile 34 -Seite 75, Zeile 23 Seite 88, Zeile 9 - Zeile 29; Abbildungen 10,15,16 ---	1,2,10
Y	US 4 016 755 A (ANDERBERG PAUL-HENRY BOTVID ET AL) 12. April 1977 (1977-04-12) Spalte 3, Zeile 16 - Zeile 21; Anspruch 1; Abbildungen 1,3	1,2,10
A	--- -/--	5-7

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"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 allein aufgrund dieser Veröffentlichung 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

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
12. März 2003	18/03/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Topolski, J

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 02/11800

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 198 19 564 A (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT) 2. Dezember 1999 (1999-12-02) in der Anmeldung erwähnt Spalte 2, Zeile 34 - Zeile 53 Spalte 7, Zeile 26 - Zeile 53 Spalte 9, Zeile 33 - Zeile 40; Abbildungen 1,2	3,4,8,9
A		5-7
Y	EP 1 124 073 A (VOLKSWAGENWERK AG) 16. August 2001 (2001-08-16) Spalte 5, Zeile 9 - Zeile 32; Abbildungen 1,2	3,4,8,9
A	WO 02 095257 A (ESTOP GMBH ;SCHAUTT MARTIN (DE)) 28. November 2002 (2002-11-28)	
A	WO 02 095255 A (ESTOP GMBH ;HARTMANN HENRY (DE); SCHAUTT MARTIN (DE); PASCUCCI ANT) 28. November 2002 (2002-11-28)	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 02/11800

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9814715 A	09-04-1998	JP 10281191 A	20-10-1998
		JP 10331876 A	15-12-1998
		BR 9711849 A	24-08-1999
		CN 1239538 A	22-12-1999
		DE 69718803 D1	06-03-2003
		EP 0929757 A1	21-07-1999
		WO 9814715 A1	09-04-1998
		KR 2000048650 A	25-07-2000
		US 6305506 B1	23-10-2001
US 4016755 A	12-04-1977	SE 389733 B	15-11-1976
		CA 1043126 A1	28-11-1978
		DE 2539596 A1	25-03-1976
		FR 2284110 A1	02-04-1976
		GB 1484960 A	08-09-1977
		SE 7411284 A	08-03-1976
DE 19819564 A	02-12-1999	DE 19819564 A1	02-12-1999
		EP 0953785 A2	03-11-1999
		JP 11315865 A	16-11-1999
		US 6318513 B1	20-11-2001
EP 1124073 A	16-08-2001	DE 10005758 A1	16-08-2001
		EP 1124073 A2	16-08-2001
WO 02095257 A	28-11-2002	DE 10154178 A1	12-12-2002
		WO 02095257 A2	28-11-2002
		WO 02095255 A1	28-11-2002
WO 02095255 A	28-11-2002	DE 10154178 A1	12-12-2002
		WO 02095257 A2	28-11-2002
		WO 02095255 A1	28-11-2002