



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 034 848 A1** 2008.01.31

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 034 848.6**

(22) Anmeldetag: **27.07.2006**

(43) Offenlegungstag: **31.01.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F16D 49/08 (2006.01)**  
**B60R 22/34 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Siemens AG, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Schautt, Martin, 80636 München, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

**DE10 2004 057095 C3**

**DE 198 19 564 C2**

**DE 101 64 317 C1**

**DE10 2005 041101 A1**

**DE 27 48 745 A1**

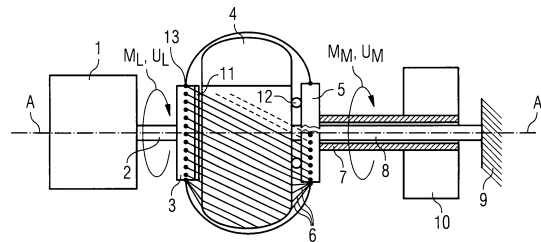
**FR 25 78 930 A1**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Schnurbremse**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Bremse, insbesondere Sicherheitsgurtbremse, zur Abbremsung eines um eine Drehachse (A) rotierenden Bauteils (1) mit einem auf der Drehachse (A) gelagerten Bremskörper (4), zwei auf der Drehachse (A) gelagerten, jeweils auf einer Seite des Bremskörpers (4) angeordneten Lagerelementen (3, 5), einer oder mehreren Bremsschnüren (6), die die beiden Lagerelemente (3, 5) verbinden, so dass der Bremskörper (4) von der oder den Bremsschnüren (6) umgeben ist, und mit einer Betätigungseinrichtung (10), die mit zumindest einem der Lagerelemente (3, 5) derart in Wirkverbindung steht, dass die Lagerelemente (3, 5) relativ zueinander derart verschiebbar sind, dass die Bremsschnur bzw. Bremsschnüre (6) mit dem Bremskörper (4) in Reibkontakt treten.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Bremse zur Abbremsung eines um eine Drehachse rotierenden Bauteils, insbesondere eine Gurtbremse eines adaptiven Sicherheitssystemes in einem Fahrzeug.

**[0002]** Derartige Bremsen sind aus dem Stand der Technik vielfältig bekannt. Beispielsweise sind Bandbremsen und Keilbremsen bekannt. Bei den so genannten Bandbremsen erfolgt eine Abbremsung eines rotierenden Körpers durch Reibung eines Bremsbandes an diesem Körper. Bei diesem auch als Seilbremse bekannten Prinzip folgt das Bremsmoment  $M_B$  der Formel

$$M_B = M \cdot e^{(\beta \cdot \mu)}, \text{ wobei}$$

M: Moment am Band,  
 $\beta$ : Umschlingungswinkel des Bandes um den abzubremsenden Körper,  
 $\mu$ : Reibkoeffizient zwischen Band und Körper.

**[0003]** Das entstehende Bremsmoment wächst somit exponentiell mit dem Produkt aus Reibkoeffizient  $\mu$  und Umschlingungswinkel  $\beta$ . Das Band zieht sich hierbei auf den Körper, wodurch die Bewegung des Körpers in selbstverstärkender Weise abgebremst wird.

**[0004]** Ein anderes Bremsprinzip ist das der Keilbremse. Beispielsweise ist aus der DE 198 19 564 C2 eine elektromechanische Bremse für die Abbremsung eines Fahrzeugs mit einem elektrischen Aktuator bekannt, der eine Betätigungskraft erzeugt, die auf einen Keil wirkt, der im wesentlichen senkrecht zur Drehachse verschoben wird. Dieser Keil gleitet an einem Widerlager entlang, so dass sich eine weitere Verschiebungskomponente in Richtung Drehachse ergibt. Hierdurch wird eine Reibkraft gegen das abzubremsende Bauteil erzeugt, wobei die hervorgerufene Bremskraft selbstverstärkend ist, da der Keil durch die Drehbewegung des abzubremsenden Körpers mitgenommen wird, so dass die Bremskraft hierdurch verstärkt wird. In Abhängigkeit vom so genannten Keilwinkel  $\alpha$  (Steigungswinkel) und dem Reibkoeffizienten  $\mu$  unterscheidet man zwischen Druckkeilanordnung und Zugkeilanordnung. Bezeichnet  $F_R$  die am Keil entstehende Reibkraft und  $F_{EIN}$  die vom Aktuator auf den Keil ausgeübte Eingangskraft, so gilt

$$\frac{F_{EIN}}{F_R} = -\left(1 - \frac{\tan \alpha}{\mu}\right)$$

**[0005]** Werden  $\mu$  und  $\alpha$  so gewählt, dass im gesamten Betriebsbereich der Klammerausdruck negativ ist, so ist die Eingangskraft  $F_{EIN}$  im gesamten Betriebsbereich positiv (Druckkeilanordnung), während im anderen Fall die Eingangskraft  $F_{EIN}$  negativ ist,

weshalb eine solche Anordnung auch als Zugkeilanordnung bezeichnet wird. Häufig wird die Druckkeilanordnung der Zugkeilanordnung vorgezogen. Nähere Einzelheiten hierzu ergeben sich aus der DE 198 19 564 C2.

**[0006]** Eine andere Art einer selbstverstärkenden elektromechanischen Bremse ist aus der DE 101 64 317 C1 ersichtlich. Anstelle der erwähnten Keilanordnung kommt hier eine Kugel-Rampenordnung zum Einsatz. Hierbei ist eine Druckplatte relativ zu einem Widerlager in Umfangsrichtung einer abzubremsenden Bremsscheibe verdrehbar, wobei die Druckplatte auf ihrer anderen Seite einen Reibbelag aufweist, der auf die Bremsscheibe wirkt. Die Druckplatte weist Laufbahnen auf, die in Form zweier in entgegengesetzte Richtung verlaufender Rampen ausgeführt sind. Das Widerlager weist seinerseits korrespondierend und gegenüberliegend ausgebildete zweite Laufbahnen auf. Zwischen den sich entsprechenden Laufbahnen der Druckplatte und des Widerlagers ist jeweils eine Kugel oder ein anderer Wälzkörper aufgenommen. Bei einer Verdrehung der Druckplatte gegenüber dem Widerlager laufen infolgedessen die Kugeln die jeweiligen Rampen hinauf bzw. herunter, wodurch der Abstand zwischen Widerlager und Druckplatte erhöht wird, wodurch wiederum der Bremsbelag mit der Bremsscheibe in Kontakt tritt. Nähere Einzelheiten zu dieser Bremsart sind der genannten Druckschrift zu entnehmen.

**[0007]** Vor diesem Hintergrund stellt sich der vorliegenden Erfindung die Aufgabe, eine andere Bremsart aufzufinden, die insbesondere die Vorteile der bekannten und geschilderten Bandbremse und Keilbremse vereint und insbesondere auch wahlweise die entsprechenden Charakteristiken aufweist.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch die eine als Schnurbremse bezeichnete Bremse gelöst. Diese weist im wesentlichen die folgenden Elemente auf: Einen auf der Drehachse gelagerten Bremskörper, zwei auf der Drehachse gelagerte jeweils auf einer Seite des Bremskörpers angeordnete Lagerelemente und eine oder mehrere Bremschnüre, die die beiden Lagerelemente derart verbinden, dass der dazwischen angeordnete Bremskörper von der oder von den Bremschnüren umgeben ist; weiterhin eine Betätigungseinrichtung, die mit zumindest einem der Lagerelemente derart in Wirkverbindung steht, dass die Lagerelemente relativ zueinander derart verschiebbar sind, dass die Bremschnur bzw. -schnüre mit dem Bremskörper in Reibkontakt treten.

**[0009]** Die Grundzüge der Funktionsweise der beschriebenen Schnurbremse sind wie folgt: Der auf der Drehachse (drehfest oder drehbar) angeordnete Bremskörper ist jeweils auf einer Seite von den ebenfalls auf der Drehachse gelagerten Lagerelementen umgeben, wobei eine oder mehrere Bremschnüre

die beiden Lagerelemente derart verbinden, dass sie den dazwischen liegenden Bremskörper gleichsam „umwickeln“. Die Lagerelemente und die Bremsschnurwicklung können ihrerseits drehbar oder drehfest sein, je nachdem, ob der Bremskörper drehfest oder drehbar um die Drehachse gelagert ist. Bei einer Drehung des um die Drehachse rotierenden Bauteils kommt es somit zu einer relativen Drehbewegung von Lagerelementen mit Bremsschnurwicklung einerseits und Bremskörper andererseits, d.h. entweder rotiert der Bremskörper in der drehfesten Bremsschnurwicklung oder die Bremsschnurwicklung rotiert zusammen mit dem Lagerelementen um den feststehenden Bremskörper. In diesem Zustand umgibt die Bremsschnurwicklung den Bremskörper nahezu reibungsfrei. Mittels der genannten Betätigungseinrichtung werden nun die Lagerelemente gegeneinander verschoben, so dass die Bremsschnurwicklung mit dem Bremskörper in Reibkontakt tritt. Durch das Verschieben der Lagerelemente relativ zueinander wird die Bremsschnurwicklung gespannt und zugleich der Bremskörper fest umschlungen oder umspannt und an diesen gepresst oder festgezurr. Dies ergibt ein starkes Abbremsen der Drehbewegung.

**[0010]** An dieser Stelle sei bemerkt, dass die Verwendung des unbestimmten Artikels („ein/eine/ein“) in vorliegender Anmeldung, insbesondere in den Patentansprüchen, nicht im Sinne „ein einziger/eine einzige/ein einziges“ erfolgt, sondern im Sinne von „mindestens ein/eine/ein“.

**[0011]** In einer ersten vorteilhaften Ausführungsform ist der Bremskörper drehbar um die Drehachse gelagert und mit dem rotierenden Bauteil verbunden. Diese Verbindung kann in unmittelbarer oder in mittelbarer (Zwischenschaltung einer Kupplung oder eines Getriebes) Weise vorgenommen werden. In diesem Fall ist es vorteilhaft und ausreichend, wenn eines der beiden Lagerelemente drehbar um die Drehachse gelagert ist, während das andere drehfest gelagert ist. Das drehbar gelagerte Lagerelement wird dann von der Betätigungseinrichtung mit einer entsprechenden Kraft beaufschlagt, die zu einer Verschiebung gegenüber dem ersten Lagerelement führt. Selbstverständlich ist es auch möglich, beide Lagerelemente drehbar zu lagern und mit einer oder jeweils einer Betätigungseinrichtung zu koppeln.

**[0012]** Die relative Verschiebung der beiden Lagerelemente durch die Betätigungseinrichtung erfolgt grundsätzlich in rotatorischem Sinne, d.h. es wird ein Winkelversatz hergestellt. Grundsätzlich denkbar ist aber auch eine translatorische Verschiebung im Wesentlichen in Richtung der Drehachse, wobei sich die beiden Lagerelemente voneinander weg bewegen. Zur Herstellung eines Winkelversatzes werden die Lagerelemente zueinander verdreht, so dass die Bremsschnüre in entsprechender Richtung gespannt

werden. Aufgrund dieses Winkelversatzes verkürzt sich mit wachsendem Winkelversatz die projizierte Länge eines jeden Bremsschnurabschnitts zwischen den beiden Lagerelementen auf die Drehachse. Somit wirkt das Verspannen der Bremsschnur bzw. -schnüre wie eine Normalkraft und damit eine Bremskraft (Reibkraft) auf den Bremskörper. Zu der Bremsschnurwicklung sei bemerkt, dass diese durch einzelne Bremsschnüre gefertigt sein kann, wobei jeweils eine Bremsschnur das erste Lagerelement mit dem zweiten Lagerelement verbindet. Alternativ kann auch eine einzige Bremsschnur zum Einsatz kommen, die jeweils von Lagerelement zu Lagerelement gespannt wird und beide Seiten des Bremskörpers umgibt. Auch Kombinationen der genannten Anordnungen sind denkbar.

**[0013]** Als Lagerelement kann eine Lagerscheibe oder ein Lagerring oder Kombinationen hiervon verwendet werden. Es sind auch mehrere solcher Lagerelemente mit mehreren Bremsschnurwicklungen denkbar, wenn dies sinnvoll ist. Schließlich können auch mehrere Bremskörper mit zugehörigen Lagerelementen und Bremsschnurwicklungen in Reihe geschaltet werden, um eine Bremswirkung zu verstärken.

**[0014]** In einer weiteren Ausführungsform ist der Bremskörper drehfest um die Drehachse gelagert. In diesem Fall ist es notwendig, dass beide Lagerelemente drehbar um die Drehachse gelagert sind. Hierdurch ist es möglich, dass die beiden Lagerelemente zusammen mit der Bremsschnurwicklung um den drehfest gelagerten Bremskörper rotieren, wobei wiederum, wie in der ersten Ausführungsform, eine Bremswirkung durch einen Winkelversatz der beiden Lagerelemente zueinander erzielt wird. In diesem Fall wird die Drehbewegung der rotierenden Lagerelemente abgebremst. Damit die Bremswirkung auf das abzubremsende Bauteil übertragen werden kann, ist zweckmäßigerweise zumindest eines der Lagerelemente unmittelbar oder mittelbar mit dem abzubremsenden Bauteil verbunden. Je nach Steifigkeit der Bremsschnurwicklung kann sich die Rotation des einen Lagerelements auf das andere Lagerelement übertragen, so dass beide Lagerelemente gleichsinnig mit dem abzubremsenden Bauteil rotieren (mit gleichen Drehzahlen oder mit Drehzahlen im festen Verhältnis zueinander).

**[0015]** In einer zweckmäßigen Ausgestaltung der genannten zweiten Ausführungsform ist (mindestens) eines der beiden Lagerelemente von (mindestens) einer Antriebseinheit antreibbar, so dass eine erzwungene Rotation um die Drehachse erfolgt. Bei dieser Ausgestaltung kann beispielsweise eines der beiden Lagerelemente mit dem rotierenden Bauteil mechanisch verbunden sein, während das andere Lagerelement von einer Antriebseinheit, beispielsweise einem Motor, zu einer gleichsinnigen Rotation

mit gleicher Drehzahl angetrieben wird. Beide Lager-elemente rotieren in diesem Fall zusammen mit der Bremsschnurwicklung um den festen Bremskörper. Solange die Antriebseinheit dieselbe Winkelgeschwindigkeit einhält wie diejenige des rotierenden Bauteils, kommt es zu einem (nahezu) reibungsfreien Umlauf der Bremsschnurwicklung um den Bremskörper. Zum Einleiten eines Bremsvorgangs muss wiederum ein Winkelversatz zwischen beiden Lager-elementen hergestellt werden. Hierzu kann die Drehzahl der Antriebseinheit so gesteuert oder geregelt werden, dass diese Drehzahl zumindest kurzzeitig nicht mehr der Drehzahl des rotierenden Bauteils entspricht. Hierzu reicht es beispielsweise aus, die Motordrehzahl der Antriebseinheit kurzzeitig zu reduzieren. In diesem Fall ist die genannte Betätigungseinrichtung zum Erzeugen eines Winkelversatzes in der Antriebseinheit (Motor) integriert. Es ist jedoch auch denkbar, den Winkelversatz durch eine zusätzliche Betätigungseinrichtung zu erzeugen, die auf eines der beiden Lager-elemente wirkt, um den genannten Drehzahlunterschied bzw. die Winkelgeschwindigkeitsdifferenz zu erzeugen. Durch eine kurzzeitige Drehzahländerung dreht sich ein Lager-element etwas weiter als das andere, wodurch sich der besagte Winkelversatz einstellt. Hierdurch wird, wie bereits beschrieben, die Bremsschnurwicklung gespannt und erzeugt eine Bremskraft auf den feststehenden Bremskörper.

**[0016]** Es sei angemerkt, dass zur Drehzahländerung die Drehzahl eines der Lager-elemente verringert, aber auch erhöht werden kann. Hierzu kann die Antriebseinheit, die eines der beiden Lager-elemente antreibt, kurzzeitig mit höherer oder geringerer Motordrehzahl betrieben werden. Um die Bremskraft wieder aufzuheben oder abzuschwächen, muss der Winkelversatz zwischen den beiden Lager-elementen verringert werden. Hierzu kann wiederum die Antriebseinheit (Motor) derart angesteuert werden, dass die Motordrehzahl entsprechend kurzzeitig erhöht bzw. verringert wird. Zur Reduzierung der Motordrehzahl der Antriebseinheit reicht eine einfache Steuerung des Motors aus, die zum Beispiel die Stromstärke reduziert. Es ist auch denkbar, die Steuerung durch eine Regelung zu ersetzen oder den Motor mit einer Zusatzbremse auszustatten.

**[0017]** Diese Anordnung enthält einen inhärenten mechanischen Regelkreis. Versucht sich das mit dem rotierenden Bauteil verbundene Lager-element schneller zu drehen als das mit der Antriebseinheit verbundene Lager-element, so erhöht sich das Bremsmoment. Es kann also seitens der Antriebseinheit die gewünschte Drehzahl vorgegeben werden, und die Bremse erzeugt automatisch das erforderliche Bremsmoment, um das erforderliche Bauteil auf diese Drehzahl abzubremesen.

**[0018]** Sollte die vorgegebene Drehzahl nicht einge-

halten werden können, weil die Last von außen (erhöhter Widerstand) abgebremst wird, würde der entstehende Winkelversatz zu einem weiteren Abbremsen der Last führen, also zu einer negativen Selbstverstärkung. Als Gegenmaßnahme kann beispielsweise ein Anschlag vorgesehen werden, der den Differenzwinkel in der Rückwärtsrichtung begrenzt. Dann kann sich die Bremse nicht zuziehen und die Last bremst den Motor auf eine Synchrondrehzahl.

**[0019]** Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass die Antriebseinheit bzw. die Betätigungseinrichtung zur Wandlung von Drehmoment und Drehzahl um ein Getriebe erweitert werden kann. Des Weiteren sind auch jede Art von Notlöseeinrichtungen denkbar (zum Beispiel eine Kupplung, die in die Welle integriert wird, die das rotierende Bauteil und das eine Lager-element verbindet), um ein ungewolltes Blockieren der Bremse zu verhindern. Eine weitere Möglichkeit einer Notlöseeinrichtung wird weiter unten beschrieben.

**[0020]** Vorteilhafterweise ist der Bremskörper von rotationssymmetrischer Gestalt. Es bietet sich eine rundliche, beispielsweise auch torusförmige (Toroid) Formgebung an. Hierdurch kann eine möglichst gleichförmige Rotation (soweit der Bremskörper drehbar gelagert ist) garantiert werden. Weiterhin soll der Bremskörper eine glatte Oberfläche aufweisen, so dass die Bremsschnurwicklung den Bremskörper kontinuierlich umschlingen kann, ohne beschädigt zu werden. Es hat sich gezeigt, dass das Bremsverhalten auch durch die Geometrie des Bremskörpers wesentlich bestimmt werden kann.

**[0021]** Zweckmäßigerweise weisen die Lager-elemente Verbindungselemente auf, die zur Befestigung der Bremsschnur bzw. -schnüre dienen. Diese Verbindungselemente können hierzu von unterschiedlicher Art sein: (der Einfachheit halber soll von nur einer Bremsschnur geredet werden). Es ist möglich, die Bremsschnur mittels am Umfang des Lager-elementes verteilt befindlichen Ösen als Verbindungselemente oder über Haken als Verbindungselemente aufzufädeln bzw. aufzuwickeln bzw. zu befestigen (vgl. Prinzip der Befestigung eines Schnürsenkels an Schuhen: Schnürsenkel mit Ösen für einfache Schnürschuhe oder Schnürsenkel mit Schnürhaken beispielsweise für Bergstiefel). Die Bremsschnur kann andererseits auf einen Ring gewickelt werden, der in den am Umfang verteilten Haken des Lager-elementes gelagert wird. Selbstverständlich sind anstelle einer Bremsschnur mehrere Schnüre und anstelle eines Ringes mehrere Ringe möglich.

**[0022]** Es ist weiterhin sinnvoll, wenn die Bremsschnur bzw. die Bremsschnüre den Bremskörper äquidistant umgeben. Hierunter ist zu verstehen, dass die jeweiligen Bremsschnurabschnitte, die von einem Lager-element zum anderen verlaufen, zuein-

ander parallel und äquidistant verlaufen. Die genannten Abschnitte können jeweils im Wesentlichen senkrecht auf die durch die Lagerelemente verlaufenden Hauptebenen sein, die ihrerseits im wesentlichen senkrecht zur Drehachse verlaufen (mit anderen Worten verlaufen besagte Bremsschnurabschnitte dann parallel zur Drehachse). In diesem Fall führt ein Winkelversatz in eine der beiden Drehrichtungen gleichermaßen zu der bereits beschriebenen Bremswirkung.

**[0023]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Schnurbremse ist zumindest eines der Lagerelemente in Richtung der Drehachse verschiebbar gelagert. Durch diese translatorische Verschiebbarkeit kann nämlich das Lagerelement zur Erzeugung einer zusätzlichen Bremskraft herangezogen werden. Aufgrund der bereits erwähnten Verkürzung der Bremsschnurabschnitte in ihrer Projektion auf die Drehachse bei einem zum Bremsen erzeugten Winkelversatz wird nämlich das Lagerelement zwangsläufig in Richtung Bremskörper gezogen. Folglich kann zweckmäßigerweise zumindest eines der Lagerelemente auf der dem Bremskörper zugewandten Seite mit einem Reibbelag versehen werden, welcher bei einer Bremsung gegen den Bremskörper in axialer Richtung drückt und eine Normalkraft aufbringt. Hierdurch kann die von der Bremsschnurwicklung erzeugte Bremskraft weiter erhöht werden. Es ist sinnvoll, entweder beide Lagerelemente translatorisch verschiebbar zu lagern oder eines der Lagerelemente und den Bremskörper.

**[0024]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Schnurbremse betrifft eine Notlöseeinrichtung, welche eine zu blockieren drohende oder bereits blockierte Bremse öffnen kann. Hierzu wird zumindest eines der Lagerelemente gegen den Bremskörper über ein Lager abgestützt (in diesem Fall ist ein Reibbelag für das betreffende Lagerelement selbstverständlich nicht sinnvoll). Bei dem Lager kann es sich um ein Kugellager, Rollenlager etc. handeln. Vorteilhafterweise wird das Lager bei einem Lagerelement eingesetzt, das von einer Antriebseinheit angetrieben wird. Sollte die Bremse blockieren, beispielsweise weil sie aufgrund der Selbstverstärkung in den Zugbereich gerät und sich nicht mehr lösen lässt, kann mit Hilfe der Antriebseinheit das Lagerelement, das auf dem Bremskörper aufgrund der Lagerung abrollt, mit relativ geringen Verstellkräften bzw. -momenten derart verstellt werden, dass die fest über dem Bremskörper gezurrte Bremsschnur bzw. Bremsschnurwicklung gelockert und hierdurch die Bremswirkung aufgehoben wird.

**[0025]** Im Folgenden seien einige Charakteristika der beschriebenen Schnurbremse erörtert:  
Selbstverstärkung: Da sich die Bremsschnur bzw. die einzelnen Bremsschnurabschnitte bei einer Bremsung mit einem Winkel  $\alpha$  (bezogen auf die Richtung

der Drehachse) um den Bremskörper spannt bzw. spannen, bildet sich aufgrund der Rotation der Bremsschnur relativ zum Bremskörper und der hieraus resultierenden Reibkraft ein Mitnahmeeffekt aus, der die Bremsschnur zusätzlich spannt. Dieses zusätzliche Spannen bewirkt wiederum eine Erhöhung der Reibkraft und damit der Bremskraft. Die Bremse verstärkt sich somit selbst.

**[0026]** Umschlingungswinkel: Ein wichtiger Parameter der beschriebenen Schnurbremse ist der Umschlingungswinkel  $\beta$ . Dieser beschreibt die effektive Umschlingung des Bremskörpers durch die Bremsschnur und kann zum Beispiel durch die geometrische Anordnung der Verbindungselemente an den Lagerelementen beeinflusst werden. Hierzu wird auf das unten folgende Ausführungsbeispiel in Zusammenhang mit [Fig. 2](#) verwiesen. Zudem ist der Winkel  $\beta$  abhängig vom genannten Winkel  $\alpha$ . Je größer  $\alpha$  desto größer  $\beta$ . Der Zusammenhang zwischen Umschlingungswinkel  $\beta$  und Bremskraft ist ähnlich dem beispielhaften Prinzip eines Schifftaus, mit dem eine um so höhere Reibkraft (= Bremskraft) erreicht wird, je mehr Tau um einen Pfosten oder Poller gewickelt wird. Hierzu sei insbesondere auch auf das Ausführungsbeispiel im Zusammenhang mit [Fig. 4](#) verwiesen.

**[0027]** Schnurlänge und Größe des Bremskörpers: Die Länge der Bremsschnur, womit die Länge eines Bremsschnurabschnitts zwischen den beiden Lagerelementen gemeint ist, sowie die Größe des Bremskörpers, sind wichtige Parameter, die die Bremswirkung beeinflussen. Durch Verändern dieser Parameter können unterschiedliche Tendenzen in der Bremswirkung erreicht werden. Mit einer großen Reibfläche, d.h. mit einer großen effektiv nutzbaren Bremskörperoberfläche und einer entsprechend langen Bremsschnur, die den Bremskörper umspannt, lassen sich hohe Reib- bzw. Bremskräfte erzielen. Auf der anderen Seite genügen dann relativ geringe Verstellwinkel oder Winkelversätze der Lagerelemente und damit eine geringe Verspannung der Bremsschnur, um eine starke Bremsung auszulösen. Weiterhin verbessert eine große Oberfläche des Bremskörpers die Ableitung von Reibungswärme. Mit der Länge der Bremsschnur (in der für diesen Absatz gültigen Definition) kann (relativ zur effektiven Bremskörperoberfläche) das Verhalten der Bremse beeinflusst werden. Wird die Bremsschnur relativ kurz gewählt, sind relativ große Verstellwinkel  $\alpha$  notwendig und die Bremse zeigt tendenziell ein Keilbremsverhalten (vgl. Ausführungsbeispiele im Zusammenhang mit den [Fig. 3](#) und 5). Wird die Bremsschnur relativ lang gewählt, sind relativ geringe Verstellwinkel  $\alpha$  zur Bremsung notwendig und die Bremse zeigt tendenziell ein Bandbremsverhalten, das in erster Linie vom Umschlingungswinkel  $\beta$  abhängt (siehe oben und das Ausführungsbeispiel im Zusammenhang mit [Fig. 4](#)). Es ist vorteilhaft, die einfache

Länge des über den Bremskörper verlaufenden Bremsschnurabschnitts derart zu bemessen, dass das Bremsverhalten im Übergangsbereich zwischen Keilbrems- und Bandbremsverhalten liegt. Im Bereich dieses Übergangs (im Wendepunkt von Keilbremsverhalten zu Bandbremsverhalten) liegt der optimale Auslegungspunkt der erfindungsgemäßen Schnurbremse. Im Bereich dieses Übergangs hat die Schnurlänge nämlich nur einen sehr geringen Einfluss auf die Selbstverstärkung

$$C^* = \frac{M_B}{M_M} ,$$

wobei  $M_B$  das Bremsmoment und  $M_M$  das Motormoment bezeichnet.

**[0028]** Im folgenden seien weitere mögliche Ausgestaltungen skizziert:

Eines der Lagerelemente (Lagerscheibe, Lagerrad oder ähnliches) kann in das abzubremsende Bauteil integriert sein; in gleicher Weise kann das andere Lagerelement in die genannte Betätigungseinrichtung integriert sein. Diese Ausgestaltung führt jeweils zu einer Reduzierung der benötigten Bauteile. Sie ist abhängig von der Art des abzubremsenden Bauteils und der Betätigungseinrichtung.

**[0029]** Die Bremsschnur kann anstelle einer Schnurform im engen Sinne auch die Form von Ketten, Drahtseilen oder Webmustern (wie ein längsverwebter Teppich) aufweisen.

**[0030]** Es ist sinnvoll, wenn der Bremskörper an seiner der Bremsschnurwicklung zugewandten Oberfläche einen oder mehrere Reibbeläge aufweist. Mit solchen am Umfang des Bremskörpers angebrachten Bremsbelägen kann die Lebensdauer erhöht werden, da sich dann der Bremsbelag und nicht die Bremsschnur abnutzt.

**[0031]** Schließlich kann es zweckmäßig sein, wenn der Bremskörper mittels eines Freilaufs um die Drehachse gelagert ist. Bei dieser Ausgestaltung ist der Bremskörper nur in einer Rotationsrichtung drehfest gelagert, während eine rotatorische Bewegung in die umgekehrte Richtung aufgrund des Freilaufs möglich ist. Vorzugsweise kann der Freilauf in den Bremskörper integriert werden. Eine Integration an einem anderen Ort, z.B. an einem Festlager, mit dem der Bremskörper mechanisch verbunden ist, ist ebenfalls möglich. Die Lagerung des Bremskörpers mittels eines solchen Freilaufs erhält die Funktion der Bremse für diejenige Rotationsrichtung, für die eine Rotation des Bremskörpers verhindert ist (vgl. zweite Ausführungsform in der Beschreibung oben). Eine Rotation des Bremskörpers in die entgegengesetzte Richtung ist jedoch möglich, was in bestimmten Fällen sinnvoll eingesetzt werden kann. Beispielsweise muss im Anwendungsfall einer Gurtbremse die Abwicklung des

Gurtes von der Gurtrolle im Crash-Fall gebremst werden (Sicherheitsgurtbremse). Die Gurtausgabe kann somit geregelt erfolgen. Andererseits wird unmittelbar bei Detektion des Crash-Falls das Gurtband gestrafft, damit es gleichmäßig am Insassen anliegt (Gurtstraffer). Zur Gurtstraffung ist folglich eine Bewegung der Gurtrolle in eine Drehrichtung notwendig, die derjenigen des Gurtabrollens entgegengesetzt ist. Mittels der erwähnten Ausgestaltung der Lagerung des Bremskörpers über einen Freilauf lassen sich eine Abbremsung der Gurtrolle in Gurtabwickelrichtung sowie umgekehrt eine Gurtstraffung mit einem einzigen Bremssystem realisieren. Zu weiteren Erläuterungen dieser Ausgestaltung sei auf das Ausführungsbeispiel im Zusammenhang mit [Fig. 8](#) verwiesen.

**[0032]** Die beschriebene Schnurbremse eignet sich für die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche, in denen rotierende Bauteile abgebremst werden müssen. In Frage kommende Werkstoffe für eine Bremsschnur sind Kohlefasern oder Aramidfasern. Ein weiterer Vorteil ist, dass hinsichtlich der Teile-, Fertigungs- und Montagegenauigkeit keine hohen Anforderungen bezüglich Toleranzen notwendig sind. Für eine kontrollierte Bremsung ist eine Motorsteuerung ausreichend und eine Regelung des Motors nicht zwingend erforderlich. Dies vereinfacht die Ansteuerung der Bremse. Wie bereits erläutert, ist die Bremse selbstverstärkend und anhand der Parameter Geometrie des Bremskörpers und Schnurlänge optimierbar.

**[0033]** Die erläuterten Merkmale sind nicht nur in der hier dargestellten Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen sowie in Einzelstellung, soweit sinnvoll, einsetzbar. Im folgenden sollen die Erfindung und ihre Vorteile anhand von Ausführungsbeispielen, die in den beigefügten Figuren illustriert sind, näher erläutert werden.

**[0034]** Es zeigt:

**[0035]** [Fig. 1](#) schematisch den Aufbau einer Ausführungsform einer Schnurbremse,

**[0036]** [Fig. 2](#) eine die Bremsschnur betreffende Detailansicht aus [Fig. 1](#) bei inaktiver Bremse,

**[0037]** [Fig. 3](#) eine analoge Ansicht zu [Fig. 2](#) bei aktivierter Bremse,

**[0038]** [Fig. 4](#) die Prinzipskizze einer Bandbremse,

**[0039]** [Fig. 5](#) die Prinzipskizze einer Keilbremse,

**[0040]** [Fig. 6](#) eine schematische perspektivische Ansicht einer über einen Bremskörper gewickelten Bremsschnur bei einer Schnurbremse,



[0041] [Fig. 7](#) eine Querschnittsansicht einer Schnurbremse,

[0042] [Fig. 8](#) die Verwendung einer Schnurbremse als Gurtbremse mit integriertem Gurtstraffer.

[0043] [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine Ausführungsform der Erfindung, die in obiger Beschreibung als zweite Ausführungsform besprochen ist. Das abzubremsende Bauteil oder die Last ist mit **1** bezeichnet. Der Bremskörper ist mit **4** bezeichnet und die ihn seitlich umgebenden Lagerelemente, hier Lagerscheiben, mit **3** und **5**. Die den Bremskörper umgebende Bremsschnurwicklung ist schematisch angedeutet, wobei die Bremsschnur bzw. -schnüre mit **6** bezeichnet sind. Die Betätigungseinrichtung zum Verschieben der Lagerelemente **3** und **5** relativ zueinander ist mit **10** bezeichnet. Bei der Betätigungseinrichtung **10** kann es sich um einen Motor handeln. Der Bremskörper ist um die Drehachse A drehfest gelagert, indem er mechanisch über eine Verbindungswelle **8** mit einem festen Lager **9** verbunden ist. Die beiden Lagerelemente oder Lagerscheiben **3** und **5** sind jeweils drehbar um die Drehachse A gelagert. Hierbei ist die Lagerscheibe **3** über eine Welle **2** mit dem Bauteil **1** fest verbunden, so dass sich die Lagerscheibe **3** mit derselben Drehzahl bewegt wie das Bauteil **1**. Die Lagerscheibe **5** wird von der Betätigungseinrichtung oder dem Motor **10** über eine Hohlwelle **7** angetrieben. Drehrichtung und Drehzahl stimmen mit derjenigen des abzubremsenden Bauteils **1** überein. Insgesamt rotieren somit die durch die Bremsschnüre **6** gebildete Bremsschnurwicklung und die beiden Lagerscheiben **3** und **5** um den feststehenden Bremskörper **4**.  $M_L$  und  $U_L$  bezeichnen hierbei das Lastmoment bzw. die Lastdrehzahl, die über die Welle **2** vom Bauteil **1** übertragen werden,  $M_M$  und  $U_M$  das Motormoment bzw. die Motordrehzahl, die über die Hohlwelle **7** vom Motor **10** auf die Lagerscheibe **5** übertragen werden.

[0044] Es sei an dieser Stelle nochmals angemerkt, dass die mechanischen Verbindungen zwischen den Lagerscheiben **3** und **5** zur Last oder zum Bauteil **1** bzw. zur Betätigungseinrichtung oder zum Motor **10** mechanisch auf andere Weise als in [Fig. 1](#) dargestellt hergestellt werden können. Insbesondere ist die Zwischenschaltung von Getrieben und Kupplungen möglich. Zu weiteren Ausgestaltungen sei auf die vorangehende Beschreibung verwiesen.

[0045] Es sei nunmehr die Funktionsweise der in [Fig. 1](#) dargestellten Schnurbremse erläutert. Zunächst sei davon ausgegangen, die Bremse befindet sich in einen inaktiven, ungespannten oder offenen Zustand, bei dem die Bremsschnüre **6** den feststehenden Bremskörper **4** ungespannt und nahezu reibungsfrei umgeben (vergleiche [Fig. 2](#)). Hierzu ist es notwendig, dass die beiden Lagerscheiben **3** und **5** mit der gleichen Drehzahl rotieren, d.h.  $U_L = U_M$ , so

dass die Bremsschnur bzw. Bremsschnüre **6** nicht verspannt werden und somit keine Reibkraft auf den Bremskörper **4** ausüben. Dreht sich folglich das Bauteil/die Last **1** mit einer bestimmten Umdrehungsgeschwindigkeit  $U_L$ , muss der Motor oder die Antriebseinheit **10** im Gleichlauf rotieren, damit die Bremsschnüre **6** nicht verspannen können. Die Drehzahl des Bauteils **1** kann hierzu mit einem Sensor ermittelt und zur Steuerung oder Regelung des Motors **10** verwendet werden. Auf der anderen Seite des Bremskörpers **4** rotiert die Lagerscheibe **3** mit der Drehzahl  $U_L$  des Bauteils **1**. Somit wird die Bremsschnur **6**, die über Verbindungselemente **13** mit den Lagerscheiben **3** und **5** verbunden ist (es kann es sich auch um einzelne Bremsschnüre handeln), von den Lagerscheiben **3** und **5** mitgenommen und rotiert ebenfalls im Gleichlauf um den Bremskörper **4**.

[0046] Damit nun die Bremsschnur **6** auf den Bremskörper **4** eine Bremskraft ausüben kann, muss zwischen den beiden Lagerscheiben **3** und **5** ein Winkelversatz hergestellt werden, so dass die Bremsschnur **6** gespannt wird und zugleich den Bremskörper **4** fest umschlingt bzw. umspannt und an diesem gepresst oder festgezurt wird. Durch eine Verdrehung der Lagerscheiben **3** und **5** relativ zueinander verdrehen sich gleichzeitig die auf den Lagerscheiben befindlichen Verbindungselemente **13** relativ zueinander, so dass die Bremsschnur **6** im Wesentlichen diagonal (vergleiche [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#)) bezüglich der Drehachse A gespannt wird.

[0047] Der zum Bremsen benötigte Winkelversatz zwischen den beiden Lagerscheiben **3** und **5** wird beispielsweise auf einfache Weise dadurch erzeugt, dass die Drehzahl der Antriebseinheit oder des Motors **10** gesteuert (oder geregelt wird), so dass sie der Drehzahl des Bauteils oder der Last **1** nicht mehr entspricht, d.h.  $U_L \neq U_M$ . Hierzu reicht es beispielsweise aus, bei einer sich drehenden Last **1** die Motordrehzahl  $U_M$  des Motors **10** kurzzeitig zu reduzieren. Durch die kurzzeitige Drehzahländerung von  $U_M$  dreht sich die Lagerscheibe **3** etwas weiter als die Lagerscheibe **5** (solange die Drehzahl  $U_M$  verringert wird), wodurch sich ein Winkelversatz zwischen den beiden Lagerscheiben **3** und **5** einstellt. Gleichzeitig wird hierdurch die Bremsschnur **6**, wie bereits beschrieben, gespannt und erzeugt eine Bremskraft auf den Bremskörper **4**.

[0048] Prinzipiell könnte zur Bremsung die Motordrehzahl  $U_M$  gegenüber der Lastdrehzahl  $U_L$  ( $U_L \neq 0$ ) auch erhöht werden. Diese Möglichkeit wird im folgenden jedoch nicht näher erörtert.

[0049] Um die Bremskraft der Bremsschnur wieder aufzuheben oder abzuschwächen, muss der Winkelversatz zwischen den beiden Lagerscheiben **3** und **5** aufgehoben bzw. verringert werden. Auch hierzu dient die Steuerung des Motors **10** in analoger Art

und Weise, indem die Motordrehzahl entsprechend kurzzeitig wieder erhöht wird.

**[0050]** Zur Reduzierung der Motordrehzahl  $U_M$  reicht prinzipiell eine einfache Steuerung des Motors **10** aus, die beispielsweise die Stromstärke des Motors **10** reduziert. In der Praxis könnte jedoch auch eine Regelung die Steuerung ersetzen oder aber der Motor **10** mit einer Zusatzbremse ausgerüstet werden.

**[0051]** Neben dieser Grundfunktion der Schnurbremse seien weitere sinnvolle Ausgestaltungen anhand von [Fig. 1](#) erläutert: Hierzu wird zunächst auf die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) verwiesen. [Fig. 2](#) zeigt die Lage der Bremsschnur **6** in einem inaktiven Bremszustand, also bei ungespannter Bremsschnur. Bei der gezeigten Ausführungsform ist eine Bremsschnur **6** über die Bremsschnur **6** umleitende und haltende Verbindungselemente **13** zwischen den Lagerscheiben **3** und **5** gespannt. Selbstverständlich sind auch Ausgestaltungen denkbar, bei denen jeweils einzelne Bremsschnüre von einer Lagerscheibe **3** zur anderen Lagerscheibe **5** gespannt sind. Die Verbindungselemente **13** sind in der Ausführungsform gemäß [Fig. 2](#) paarweise angeordnet, wobei zwei Verbindungselemente **13** eines Paares von Verbindungselementen auf der Lagerscheibe **3** den Abstand  $r_2$  aufweisen, während die Verbindungselemente **13** eines Paares von Verbindungselementen auf der Lagerscheibe **5** den Abstand  $r_1$  zueinander einnehmen. Ein äquidistante Anordnung der Bremsschnurabschnitte, die sich zwischen den Lagerscheiben **3** und **5** erstrecken, ergibt sich, wenn  $r_1 = r_2$ . In der Abbildung gemäß [Fig. 2](#) sind die besagten Bremsschnurabschnitte im wesentlichen parallel zur Drehachse A, während die Rotationsrichtung der Bremsschnurwicklung (vergleiche [Fig. 1](#)) hierzu senkrecht steht. Der Bremskörper ist in [Fig. 2](#) wiederum mit **4** bezeichnet.

**[0052]** [Fig. 3](#) zeigt die Situation bei aktivierter Bremse, wobei die Ausgangssituation der [Fig. 2](#) gestrichelt gezeichnet ist, um einen leichteren Vergleich zu ermöglichen. Wie [Fig. 3](#) zeigt, stellt sich zwischen der Drehachse A und dem Verlauf der Bremsschnur **6** (genauer gesagt der Bremsschnurabschnitte) ein Winkel  $\alpha$  ein, der sich aus dem Winkelversatz der Lagerscheiben **3** und **5** bei gleichzeitiger Spannung des Bremsseiles **6** ergibt. Aufgrund der sich ergebenden diagonalen Umspannung der Bremsschnur **6** um den Bremskörper **4** verkürzt sich mit wachsendem Winkel  $\alpha$  die auf die Drehachse A projizierte Länge der Bremsschnur **6** (genauer gesagt des Bremsschnurabschnitts) um den Betrag  $b_0 - \tilde{b}$ . Hierbei bezeichnet  $b_0$  die Länge des Bremsschnurabschnitts bei inaktiver Bremse (vergleiche [Fig. 2](#)) und  $\tilde{b}$  die auf die Drehachse A projizierte Bremsschnurabschnittslänge bei aktivierter Bremse. Somit ist ersichtlich, wie durch das Verspannen bzw. durch die Spannkraft der Bremsschnur **6** diese eine Normalkraft und damit

eine Bremskraft (Reibkraft) auf den Bremskörper **4** ausübt. Durch das Anliegen der Bremsschnur **6** auf den Bremskörper **4** wird eine Reibkraft erzeugt. Hierbei ist es günstig, die Oberfläche des Bremskörpers **4** mit einem Reibbelag auszustatten, um einem Abrieb der Bremsschnur **6** entgegenzuwirken.

**[0053]** Zurückkommend auf mögliche Ausgestaltungen der Schnurbremse gemäß [Fig. 1](#) kann die in Zusammenhang mit den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) beschriebene Verkürzung der projizierten Schnurlänge bei Aktivierung der Bremse für eine zusätzliche Bremskraftezeugung ausgenutzt werden. Ist nämlich mindestens eine der beiden Lagerscheiben **3** und **5** auf der ihr zugehörigen mechanischen Verbindung **2** bzw. **7** translatorisch verschiebbar gelagert, so kann die betreffende Lagerscheibe eine zusätzliche Bremskraft erzeugen. Im vorliegenden Fall sei diese anhand der Lagerscheibe **3** illustriert, die hierzu mit einem Reibbelag **11** auf ihrer dem Bremskörper **4** zugewandten Seite versehen ist. Aufgrund der Verkürzung der Bremsschnurabschnitte von  $b_0$  auf  $\tilde{b}$  und der translatorischen Verschiebbarkeit der Lagerscheibe **3** wird diese Lagerscheibe **3** an den Bremskörper **4** herangezogen. Hierdurch wird der Reib- oder Bremsbelag **11** axial gegen den Bremskörper **4** gedrückt, wodurch eine Normalkraft erzeugt wird, die die Bremswirkung verstärkt. Selbstverständlich kann auch die andere Lagerscheibe **5** zu diesem Zweck mit einem Reibbelag versehen werden.

**[0054]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die in [Fig. 1](#) dargestellte Bremse mit einer Notlöseeinrichtung versehen, welche eine zu blockieren drohende oder bereits blockierte Bremse öffnen kann. Hierzu wird eine der Lagerscheiben **3** oder **5**, vorteilhafter Weise Lagerscheibe **5** anstatt eines Bremsbelags mit einem weiteren Lager **12** (vergleiche [Fig. 1](#)), wie einem Kugellager oder Rollenlager, ausgerüstet. Sollte die Bremse blockieren, beispielsweise weil sie aufgrund der Selbstverstärkung in den Zugbereich gerät und sich nicht mehr lösen lässt, kann mit Hilfe des Motors **10** die Lagerscheibe **5**, die wegen ihrer Lagerung **12** auf dem Bremskörper **4** abrollt, mit relativ geringem Verstellkräften bzw. Verstellmomenten derart verstellt werden, dass die bereits fest über dem Bremskörper **4** gezurrte Bremsschnur **6** gelockert wird und die Bremswirkung aufgehoben wird. Auf diese Weise lässt sich eine Notlöseeinrichtung bei der Schnurbremse relativ einfach realisieren.

**[0055]** [Fig. 4](#) illustriert die Funktionsweise einer Bandbremse oder Seilbremse, wie sie an sich bekannt ist. Ein wichtiger Parameter der Schnurbremse ist der Umschlingungswinkel  $\beta$ . Dieser beschreibt die effektive Umschlingung des Bremskörpers **4** durch die Bremsschnur **6** und kann z.B. durch die geometrische Anordnung der Verbindungselemente **13** (siehe [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#)) beeinflusst werden. Werden



beispielsweise die Abstände  $r_1$  und/oder  $r_2$  aus [Fig. 2](#) relativ groß gewählt, ergibt sich ein relativ kleiner Umschlingungswinkel  $\beta$ . Hierzu können die Abstände  $r_1$  und  $r_2$  in Bezug zum Abstand der Lagerscheiben **3** und **5** gesetzt werden. Zudem ist der Winkel  $\beta$  abhängig vom Winkel  $\alpha$  (vergleiche [Fig. 3](#)). Je größer  $\alpha$  desto größer  $\beta$ . Somit ergeben kleine Abstände  $r_1$  und  $r_2$  und große Winkel  $\alpha$  insgesamt einen großen effektiven Umschlingungswinkel  $\beta$ . Der Zusammenhang zwischen Umschlingungswinkel  $\beta$  und der Bremskraft ist ähnlich dem beispielhaften Prinzip eines Schiffstaus, mit dem eine um so höhere Reibkraft oder Bremskraft erreicht wird, je mehr Tau um den Poller gewickelt wird.

**[0056]** In der dargestellten Skizze der [Fig. 4](#) setzt sich die Reibkraft aus dem Produkt aus Reibkoeffizient  $\mu$  und Normalkraft  $F_N$  zusammen. Die am Seil **20** wirkenden Kräfte sind auf der Gleichgewichtsseite  $S_1$  und auf der Lastseite  $S_2$ . Es kann gezeigt werden, dass für die auftretenden Kräfte die folgenden Beziehungen gelten:

$$F_N = \frac{S_1}{\mu} \cdot (e^{\mu\beta} - 1); \frac{S_1}{S_2} = e^{\mu\beta}$$

**[0057]** Die Reibkraft wächst somit exponentiell mit dem Produkt aus Reibungskoeffizient  $\mu$  zwischen Seil **20** und Poller **21** und Umschlingungswinkel  $\beta$ . Wie gezeigt wird, weist die Schnurbremse in bestimmten Betriebsbereichen Charakteristika der dargestellten Seil- oder Bandbremse auf.

**[0058]** [Fig. 5](#) zeigt die Prinzipskizze einer bekannten Keilbremse. [Fig. 5A](#) zeigt die geöffnete Keilbremse, [Fig. 5B](#) die angezogene Keilbremse. In bestimmten Betriebsbereichen der Schnurbremse können Charakteristika der in [Fig. 5](#) dargestellten Keilbremse realisiert werden. Zur Funktionsweise der hier dargestellten Keilbremse sei auf die in der Beschreibungseinleitung diskutierte DE 198 19 564 C2 verwiesen. In [Fig. 5](#) ist der von einem Aktuator bewegte Keil mit **22** bezeichnet. Er trägt einen mit **23** bezeichneten Reibbelag, der im angezogenen Zustand ([Fig. 5B](#)) auf die mit **24** bezeichnete Bremsscheibe drückt. Der Keil **22** stützt sich gegen ein Widerlager **26** ab. Insgesamt ist in [Fig. 5](#) eine Schwimmsattelkonstruktion dargestellt, die in Richtung der Drehachse schwimmend gelagert ist, so dass ein Druck des Keils **22** bzw. des Reibbelags **23** zu einem Druck des Reibbelags **25** auf der gegenüber liegenden Seite des Widerlagers **26** auf die Bremsscheibe **24** führt. Mit  $F_R = \mu F_N$  (Zusammenhang zwischen Reibkraft und Normalkraft) ergibt sich der in der Beschreibungseinleitung dargestellte Zusammenhang zwischen der von dem Aktuator (nicht dargestellt) auf den Keil **22** ausgeübten Eingangskraft  $F_{\text{EIN}}$  und der in [Fig. 5](#) dargestellten Normalkraft  $F_N$ , der vom Keilwinkel  $\alpha$ , der in [Fig. 5A](#) dargestellt ist und dem Reibkoeffizienten  $\mu$  zwischen Reibbelag **23** auf dem Keil **22**

und Bremsscheibe **24** abhängt.

**[0059]** Unter Bezugnahme auf die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) kann nunmehr die Länge der Bremsschnur **6** (relativ zu den Bremskörperabmessungen) verändert und somit das Verhalten der Bremse beeinflusst werden: Wird die Bremsschnur relativ kurz gewählt, führt ein Winkelversatz zwischen den Lagerscheiben **3** und **5** zu einem großen Winkel  $\alpha$  (siehe [Fig. 3](#)), und die Bremse zeigt tendenziell ein Keilbremsverhalten. Wird die Bremsschnur jedoch relativ lang gewählt, zeigt die Bremse tendenziell ein Bandbremsverhalten, abhängig vom Umschlingungswinkel  $\alpha$  (vergleiche [Fig. 4](#) im Zusammenhang mit den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#)). Im Bereich des Übergangs von Keilbremsverhalten zu Bandbremsverhalten liegt der optimale Auslegungspunkt der Bremse. In diesem Bereich hat die Schnurlänge nämlich nur einen sehr geringen Einfluss auf

$$C^* = \frac{M_B}{M_M}.$$

**[0060]** Die [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) zeigen eine Ausführungsform der Schnurbremse in einer perspektivischen Vollbildansicht bzw. in einer Querschnittsansicht. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche Elemente. In den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) ist eine Ausführungsform dargestellt, die in obiger Beschreibung als erste Ausführungsform besprochen ist, d.h. bei der der Bremskörper **4** rotiert. Das erste Lagerelement ist in eine Wand (Gehäusewand o.ä.) **16** integriert, das zweite Lagerelement in die Betätigungseinrichtung **10** bzw. die zugehörige Motorwelle **18**. **15** bezeichnet die Bremsschnurwicklung (Bremsschnurschlauch), die vorgefertigt werden kann, indem eine Bremsschnur **6** oder Einzelfasern von Bremsschnüren **6** um jeweils einen Ring **19** geschlungen wird bzw. werden. Anschließend wird die Bremsschnurwicklung **15** um den Bremskörper **4** gelegt, indem die Ringe **19** auf Haken **13** als Verbindungselemente der integrierten Lagerelemente gehängt werden. Der Ring **19** besteht vorteilhafter Weise aus Federstahl.

**[0061]** Aus der Querschnittsansicht der [Fig. 7](#) lässt sich erkennen, dass der Bremskörper **4** mit dem Bauteil **1** über die Welle **17** verbunden ist und somit einer Rotation des Bauteils **1** folgt. Die Bremsschnurwicklung **15** verbleibt bei inaktiver Bremse bewegungslos. Die in [Fig. 7](#) dargestellte linke Seite der Bremsschnurwicklung **15** (oder der linke Ring **19**) ist drehfest mit der Wand **16** verbunden, während die rechte Seite bzw. der rechte Ring **19** über die Haken **13** mit der Motorwelle **18** verbunden ist und somit von der Antriebseinheit **10** in eine Drehbewegung versetzt werden kann. Hierdurch kann bei aktiver Bremse der zur Bremswirkung erforderliche Winkelversatz zwischen den Lagerelementen bzw. den gegenüberliegenden Ring-Haken-Anordnungen **19**, **13** hergestellt werden.

**[0062]** Anhand von [Fig. 8](#) soll ein konkreter, nicht einschränkender Verwendungsfall der Schnurbremse als Gurtbremse mit integriertem Gurtstraffer erläutert werden.

**[0063]** [Fig. 8](#) zeigt als abzubremsendes Bauteil bzw. Last eine Gurtrolle **1**, die über eine Welle **2** mit einer Lagerscheibe **3** als Lagerelement verbunden ist. Im übrigen stimmt die Darstellung mit der derjenigen aus [Fig. 1](#) überein, weshalb ausdrücklich auf das in Zusammenhang mit [Fig. 1](#) besprochene Ausführungsbeispiel verwiesen wird. Im Unterschied zu dem Aufbau aus [Fig. 1](#) ist der Bremskörper **4** mittels eines schematisch dargestellten Freilaufs **14** an der Verbindungswelle **8** gelagert, so dass eine Rotation des Bremskörpers **4** in eine Richtung, hier in Rotationsrichtung der Gurtrolle **1** bei Gurtbandauszug, verhindert wird, während eine rotatorische Bewegung in die umgekehrte Richtung ermöglicht wird. Vorzugsweise kann der Freilauf **14** in den Bremskörper **4** integriert werden. Eine Integration an einem anderen Ort, zum Beispiel am Festlager **9**, soll aber damit nicht ausgeschlossen werden.

**[0064]** Sicherheitsgurtsysteme weisen üblicherweise eine drehbare Gurtrolle, wie sie in [Fig. 8](#) mit **1** bezeichnet ist, auf, auf die ein Gurtband gewickelt ist, sowie einen Mechanismus, der im Crashfall für eine Blockierung der Gurtrolle und somit für eine Abbremsung einer Abwickelbewegung des Gurtbandes von der Gurtrolle sorgt. Darüber hinaus sind solche Systeme häufig mit einem an der Gurtrolle oder einem Gurtschloss angebrachten Gurtstraffer ausgestattet, der das Gurtband unmittelbar vor einem Crash am Körper eines Fahrzeuginsassen stramm zieht. Eine mögliche Ausgestaltung einer Gurtstraffereinheit ist in der DE 10 2004 057 095 B3 beschrieben. Um durch das Sicherheitsgurtsystem verursachten Verletzungen vorzubeugen, ist üblicherweise ferner ein Gurtkraftbegrenzer vorgesehen, der die von dem Gurtband auf die Fahrzeuginsassen aufgebrachte Kräfteinwirkung, beispielsweise durch eine Verformung eines Torsionsstabes ab einer bestimmten Gurtkraft, begrenzt. Solche Torsionsstäbe werden üblicherweise speziell für einen Fahrzeugtyp konstruiert und gefertigt. Für eine Verformung des Torsionsstabes lassen sich häufig nur maximal zwei unterschiedliche Kraftniveaus einstellen. Hierzu wird üblicherweise auf Durchschnittswerte für Größe und Gewicht eines Fahrzeuginsassen, die Sitzposition, die Fahr- und Crashsituation etc. zurückgegriffen.

**[0065]** Bei derartigen Sicherheitsgurtsystemen besteht infolgedessen die Gefahr, dass beispielsweise bei sehr leichtgewichtigen Fahrzeuginsassen im Crashfall das Gurtkraftniveau für eine ausreichende Verformung des Torsionsstabes nicht erreicht wird. Dies führt zu einer überhöhten Kräfteinwirkung des Gurtes mit der Folge einer gesteigerten Verletzungsgefahr des Kopf- und Brustbereichs. Umgekehrt kann

beispielsweise bei schwergewichtigen Fahrzeuginsassen die Abbremswirkung des Gurtsystems ungenügend sein, so dass das Risiko besteht, dass diese Personen bei einem Crash auf das Lenkrad aufprallen. Darüber hinaus sind solche Systeme nicht in der Lage, auf eine Veränderung anderer Parameter, wie zum Beispiel eine Fehlposition eines Fahrzeuginsassen oder spezifische Fahr- oder Crashsituationen zu reagieren.

**[0066]** In der vorangemeldeten deutschen Patentanmeldung DE 10 2005 041 101.0 der Anmelderin ist ein adaptives Sicherheitsgurtsystem vorgeschlagen, das eine individuelle Steuerung der im Crashfall von dem Gurtband auf einen Fahrzeuginsassen aufgebrachten Kräfteinwirkung ermöglicht. Dieses Sicherheitsgurtsystem umfasst eine durch einen Aktuator (Elektromotor) betätigbare Bremsanordnung zur Abbremsung einer Bewegung des Gurtbands. Diese Bremsanordnung ist mit einer Anordnung zur Selbstverstärkung der vom Aktuator erzeugten Betätigungskraft ausgestattet. Hierzu kann eine im Zusammenhang mit [Fig. 5](#) dargestellte Keilbremse verwendet werden. In vorliegendem Ausführungsbeispiel wird jedoch der Einsatz einer Schnurbremse erläutert. Weiterhin ist der Aktuator mit einer elektronischen Steuereinheit verbunden, die dazu eingerichtet ist, den Aktuator in Abhängigkeit mindestens eines insassenspezifischen und/oder situationsspezifischen Parameters zu steuern. Solche Parameter stellen beispielsweise das Gewicht eines Insassen, die Sitzposition eines Insassen, die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs, einen Crashpuls bei einem Crash oder die Umgebungssituation charakterisierende Parameter (zum Beispiel Temperatur, Straßenbeschaffenheit, Beschaffenheit eines Hindernisses) dar. In Abhängigkeit von einem oder mehreren dieser Parameter ermittelt die elektronische Steuereinheit beispielsweise eine zeitabhängige Sollkennlinie, gemäß derer der Vorgang der Abbremsung der Abwickelbewegung des Gurtbandes von der Gurtrolle gesteuert wird. Bezüglich Einzelheiten eines solchen von der Anmelderin vorgeschlagenen adaptiven Sicherheitsgurtsystems sei ausdrücklich auf die genannte Anmeldung verwiesen. Im folgenden soll der Einsatz einer Schnurbremse beispielhaft als eine Sicherheitsgurtbremse für ein solches Sicherheitsgurtsystem beschrieben werden.

**[0067]** Auf die in [Fig. 8](#) dargestellte Gurtrolle **1** ist hierzu ein Sicherheitsgurt aufgewickelt, der im Crashfall ausgegeben wird, so dass dem Fahrzeuginsassen eine Vorverlagerung mit Abbremsung ermöglicht wird. Die Gurtrolle **1** ist über die Welle **2** mit der Lagerscheibe **3** mechanisch verbunden. Folglich kann eine rotierende Abwickelbewegung der Gurtrolle bei Gurtbandauszug gemäß der vorangehenden Beschreibung (insbesondere im Zusammenhang mit [Fig. 1](#)) abgebremst werden, so dass das Gurtband geregelt (oder gesteuert) ausgegeben werden kann.

Hierzu steuert das Steuergerät eines wie oben beschriebenen adaptiven Sicherheitsgurtsystems zum Abbremsen des Gurtbandauszugs die Betätigungseinrichtung **10** an. Je nach hergestelltem Winkelversatz zwischen den Lagerscheiben **3** und **5** kommt es bei gegebener Geometrie des Bremskörpers **4** und der Bremsschnurwicklung zu einer Bremskraft, durch die die Gurtrolle **1** abgebremst wird. Zu näheren Einzelheiten sei explizit auf die vorangehende Beschreibung verwiesen.

**[0068]** Ein weiterer Vorteil des Einsatzes einer Schnurbremse als Gurtbremse in der Ausgestaltung gemäß [Fig. 8](#) liegt darin, dass diese die Funktion eines Gurtstraffers mitübernehmen kann, so dass es möglich wird, das Gurtband unmittelbar beim Crash zunächst aufzurollen, um selbiges zu straffen und an den Körper des Insassen anzulegen. Hierzu wird der bereits erläuterte Freilauf **14** vorgesehen, der in den Bremskörper **4** oder alternativ in das Festlager **9** integriert werden kann. Der Freilauf **14** stellt sicher, dass eine Rotation des Bremskörpers **4** in Rotationsrichtung der Gurtrolle bei Gurtbandauszug verhindert wird. Bei dieser Bewegung der Gurtrolle bleibt somit der Bremskörper **4** Orts- und drehfest, während sich die Lagerscheiben **3** und **5** zusammen mit der Bremsschnurwicklung um den feststehenden Bremskörper **4** bewegen. Der Freilauf **14** ermöglicht jedoch eine rotatorische Bewegung in die umgekehrte Richtung, die für die Straffung des Gurtes eingesetzt werden kann.

**[0069]** Zur Straffung des Gurtbandes dreht der Motor oder die Betätigungseinrichtung **10** entgegen der Rotationsrichtung der Gurtbandabwicklung, wobei für die Drehzahlen nun gelten muß:  $U_M > U_L$ . Aufgrund der Drehzahldifferenz ( $U_M \neq U_L$ ) wird wiederum eine Bremsung ausgelöst. Das Bremsmoment oder die Bremskraft stützt sich über die Bremsschnur **6** am Bremskörper **4** ab, wobei aufgrund des Freilaufs **14** der Bremskörper **4** nun mit dem Motor **10** bzw. mit der Hohlwelle **7** mitdreht. Aufgrund der Bremswirkung zwischen der Bremsschnur **6** und dem Bremskörper **4**, d.h. aufgrund der mit Reibung an dem Bremskörper **4** anliegenden Bremsschnurwicklung, wird die Welle **2** der Gurtrolle **1** von einer Motordrehung des Motors **10** mitgenommen. Die Welle **2** rotiert somit ebenfalls entgegen der Gurtabwickelbewegung und rollt somit den Gurt auf. Hierdurch kann über eine Steuerung oder Regelung der Rotationsrichtung und Drehzahl des Motors **10** ein an einem angegurten Insassen locker anliegender Gurt gestrafft werden.

**[0070]** Nach der Phase der Gurtstraffung, die unmittelbar und nur für sehr kurze Zeit auf einen detektierten Crash folgt, schließt sich die Phase der bereits geschilderten Abbremsung der Abwickelbewegung des Gurtbands an, um den Insassen vor zu hohen Kraftwirkungen des Gurtbandes zu schützen und um sicherzustellen, das der Insasse vor Erreichen des

Lenkrads oder anderer Gegenstände im Fahrzeuginnenraum relativ zur Fahrzeugkabine zum Stillstand kommt.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Bauteil, Gurtrolle
<b>2</b>	Welle
<b>3</b>	Lagerelement
<b>4</b>	Bremskörper
<b>5</b>	Lagerelement, Lagerscheibe
<b>6</b>	Bremsschnur
<b>7</b>	Hohlwelle
<b>8</b>	Verbindungswelle
<b>9</b>	Lager
<b>10</b>	Betätigungseinrichtung, Antriebseinheit, Motor
<b>11</b>	Reibbelag
<b>12</b>	Lager
<b>13</b>	Verbindungselement, Haken
<b>14</b>	Freilauf
<b>15</b>	Bremsschnurwicklung
<b>16</b>	Wand
<b>17</b>	Welle
<b>18</b>	Motorwelle
<b>19</b>	Ring
<b>20</b>	Seil
<b>21</b>	Poller
<b>22</b>	Keil
<b>23</b>	Reibbelag auf Keil
<b>24</b>	Bremsscheibe
<b>25</b>	Reibbelag auf Widerlager
<b>26</b>	Widerlager
<b>A</b>	Drehachse

#### Patentansprüche

1. Bremse zur Abbremsung eines um eine Drehachse (A) rotierenden Bauteils (**1**) mit einem auf der Drehachse (A) gelagerten Bremskörper (**4**), zwei auf der Drehachse (A) gelagerten, jeweils auf einer Seite des Bremskörpers (**4**) angeordneten Lagerelementen (**3**, **5**), einer oder mehreren Bremsschnüren (**6**), die die beiden Lagerelemente (**3**, **5**) verbinden, so dass der Bremskörper (**4**) von der oder den Bremsschnüren (**6**) umgeben ist, und mit einer Betätigungseinrichtung (**10**), die mit zumindest einem der Lagerelemente (**3**, **5**) derart in Wirkverbindung steht, dass die Lagerelemente (**3**, **5**) relativ zueinander derart verschiebbar sind, dass die Bremsschnur bzw. Bremsschnüre (**6**) mit dem Bremskörper (**4**) in Reibkontakt treten.

2. Bremse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Bremskörper (**4**) drehfest um die Drehachse (A) gelagert ist.

3. Bremse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Bremskörper (**4**) drehbar um die Drehachse (A) gelagert ist.

4. Bremse nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Bremskörper (4) mit dem rotierenden Bauteil (1) verbunden ist.

5. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass beide Lager Elemente (3, 5) drehbar um die Drehachse (A) gelagert sind.

6. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der beiden Lager Elemente (3, 5) von mindestens einer Antriebseinheit antreibbar um die Drehachse (A) gelagert ist.

7. Bremse nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebseinheit von der Betätigungseinrichtung (10) gebildet ist.

8. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eines der Lager Elemente (3, 5) drehbar und das andere drehfest um die Drehachse (A) gelagert ist.

9. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Bremskörper (4) rotationssymmetrische Gestalt aufweist.

10. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass Verbindungselemente (13) zum Verbinden der beiden Lager Elemente (3, 5) mit der oder den Bremschnüren (6) vorgesehen sind.

11. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Brems schnur bzw. -schnüre (6) äquidistant den Bremskörper (4) umgeben.

12. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der Lager Elemente (3, 5) in Richtung der Drehachse (A) verschiebbar gelagert ist.

13. Bremse nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der Lager Elemente (3, 5) auf der dem Bremskörper (4) zugewandten Seite einen Reibbelag (11) aufweist.

14. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der Lager Elemente (3, 5) gegen den Bremskörper (4) über ein Lager (12) abgestützt ist.

15. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die einfache Länge eines über den Bremskörper (4) verlaufenden Brems schnurabschnitts derart bemessen ist, dass das Bremsverhalten im Übergangsbereich zwischen Keilbrems- und Bandbremsverhalten liegt.

16. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein erstes Lager Element (3) in das abzubremsende Bauteil (1) integriert ist.

17. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweites Lager Element (5) in die Betätigungseinrichtung (10) integriert ist.

18. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Brems schnur bzw. die -schnüre (6) die Form von Ketten, Drahtseilen oder Webmustern aufweist bzw. aufweisen.

19. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Bremskörper (4) an seiner der oder den Brems schnüren (6) zugewandten Oberfläche ein oder mehrere Reibbeläge aufweist.

20. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Bremskörper (4) mittels eines Freilaufs (14) um die Drehachse (A) gelagert ist.

21. Fahrzeug mit einer Bremse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 20.

22. Verwendung einer Bremse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 20 als Sicherheitsgurtbremse.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

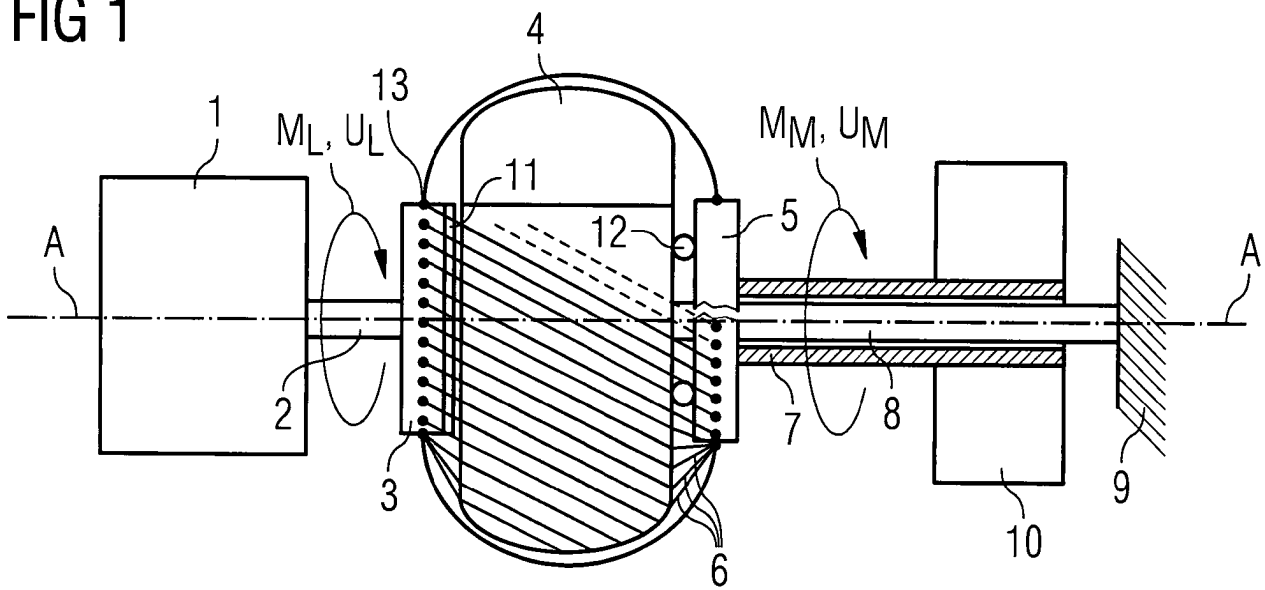


FIG 2

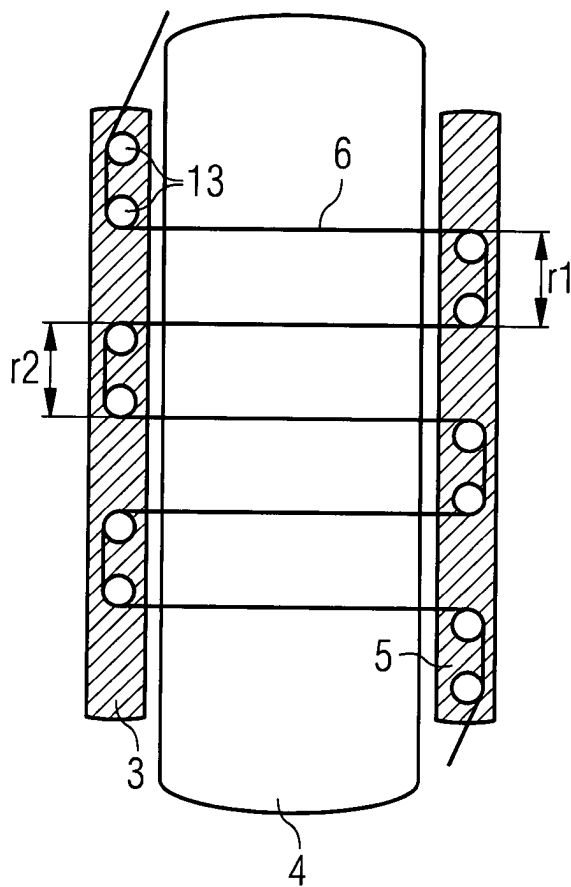


FIG 3

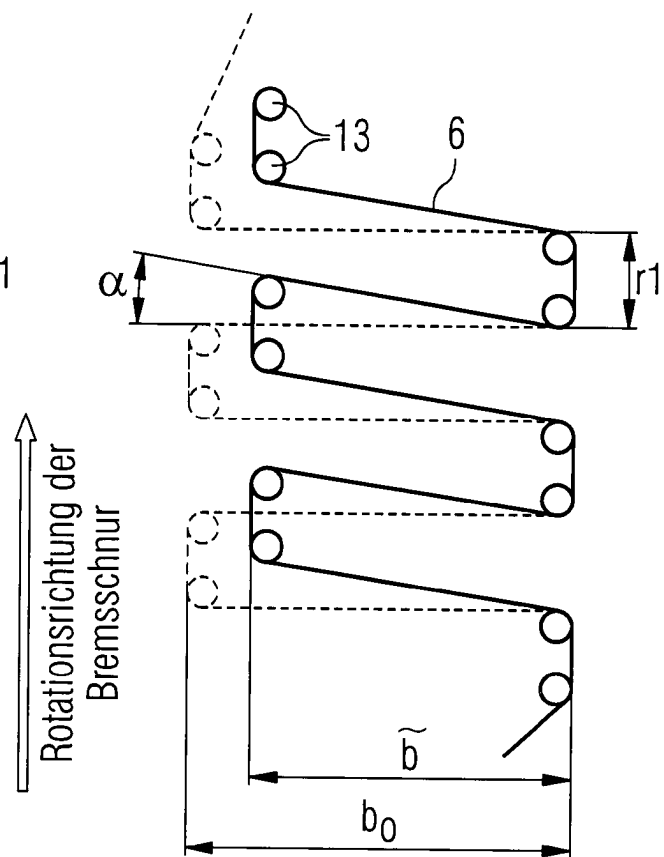


FIG 4

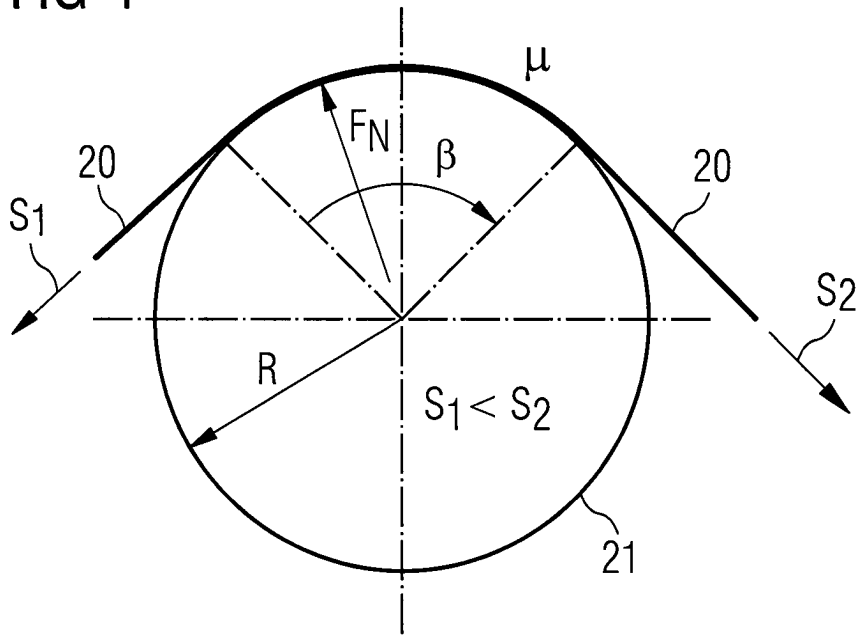


FIG 5A

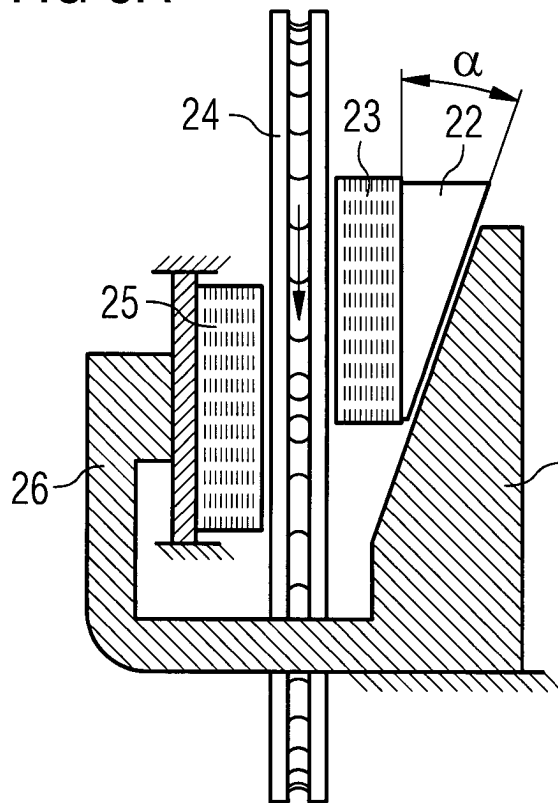


FIG 5B

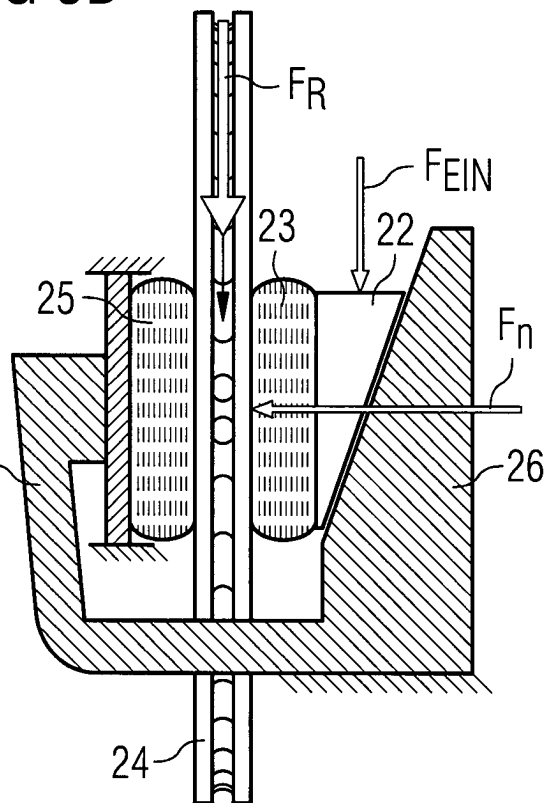




FIG 6

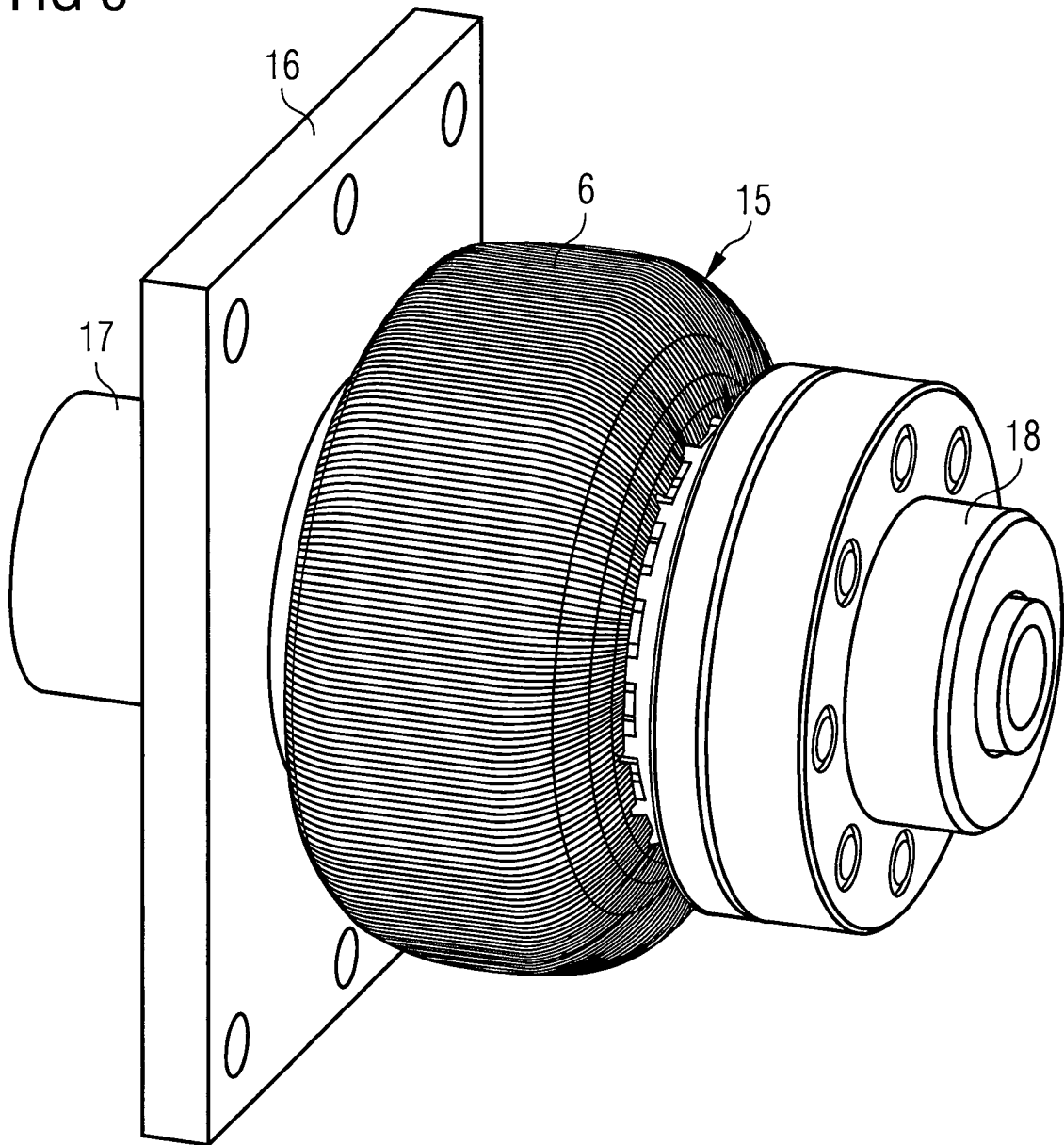


FIG 7

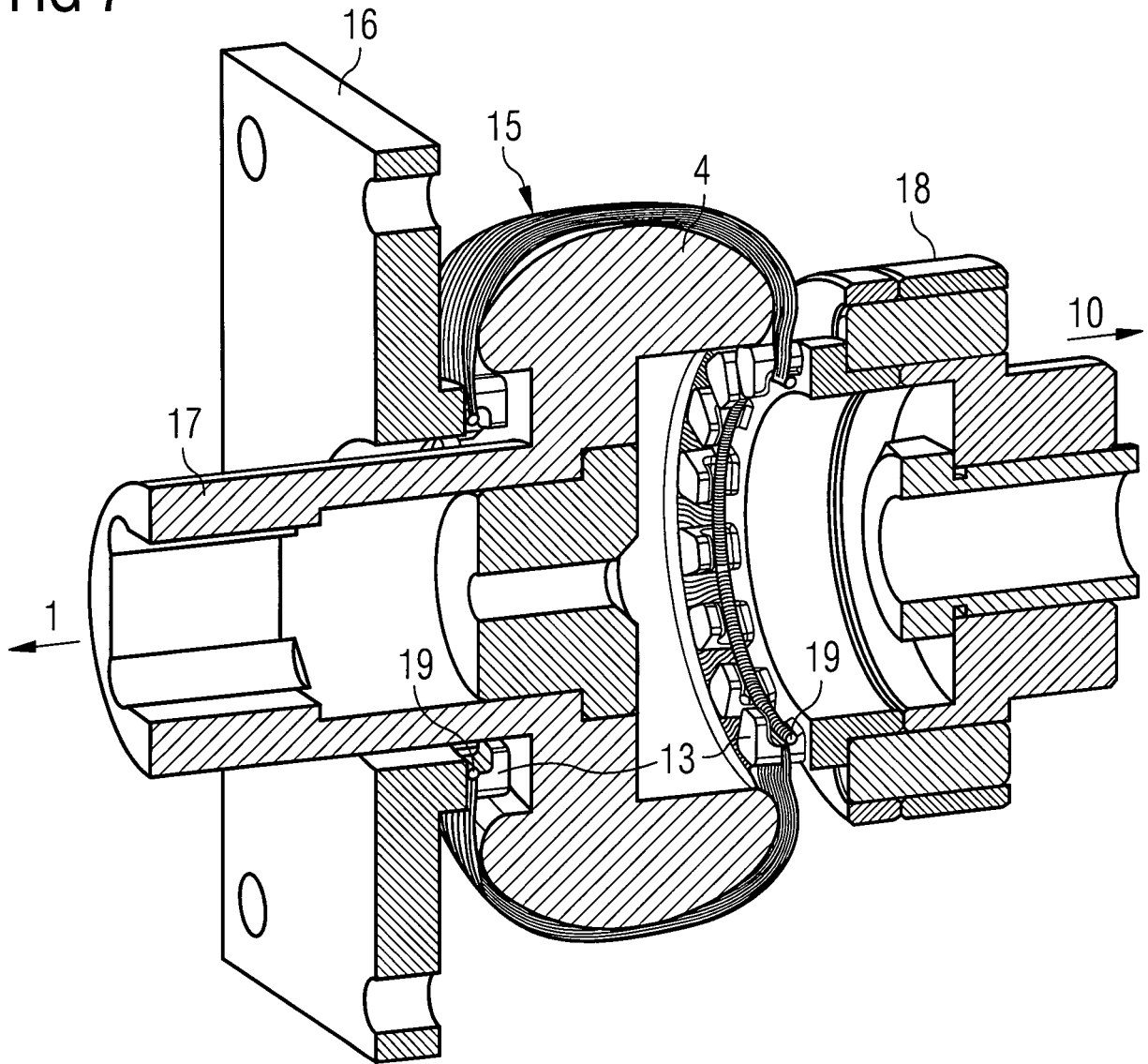


FIG 8

