



(10) **DE 10 2013 100 786 A1** 2014.07.31

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 100 786.4**

(22) Anmeldetag: **25.01.2013**

(43) Offenlegungstag: **31.07.2014**

(51) Int Cl.: **F16D 66/02 (2006.01)**

**F16D 65/52 (2006.01)**

**B60T 17/22 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**KNORR-BREMSE Systeme für Nutzfahrzeuge  
GmbH, 80809, München, DE**

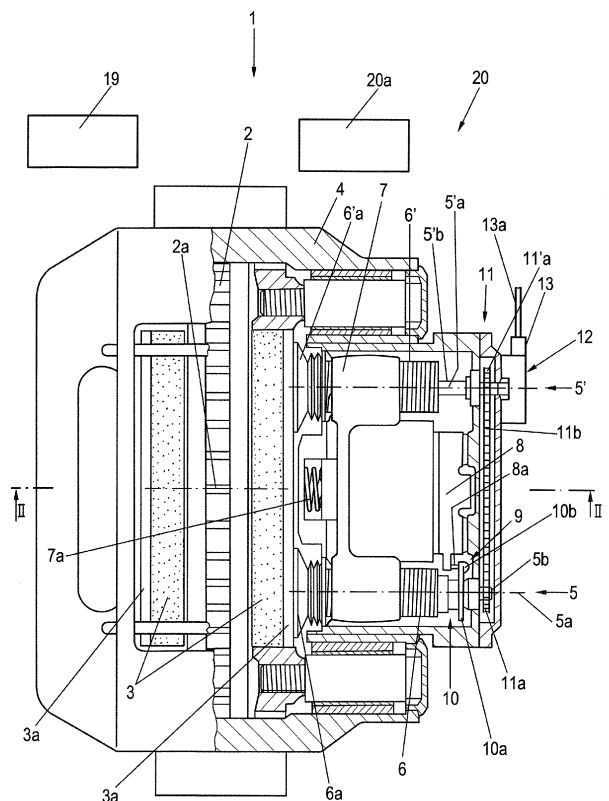
(72) Erfinder:  
**Siebke, Alf, 86938, Schondorf, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Scheibenbremse mit einer Lüftspielüberwachungsvorrichtung und Verfahren zur Lüftspielüberwachung**

(57) Zusammenfassung: Eine Scheibenbremse (1), insbesondere für ein Kraftfahrzeug, umfasst eine Zuspannvorrichtung, insbesondere mit einem Bremshebel (8), eine Nachstelleinrichtung (10), die mit der Zuspannvorrichtung, insbesondere mit dem Bremshebel (8), zur Nachstellung eines Verschleißes von Bremsbelägen (3) und Brems Scheibe (2) gekoppelt ist, einen Verschleißsensor (12) zur Erfassung eines Verschleißwertes von Bremsbelägen (3) und Brems Scheibe (2), und ein Bremssteuergerät (19). Die Scheibenbremse (1) weist eine Lüftspielüberwachungsvorrichtung (20) mit einer Steuereinrichtung (20a) auf, welche mit dem Verschleißsensor (12) und dem Bremssteuergerät (19) in Verbindung steht; und ein entsprechendes Verfahren zum Überwachen eines Lüftspiels einer Scheibenbremse (1).



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Scheibenbremse, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einer Lüftspielüberwachungsvorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren zur Lüftspielüberwachung einer Scheibenbremse.

**[0002]** Derartige Scheibenbremsen sind in unterschiedlichen Ausführungen bekannt. Für ihre sichere und zuverlässige Funktion ist es notwendig, dass zwischen ihren Reibpartner (Bremsbeläge und Bremsscheibe) und unter allen Betriebsbedingungen ein festgelegter Abstand, der als Lüftspiel bezeichnet wird, eingehalten wird.

**[0003]** Es sind Verschleißnachstellvorrichtungen in unterschiedlichen Ausführungen bekannt, wie z.B. mechanische Nachsteller, die bei den in schweren Nutzfahrzeugen heute üblichen, pneumatisch wirkenden Scheibenbremsen für ein in bestimmten Grenzen konstantes Lüftspiel sorgen. Dabei wird bei jeder Bremsbetätigung die Nachstellvorrichtung, z.B. durch ein Zustellelement einer Zuspannvorrichtung der Scheibenbremse, aktiviert. Bei Verschleiß von Bremsbelägen und Bremsscheibe erfolgt ein automatisches Nachstellen der Beläge mittels der Nachstellvorrichtung z.B. durch eine Verstellbewegung von längenveränderlichen Druckstempeln.

**[0004]** Ein konstruktiv vorgegebenes Lüftspiel ist in Form fester geometrischer Größen in den am Nachstellvorgang beteiligten Bauelementen abgebildet. Eine durchgehende Überwachung des Lüftspiels ist aufgrund der rein mechanischen Gegebenheiten bzw. wegen einer fehlenden Sensierung nicht möglich. Daher ist heute nur eine im Rahmen der regelmäßigen Bremseninspektion durchzuführende manuelle Messung des Lüftspiels vorgesehen. Allerdings erfolgt diese Überprüfung naturgemäß nur in größeren Zeit- bzw. Laufleistungsabständen, z.B. bei Belagwechsel und außerdem nur im kalten Zustand der Scheibenbremse. Somit bleibt das Lüftspiel über lange Fahrstrecken und während unterschiedlicher Betriebszustände der Scheibenbremse unbeobachtet, und etwaige kritische Veränderungen bleiben unerkannt.

**[0005]** Es sind Scheibenbremsenkonstruktionen bekannt, die eine Überwachung des Lüftspiels ermöglichen und darüber hinaus sogar seine aktive Einstellung bzw. Korrektur während des Betriebs. Z. B. wird dies bei einer pneumatisch betätigten Scheibenbremse erreicht, indem man die Nachstelleinrichtung elektrisch antreibt und damit die Bremsbeläge relativ zur Bremsscheibe bewegt. Eine entsprechende Steuerlogik nutzt Betriebsparameter des elektrischen Antriebs, um das vorhandene Lüftspiel zu messen und ggf. ein gewünschtes Lüftspiel einzustellen. DE 19731696 A1 illustriert dazu ein Beispiel.

**[0006]** Jedoch haben sich derartige Konstruktionen bisher im Markt nicht durchsetzen können, bedingt durch den erheblichen technologischen Entwicklungssprung wie auch die zugehörigen Kosten.

**[0007]** Eine weitere Bremsenbauart, die eine Lüftspielüberwachung ermöglichen kann, ist in Form einer elektromechanischen Scheibenbremse bekannt. Die Betätigung der Bremsmechanik erfolgt dabei rein elektrisch und mit der für das Bremsen erforderlichen Steuerelektronik kann eine Lüftspielüberwachung und -einstellung dargestellt werden. Diese Konstruktion stellt jedoch einen noch größeren technologischen Schritt dar, und der serienmäßige Einsatz solcher Systeme bei Nutzfahrzeugen ist nicht absehbar. Ein Beispiel hierzu illustriert das Dokument DE 199933962 C2.

**[0008]** Daher besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine Scheibenbremse, insbesondere pneumatische Scheibenbremse, herkömmlicher Bauart mit möglichst geringem baulichen und kostenmäßigen Aufwand mit einer Lüftspielüberwachung zu verbessern.

**[0009]** Eine weitere Aufgabe besteht darin, eine verbessertes Verfahren zum Überwachen eines Lüftspiels zu schaffen.

**[0010]** Die Aufgabe wird durch eine Scheibenbremse mit den Merkmalen des Anspruchs 1, durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst.

**[0011]** Ein Grundgedanke der Erfindung besteht darin, dass eine Lüftspielüberwachungsvorrichtung mit einer Steuereinrichtung vorgesehen ist, welche mit dem Verschleißsensor und dem Bremssteuergerät in Verbindung steht. Damit wird ein bereits bestehender Verschleißsensor, der bei Scheibenbremsen häufig eingesetzt ist, benutzt.

**[0012]** Eine erfindungsgemäße Scheibenbremse, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, umfasst eine Zuspannvorrichtung, insbesondere mit einem Bremshebel, eine Nachstelleinrichtung, die mit der Zuspannvorrichtung, insbesondere mit dem Bremshebel, zur Nachstellung eines Verschleißes von Bremsbelägen und Bremssscheibe gekoppelt ist, einen Verschleißsensor zur Erfassung eines Verschleißwertes von Bremsbelägen und Bremssscheibe, und ein Bremssteuergerät. Die Scheibenbremse weist eine Lüftspielüberwachungsvorrichtung mit einer Steuereinrichtung auf, welche mit dem Verschleißsensor und dem Bremssteuergerät in Verbindung steht.

**[0013]** Daraus ergibt sich der Vorteil, dass mit geringstem Aufwand eine Scheibenbremse mit einer Lüftspielüberwachungsvorrichtung geschaffen wird.

**[0014]** Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Überwachen eines Lüftspiels einer solchen Scheibenbremse umfasst die Verfahrensschritte (S1) Bilden von aktuellen Wertepaaren aus aktuellen Bremsdruckwerten und erfassten aktuellen Signalwerten des Verschleißsensors während eines Bremsvorgangs; (S2) Vergleichen der gebildeten aktuellen Wertepaare mit vorher gespeicherten Referenzwerten; und (S3) Auswerten des Vergleichs und Ausgeben von Meldungen zum Überwachen des Lüftspiels.

**[0015]** Damit ist es vorteilhaft möglich, unzulässige Abweichungen von definierten bzw. vorher festgelegten Werten eines Lüftspiels zu erkennen und anzuzeigen bzw. zu melden.

**[0016]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

**[0017]** In einer Ausführung ist die Steuereinrichtung der Lüftspielüberwachungsvorrichtung zur Erfassung eines aktuellen Signalwertes des Verschleißsensors mit einer Erkennungseinheit ausgebildet. Die Erkennungseinheit kann eine zeitliche Veränderung des aktuellen Signalwertes des Verschleißsensors erkennen. Das ist dann besonders von Vorteil, wenn der Verschleißsensor verstellt wird. So kann sofort eine Veränderung erfasst werden.

**[0018]** Eine weitere Ausführung sieht vor, dass die Steuereinrichtung der Lüftspielüberwachungsvorrichtung zur Bildung von aktuellen Wertepaaren aus aktuellen Bremsdruckwerten und erfassten aktuellen Signalwerten des Verschleißsensors und zum Vergleich der aktuellen Wertepaare mit gespeicherten Referenzwerten mit einer Vergleichseinheit versehen ist. Die Referenzwerte können z.B. Druck-Weg-Kennlinien eines Bremszylinders der zugehörigen Scheibenbremse sein. Besonders vorteilhaft ist es, wenn diese Druck-Weg-Kennlinien bei Neuzustand eingelesen werden können, was eine andere Ausführung ermöglicht.

**[0019]** So können die aktuellen Bremsdruckwerte aus dem Bremssteuergerät stammen oder/und Ausgangswerte mindestens eines anderen Sensors sein. Das Bremssteuergerät kann entsprechende Tabellen- und/oder Kennlinienwerte aufweisen. Natürlich kann auch ein vorhandener Drucksensor oder auch Kraftsensor mit verwendet werden. Auch die gespeicherten Referenzwerte sind in dem Bremssteuergerät gespeichert.

**[0020]** Außerdem können die gespeicherten Referenzwerte in einer Speichereinheit der Steuereinrichtung gespeichert sein. Hierbei ist es von Vorteil, wenn dies die eingelesenen Kennlinienwerte und weitere eingelesenen Werte sind, da dann eine größere Exaktheit möglich ist.

**[0021]** In einer noch weiteren Ausführung weist die Steuereinrichtung der Lüftspielüberwachungsvorrichtung eine Auswerteeinheit zur Auswertung der Ergebnisse der Vergleichseinheit auf. Auf diese Weise kann eine Differenzierung der erfassten Werte anhand von Trends und Nebenbedingungen erfolgen. Warnungen und Anzeigen können diesbezüglich exakt erfolgen.

**[0022]** Weiterhin ist vorgesehen, dass die Lüftspielüberwachungsvorrichtung eine Meldeeinheit umfasst, welche anhand der Auswertung der Auswerteeinheit Meldungen zum Stand der Lüftspielüberwachung akustisch, visuell, haptisch oder/und alphanumerisch meldet. Damit kann ein Fahrer des Fahrzeugs früh genug auf Probleme oder Einhaltung von Wartungsfristen bzw. Aufsuchen einer Werkstatt aufmerksam gemacht werden. Außerdem können die Meldungen gespeichert und für Wartungspersonal abrufbar sein.

**[0023]** Zur Einbeziehung von Nebenbedingungen und zur Abschätzung von Trends und erfassten Messwerten kann die Lüftspielüberwachungsvorrichtung weiterhin mindestens eine Temperaturerfassung aufweisen. Hierbei können schon vorhandene Temperatursensoren oder auch zusätzliche eingesetzt werden.

**[0024]** Die Steuereinrichtung der Lüftspielüberwachungsvorrichtung kann Bestandteil des Bremssteuergerätes sein, wodurch sich kein wesentlicher zusätzlicher Platzbedarf an der Scheibenbremse ergibt.

**[0025]** Im Verfahrensschritt (S1) Bilden von aktuellen Wertepaaren (p/U) werden die aktuellen Bremsdruckwerte von dem Bremssteuergerät oder/und einem zusätzlichen Sensor geliefert. Die Bremsdruckwerte sind in dem Bremssteuergerät schon vorhanden, so müssen keine zusätzlichen Sensoren mit Platzbedarf installiert werden.

**[0026]** Es ist in eine Ausführung vorgesehen, dass im Verfahrensschritt (S3) Auswerten ein vorher festlegbares, nominelles Lüftspiel ohne Nachstellung festgestellt wird, wenn ein aktuelles Wertepaar einem gespeicherten Wertepaar, das einem korrekten Lüftspiel zugeordnet ist, entspricht, und das darauf folgende Wertepaar keine Veränderung des erfassten aktuellen Signalwertes des Verschleißsensors, jedoch einen starken Anstieg des Bremsdrucks aufweist. So ist eine einfache Fallunterscheidung von den weiteren Fällen möglich.

**[0027]** Dabei wird im Verfahrensschritt (S3) Auswerten ein vorher festlegbares, nominelles und aufgrund von Verschleiß vergrößertes Lüftspiel mit Nachstellung festgestellt wird, wenn ein aktuelles Wertepaar einem gespeicherten Wertepaar, das einem korrekten Lüftspiel zugeordnet ist, entspricht, und das darauf folgende Wertepaar eine Veränderung des erfassten aktuellen Signalwertes des Verschleißsensors, jedoch keinen starken Anstieg des Bremsdrucks aufweist.

**[0028]** Und für einen weiteren Fall kann im Verfahrensschritt (S3) Auswerten ein vorher festlegbares, nominelles Lüftspiel als unterschritten festgestellt werden, wenn der Bremsdruck eines aktuellen Wertepaars kleiner als der Bremsdruck ist, der einem vorher festlegbaren, korrekten Lüftspiel zugeordnet ist, und das darauf folgende Wertepaar keine Veränderung des erfassten aktuellen Signalwertes des Verschleißsensors, jedoch einen starken Anstieg des Bremsdrucks oder eine Veränderung des erfassten aktuellen Signalwertes des Verschleißsensors, jedoch keinen starken Anstieg des Bremsdrucks aufweist.

**[0029]** Auf diese Weise kann vorteilhaft eine Fallunterscheidung anhand der Wertepaare vorgenommen werden, um das Lüftspiel zu überwachen.

**[0030]** Weiterhin können im Verfahrensschritt (S3) Auswerten thermische Einflüsse mittels einer Temperaturerfassung miteinbezogen werden, wodurch die Zuverlässigkeit der Meldungen erhöht wird.

**[0031]** Eine weitere Erhöhung der Zuverlässigkeit wird dadurch erreicht, dass im Verfahrensschritt (S3) Auswerten ein Ausgeben einer Warnung bzw. eines Warnsignals erst nach einer bestimmten Anzahl von Bremsungen erfolgt.

**[0032]** Mit einem zuvor durchgeführten Einlernen der Referenzwerte in das Bremssteuergerät oder/und die Speichereinheit ist ebenfalls eine Erhöhung der Zuverlässigkeit möglich.

**[0033]** Zudem ist es in einer weiteren Ausführung vorteilhaft ermöglicht, dass ein Reibepunkt festgestellt werden kann, indem die aktuellen Wertepaare mit gespeicherten Wertepaaren verglichen werden, wenn ein aktuelles Wertepaar der aktuellen Wertepaare, die mit gespeicherten Wertepaaren verglichen werden, einen starken Anstieg des Bremsdrucks aufweist.

**[0034]** Mit der erfindungsgemäß Lüftspielüberwachungsvorrichtung und dem entsprechenden erfindungsgemäßen Verfahren zum Überwachen eines Lüftspiels kann das aktuelle Lüftspiel kontinuierlich bzw. ausreichend häufig erfasst und überwacht werden.

**[0035]** Es ist eine differenzierte Erkennung von vergrößertem, korrektem und unterschrittenem Lüftspiel möglich.

**[0036]** Das Lüftspiel kann spezifisch für jede Bremse überwacht und erfasst werden.

**[0037]** Der Aufwand hierzu ist minimiert, indem kein zusätzlicher Platzbedarf erforderlich ist und Ausgabewerte vorhandener Funktionseinheiten weiter benutzt werden.

**[0038]** Zusätzliche Sensoren an der Radbremse zur Erfassung des Lüftspiels bzw. Lüftspalts sind nicht erforderlich. Die dazu gehörigen separaten elektronischen Auswerteeinheiten (Soll-/Istwert-Vergleich) und Ausgabegeräte können entfallen.

**[0039]** Die Erfindung wird nun anhand beispielhafter Ausführungen mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigen:

**[0040]** Fig. 1 eine schematische Teilschnittansicht eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Scheibenbremse mit einer Lüftspielüberwachungsvorrichtung;

**[0041]** Fig. 2 eine schematische Schnittansicht des Ausführungsbeispiels längs der Linie II-II nach Fig. 1 in einer Variante;

**[0042]** Fig. 3 eine vergrößerte Teilperspektivansicht eines Antriebs einer Nachstelleinrichtung des Ausführungsbeispiels nach Fig. 1;

**[0043]** Fig. 4 eine schematische Draufsicht auf den Antrieb;

**[0044]** Fig. 5 ein schematisches Diagramm einer Druck-Weg-Kennlinie;

**[0045]** Fig. 5a ein schematisches Diagramm eines Sensorsignals;

**[0046]** Fig. 6 ein schematisches Diagramm einer Sensorkennlinie;

**[0047]** Fig. 7 ein schematisches Blockschaltbild einer Lüftspielüberwachungsvorrichtung; und

**[0048]** Fig. 8 ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0049]** Fig. 1 zeigt eine schematische Teilschnittansicht eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Scheibenbremse **1** mit einer Lüftspielüberwachungsvorrichtung **20**. In Fig. 2 ist eine schematische Schnittansicht des Ausführungsbeispiels längs der Linie II-II nach Fig. 1 in einer Variante dargestellt.

**[0050]** Die Scheibenbremse **1** weist eine Bremsscheibe **2** mit einer Bremsscheibenachse **2a** auf. Die Bremsscheibe **2** ist von einem, hier als Schwimmsattel ausgeführten, Bremssattel **4** übergriffen. Beiderseits der Bremsscheibe **2** ist hier jeweils ein Bremsbelag **3** mit jeweils einem Bremsbelagträger **3a** angeordnet. Der in den Fig. 1 und Fig. 2 auf der linken Seite der Bremsscheibe **2** befindliche Bremsbelag **3** wird reaktionsseitiger Bremsbelag **3** und der auf der rechten Seite der Bremsscheibe **2** angeordnete Bremsbelag **3** wird zuspannseitiger Bremsbelag **3** genannt.

**[0051]** In diesem Ausführungsbeispiel ist die Scheibenbremse **1** als zweitempelige Bremse mit zwei Spindeleinheiten **5** und **5'** ausgebildet. Jede Spindeleinheit **5**, **5'** weist einen Gewindestempel **6**, **6'** auf, der als Hohlwelle mit einem Außengewinde ausgebildet ist. In dem Gewindestempel **6** der einen Spindeleinheit **5** ist eine Nachstelleinrichtung **10** eingesetzt, auf die unten noch näher eingegangen wird. Eine Achse dieser Spindeleinheit **5** wird daher als Nachstellerachse **5a** bezeichnet. Die Nachstelleinrichtung **10** ist mit einer Nachstelterwelle **5b**, welche mit dem Gewindestempel **6** drehfest zusammenwirkt, versehen.

**[0052]** Die andere Spindeleinheit **5'** weist eine Achse, die als Mitnehmerachse **5'a** bezeichnet ist, und eine Mitnehmerwelle **5'b** auf, die in dem Gewindestempel **6'** der anderen Spindeleinheit **5'** eingesetzt ist und mit dem Gewindestempel **6'** in einer drehfesten Verbindung steht.

**[0053]** Der zuspannseitige Bremsbelagträger **3a** steht mit den Spindeleinheiten **5**, **5'** über Druckstücke **6a**, **6'a**, die an Enden der Gewindestempel **6**, **6'** angeordnet sind, in Verbindung. Der andere, reaktionsseitige Bremsbelagträger **3a** ist auf der anderen Seite der Bremsscheibe im Bremssattel **4** festgelegt. Die Gewindestempel **6**, **6'** sind jeweils in einer Traverse **7**, die auch als Brücke bezeichnet wird, mit ihren Außengewinden in Gewindebohrungen der Traverse **7** verdrehbar angeordnet. Das Gewinde ist hier mit einer Steigung im Bereich der Selbsthemmung ausgeführt. Durch die Drehbewegung der Gewindestempel **6**, **6'** in der Traverse **7** ändert sich die Axialposition der Gewindestempel **6**, **6'** relativ zu der Traverse **7**. Mit dem Begriff Axialposition ist hier eine Position der Gewindestempel **6**, **6'** in Axialrichtung der Bremsscheibenachse **2a** und der Achsen **5a**, **5'a** gemeint. Die Achsen **5a**, **5'a** verlaufen hier parallel zu der Bremsscheibenachse **2a**.

**[0054]** Die Traverse **7** und die Gewindestempel **6**, **6'** sind von einer Zuspannvorrichtung, hier ein Bremshebel **8** mit einer Schwenkachse **8e** (siehe Fig. 2) rechtwinklig zu der Bremsscheibenachse **2a** der Bremsscheibe **2** betätigbar. Der Bremshebel **8** weist einen Hebelkörper **8d** auf, welcher über Lagerabschnitte mit der Traverse **7** in Zusammenwirkung steht.

**[0055]** Die Traverse **7** ist in Richtung der Bremsscheibenachse **2a** durch den Bremshebel **8** verstellbar. Eine Bewegung auf die Bremsscheibe **2** zu wird als Zuspانبewegung bezeichnet, und eine Bewegung in Gegen-

richtung wird Lösebewegung genannt. Eine nicht weiter erläuterte Rückstellfeder **7a** ist in der Mitte der Traverse **7** in einer entsprechenden Ausnehmung auf der belagseitigen Seite der Traverse **7** aufgenommen und stützt sich am Bremsattel **4** ab. Mittels der Rückstellfeder **7a** wird die Traverse **7** bei der Lösebewegung in die in **Fig. 1** und **Fig. 2** gezeigte gelöste Stellung der Scheibenbremse **1** verstellt.

**[0056]** Ein Abstand zwischen den Bremsbelägen **3** und der Bremsscheibe **2** in der gelösten Stellung wird als Lüftspiel bezeichnet. Infolge von Belag- und Scheibenverschleiß wird dieses Lüftspiel größer. Wenn dies nicht kompensiert wird, kann die Scheibenbremse **1** ihre Spitzenleistung nicht erreichen, da ein Betätigungshub der Betätigungsmechanik, d.h. hier der Betätigungshub bzw. ein Schwenkwinkel des Bremshebels **8**, vergrößert ist.

**[0057]** Die Scheibenbremse **1** kann unterschiedliche Kraftantriebe aufweisen. Der Bremshebel **8** wird hier z.B. pneumatisch betätigt. Dazu weist der Bremshebel **8** einen Arm **8b** auf, der mit dem Hebelkörper **8d** verbunden ist (**Fig. 2**). An dem freien Ende des Arms **8b** ist ein Krafteinleitungsabschnitt **8c** angeordnet, der mit einer Kraftquelle, z.B. einem Pneumatikzylinder, zusammenwirkt. Zu Aufbau und Funktion einer pneumatischen Scheibenbremse **1** wird auf die entsprechende Beschreibung der DE 197 29 024 C1 verwiesen.

**[0058]** Die Nachstelleinrichtung **10** ist zur Verschleißnachstellung eines vorher festgelegten Lüftspiels, das als Nominallüftspiel bezeichnet wird, ausgebildet. Unter dem Begriff „Nachstellung“ ist eine Lüftspielverkleinerung zu verstehen. Das vorher festgelegte Lüftspiel ist durch die Geometrie der Scheibenbremse **1** bestimmt und weist ein so genanntes konstruktives Lüftspiel auf. Mit anderen Worten, die Nachstelleinrichtung **10** verkleinert ein vorhandenes Lüftspiel, wenn dieses in Bezug auf das vorher festgelegte Lüftspiel zu groß ist.

**[0059]** Die Nachstelleinrichtung **10** ist an der einen Spindereinheit **5** koaxial zu dieser, zu deren Gewindestempel **6** und der Nachstellerachse **5a** angeordnet. Die Bauteile und Funktionsgruppen der Nachstelleinrichtung **10**, welche z.B. in dem Dokument DE 10 2004 037 771 A1 ausführlich beschrieben ist, ist um die Nachstellerwelle **5b** herum in axialer Richtung und somit in Richtung der Nachstellerachse **5a** angeordnet. Die Nachstelleinrichtung **10** ist mit ihrem zuspansseitigen Ende in nicht näher erläuterter Weise im Bremsattel **4** gelagert. Hierzu wird auf das Dokument DE 10 2004 037 771 A1 verwiesen. An dem zuspansseitigen Ende der Nachstellerwelle **5b** ist ein Synchronrad **11a** einer Synchronvorrichtung **11** drehfest angebracht. Über die Synchronvorrichtung **11**, die unten noch beschrieben wird, steht die Nachstellerwelle **5b** mit der Mitnehmerwelle **5'b** einer Mitnehmereinrichtung in Wirkverbindung.

**[0060]** In der anderen Spindereinheit **5'** ist die Mitnehmereinrichtung mit der Mitnehmerwelle **5'b** koaxial zu der anderen Spindereinheit **5'**, zu deren Gewindestempel **6'** und der Mitnehmerachse **5'a** angeordnet. In dem zuspansseitigen Endbereich der Mitnehmerwelle **5'b** ist wie bei der Nachstellerwelle **5b** ein Synchronrad **11'a** der Synchronvorrichtung **11** drehfest angebracht. Das zuspansseitige Ende der Mitnehmerwelle **5'b** ist hier mit einem Verschleißsensor **12** gekoppelt, der in einem haubenförmigen Gehäuse über dem zuspansseitigen Ende der Mitnehmerwelle **5'b** auf dem Bremsattel **4** angeordnet ist. Der Verschleißsensor **12** ist über die Mitnehmerwelle **5b** mit dem Gewindestempel **6'** drehfest gekoppelt. Ein Aufnahmerelement des Verschleißsensors kann z.B. ein Winkelsensor sein, z.B. ein Potentiometer. Es erfasst die Winkellage des Gewindestempels **6'** um die Mitnehmerachse **5'a**. Die Auswertung dieser Winkellage lässt einen Rückschluss auf den Verschleißzustand der Bremsbeläge **3** und der Bremsscheibe **2** zu, denn der Gewindestempel **6'** ist über die Mitnehmerwelle **5'b** und somit durch die unten noch näher erläuterte Synchronvorrichtung **11** mit dem Gewindestempel **6** gekoppelt. So dient der Verschleißsensor **12** zur Erfassung eines Nachstellwegs, d.h. des Verschleißzustands, und ist hier über eine mit einem Steckverbinder **13** versehene Anschlussleitung **13a** (elektrisch oder optisch leitend) mit einem Bremssteuergerät **19**, welches u.a. die Auswertung des vom Verschleißsensor **12** erfassten Messwertes vornehmen kann, verbunden.

**[0061]** Der Verschleißsensor **12** steht zudem auch mit einer Steuereinrichtung **20a** der Lüftspielüberwachungsvorrichtung **20** in Verbindung. Dies wird unten noch ausführlich erläutert.

**[0062]** Übliche pneumatische Scheibenbremsen **1**, wie z.B. in der DE 197 29 024 C1 beschrieben, weisen die Nachstelleinrichtung **10** zusammen mit der Mitnehmereinrichtung als integrierte, automatisch arbeitende Verschleiß-Nachstellvorrichtungen auf. Durch mechanisches Justieren der Position der Gewindestempeln **6**, **6'** in der Traverse **7** wird ein vorangegangener Verschleiß der Reibpartner Bremsbeläge **3** und Bremsscheibe **2** ausgeglichen und dadurch das vorher festgelegte Lüftspiel eingehalten.

**[0063]** Ein Antrieb für die Justierbewegung der Nachstelleinrichtung **10** erfolgt durch eine Nebenfunktion des Bremshebels **8** mit einem Abtriebsfinger **8a** (oder mehreren). Der Bremshebel **8** wird wie oben schon erwähnt z.B. durch einen Bremszylinder (pneumatisch, hydraulisch, elektrisch) betätigt.

**[0064]** So steht die Nachstelleinrichtung **10** über einen Antrieb **9** mit dem Bremshebel **8** in Zusammenwirkung. Der Antrieb **9** umfasst einen Betätiger, welcher als ein mit dem Bremshebel **8** verbundener Abtriebsfinger **8a** ausgebildet ist, und einen Schaltgabelfinger **10b** eines Antriebselementes **10a** der Nachstelleinrichtung **10**. Der Antrieb **9** wird im Zusammenhang mit den **Fig. 3** und **Fig. 4** noch näher beschrieben.

**[0065]** Beim Antreiben der Nachstelleinrichtung **10** durch den Antrieb **9** mittels des Bremshebels **8** wird z.B. eine Einwegkupplung der Nachstelleinrichtung **10** betätigt, die z.B. über eine Rutschkupplung mit der Nachstellerwelle **5b** gekoppelt ist. Eine ausführliche Beschreibung der Funktion der Nachstelleinrichtung **10** ist dem Dokument DE 10 2004 037 771 A1 zu entnehmen.

**[0066]** Die Justierbewegung des einen Gewindestempels **6**, die auch eine Dreh- oder Schwenkbewegung der Nachstellerwelle **5b** ist, wird mittels der Synchronereinrichtung **11** auf die Mitnehmerwelle **5'b** und somit den anderen Gewindestempel **6'** übertragen. Dazu sind die Nachstellerwelle **5b** der Nachstelleinrichtung **10** und die Mitnehmerwelle **5'b** der Mitnehmereinrichtung durch die Synchronereinrichtung **11** derart gekoppelt, dass eine Verdrehbewegung des Gewindestempels **6** um die Nachstellerachse **5a** eine entsprechende Verdrehbewegung des Gewindestempels **6'** um die Mitnehmerachse **5'a** bewirkt und umgekehrt. Die Synchronereinrichtung **11** ist in dem in **Fig. 1** dargestellten Beispiel an den zuspansseitigen Enden der Nachstellerwelle **5b** und der Mitnehmerwelle **5'b** angeordnet. In der Variante nach **Fig. 2** befindet sich die Synchronereinrichtung **11** auf der Zuspansseite der Traverse **7**. Die Synchronereinrichtung **11** umfasst das Synchronrad **11a**, das mit dem Gewindestempel **6** der einen Spindeleinheit **5** und mit der Nachstellerwelle **5b** der Nachstelleinrichtung **10** gekoppelt ist, das andere Synchronrad **11'a**, das mit der Gewindestempel **6'** der anderen Spindeleinheit **5'** und mit der Mitnehmerwelle **5'b** der Mitnehmereinrichtung gekoppelt ist, und ein Synchronmittel **11b**, mit welchem die Synchronräder **11a** und **11'a** gekoppelt sind. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Synchronmittel **11b** ein Zugmittel, im vorliegenden Beispiel eine Kette. So sind die Synchronräder **11a**, **11'a** als Kettenräder ausgebildet. Damit ist eine synchrone Bewegung der Gewindestempel **6**, **6'** der Spindeleinheiten **5** und **5'** bei Verschleißnachstellvorgängen (angetrieben durch die Nachstellerwelle **5b** der Nachstelleinrichtung **10**) und Einstellungen bei Wartungsarbeiten, z.B. Belagwechsel, (manueller Antrieb z.B. über ein Betätigungsende der Nachstellerwelle **5b** der Nachstelleinrichtung **10**, was nicht dargestellt, aber leicht vorstellbar ist) gewährleistet.

**[0067]** In **Fig. 3** ist eine vergrößerte Teilperspektivansicht des Antriebs **9** der Nachstelleinrichtung **10** des Ausführungsbeispiels nach **Fig. 1** dargestellt. **Fig. 4** zeigt dazu eine schematische Draufsicht auf den Antrieb **9**.

**[0068]** Auf der linken Seite der **Fig. 3** ist der Hebelkörper **8d** des Bremshebels **8** nur schematisch angedeutet, wobei auf der rechten Seite die Nachstelleinrichtung **10** mit der Nachstellerachse **5a** der einen Spindeleinheit **5** zum Teil gezeigt ist. An dem Hebelkörper **8d** sind hier zwei Abtriebsfinger **8a** in Zapfen- oder Stabform angebracht, die hier mit drei Schaltgabelfingern **10b** des Antriebselementes **10a** der Nachstelleinrichtung **10** in Eingriff stehen, wobei die Abtriebsfinger **8a** hier jeweils in einer Lücke **15** zwischen zwei Schaltgabelfingern **10b** angeordnet sind. **Fig. 4** zeigt in der Draufsicht die Anordnung eines Abtriebsfingers **8a** in der Lücke **15** zwischen zwei Schaltgabelfingern **10b**.

**[0069]** Die Bremshebelachse **8e**, um welche der Bremshebel **8** verschwenkbar ist, verläuft rechtwinklig zu der Nachstellerachse **5a** (siehe auch **Fig. 2**). Eine Verschwenkbewegung des Bremshebels **8** führt dann zu einer Schwenkbewegung der Abtriebsfinger **8a**, welche in **Fig. 4** in einer Richtung nach oben in der **Fig. 4** (angedeutet durch einen Pfeil Zuspanssen hz) oder nach unten (angedeutet durch einen Pfeil Lösen hl), wobei diese Schwenkbewegung auf die Schaltgabelfinger **10b** und somit auf das Antriebselement **10a** der Nachstelleinrichtung **10** übertragen wird.

**[0070]** In unbetätigter Stellung, d.h. in Lösestellung, wie in **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigt, ist zwischen einer Betätigungskontur des Abtriebsfingers **8a** und einer Schaltgabelwand **15b** des Schaltgabelfingers **10b** des Antriebselementes **10a** der Nachstelleinrichtung **10** ein Spiel bzw. Leerweg **14** vorgesehen. Dieser Leerweg repräsentiert unter Berücksichtigung der Übersetzungsverhältnisse am Bremshebel **8** das konstruktive Lüftspiel der Scheibenbremse **1**. Mit anderen Worten, eine Betätigung der Nachstelleinrichtung **10a** erfolgt erst, nachdem die Traverse **7** bei einer Zuspansung der Scheibenbremse **1**, d.h. bei Bremsbetätigung, durch eine Verschwenkung des Bremshebels **8** um einen größeren Weg als das konstruktive Lüftspiel auf die Bremsscheibe **2** hin verschoben worden ist.

**[0071]** Unabhängig von der jeweiligen baulichen Ausführung der Nachstelleinrichtung **10**, die hier nur beispielhaft angegeben ist, ist das konstruktiv festgelegte Lüftspiel dabei immer durch den Leerweg **14** in der kinematischen Kette zwischen Bremshebel **8** und der Einwegkupplung der Nachstelleinrichtung **10** bestimmt, wobei die Einwegkupplung mit dem Antriebselement **10a** verbunden ist. Beim Zuspinnen wird dieser Leerweg **14** in der Richtung Zuspinnen hz zunächst durchfahren, wobei keine Bewegungsübertragung über die Schaltgabelfinger **10b** auf die Nachstelleinrichtung **10** erfolgt. Dabei erfolgt auch keine Nachstellung bzw. Justierung, wodurch das minimale Lüftspiel der Scheibenbremse **1** sichergestellt ist. Das heißt, der Leerweg **14** in der Betätigungsmechanik ist direkt proportional zu dem Lüftspiel.

**[0072]** Sobald der Abtriebsfinger **8a** die Schaltgabelwand **15b** berührt, wird die Bewegung auf den Schaltgabelfinger **10b** aufgrund des Eingriffs mit dem Abtriebsfinger **8a** übertragen, woraus sich eine Verschwenkbewegung nz im Uhrzeigersinn des Antriebselementes **10a** der Nachstelleinrichtung **10** ergibt. Diese Verschwenkbewegung wird von der mit dem Antriebselement **10a** gekoppelten Einwegkupplung auf die Nachstellerwelle **5b** übertragen, wobei eine Verkleinerung des Lüftspiels erfolgt.

**[0073]** Beim Lösen der Scheibenbremse **1** wird der Bremshebel **8** zurück verschwenkt, wobei der Abtriebsfinger **8a** in Richtung Lösen hl bewegt wird. Dabei kommt er mit der anderen Schaltgabelwand **15a** in Berührung und verschwenkt somit das Antriebselement **10a** in einer Verschwenkung nl im Gegenuhrzeigersinn. Da das Antriebselement **10a** mit der Einwegkupplung der Nachstelleinrichtung **10** gekoppelt ist, wird diese Bewegung nicht auf die Nachstellerwelle **5b** übertragen (dies wäre dann eine Vergrößerung des Lüftspiels, was nicht gewollt ist).

**[0074]** Die Nachstell- bzw. Justierbewegung zur Verkleinerung des Lüftspiels, welche die Nachstellwelle **5b** durchführt, wird über die Synchroneinrichtung **11** wie oben beschrieben auf die Mitnehmerwelle **5'b** und auch auf den Verschleißsensor **12** übertragen. Der Verschleißsensor **12** erzeugt in Abhängigkeit von der Winkelstellung Mitnehmerwelle **5'b** ein zu der Winkelstellung proportionales elektrisches Signal (analog oder digital), welches in einer elektrischen/elektronischen Einrichtung, beispielsweise im Bremssteuergerät **19**, als Maß für den Verschleiß der Bremsbeläge **3** und auch der Bremsscheibe **2** der Scheibenbremse **1** zur kontinuierlichen Erfassung des Verschleißes der Reibpartner (Bremsbeläge **3** und Bremsscheibe **2**) ausgewertet wird. Damit kann das mit dem Verschleiß fortschreitende Justieren (Ausfahren, Nachstellen) der Gewindespindeln **6**, **6'** messtechnisch erfasst werden. Diese elektrische/elektronische Einrichtung basiert z.B. auf einer potentiometrischen Messung des Verstellweges, d.h. des Verdrehwinkels, der Gewindespindeln **6**, **6'**, das in jede Radbremse eines zugehörigen Fahrzeugs integriert ist. Die gemessenen Werte werden in einer Auswerteeinheit radspezifisch überwacht und bei Erreichen eines vorgegebenen Verschleißwertes bzw. Grenzwertes (entsprechend dem ausgefahrenen bzw. nachgestellten Zustand der Gewindespindeln **6**, **6'**) erfolgt eine Meldung, z.B. ein akustisches oder/und optisches Warnsignal.

**[0075]** Mit der erfindungsgemäßen Lüftspielüberwachungsvorrichtung **20** werden unzulässige Abweichungen des Lüftspiels von vorher festgelegten Werten erkannt und angezeigt. Die Vorrichtung **20** umfasst eine Steuereinrichtung **20a** (Fig. 1), die unten noch näher beschrieben wird. Die Steuereinrichtung **20a** ist mit dem Verschleißsensor **12** und dem Bremssteuergerät **19** gekoppelt. Dabei nutzt die Steuereinrichtung **20a** Signale des Verschleißsensors **12** und des Bremssteuergerätes **19**.

**[0076]** Zunächst wird ein Zusammenhang zwischen einer Zuspinnkraft, dem Lüftspiel, einer Nachstellung und dem Verschleißsensor **12** beschrieben.

**[0077]** Fig. 5 zeigt dazu ein schematisches Diagramm einer Druck-Weg-Kennlinie. Fig. 5a stellt dazu ein schematisches Diagramm eines Sensorsignals dar.

**[0078]** In dem schematischen Diagramm der Fig. 5 ist ein Bremsdruck  $p$  der Zuspinnvorrichtung der Scheibenbremse **1** auf einer Ordinate über einem Hebelweg  $h$  (Abszisse) dargestellt. Der Bremsdruck  $p$  kann z.B. der Luftdruck eines Pneumatikzylinders oder/und Hydraulikzylinders bzw. die Zuspinnkraft einer elektromotorischen Bremsbetätigung sein. Unter dem Hebelweg  $h$  ist ein Weg des Bremshebels **8** zu verstehen.

**[0079]** Fig. 5a zeigt mit gleicher Abszisse den Hebelweg  $h$  wie in Fig. 5 dargestellt. Über dem Hebelweg  $h$  ist hier jedoch ein Signalwert  $U$  eines Sensorsignals **17** des Verschleißsensors **12** aufgetragen. In diesem Beispiel wird davon ausgegangen, dass der Verschleißsensor **12** ein Potentiometer als Aufnahmerelement aufweist, d.h. ein durch die oben beschriebene Verschwenkung der Mitnehmerwelle **5'b** veränderlicher elektrischer Widerstand, der mit einer konstanten elektrischen Spannung beaufschlagt ist. Der Signalwert  $U$  ist in diesem Beispiel dann eine elektrische Spannung, welche an dem Aufnahmerelement abgreifbar und zu der

Verschwenkung der Mitnehmerwelle **5'b** proportional ist. Das heißt, der Signalwert  $U$  ist als eine elektrische Spannung proportional zu einer Nachstellung der Nachstelleinrichtung **10**. Der Signalwert  $U$  verändert sich nur dann, wenn eine Nachstellung erfolgt.

**[0080]** Mit dem Bezugszeichen **16** ist die Kurve einer beispielhaften Druck-(Kraft-)Weg-Kennlinie einer Bremse, z.B. der Scheibenbremse **1**, in **Fig. 5** angegeben. Der Bremszylinder wirkt mit dem Bremshebel **8** zusammen.

**[0081]** Eine Betätigung der Zuspännvorrichtung umfasst ein Zuspännen und ein Lösen. Im nicht betätigten Zustand (Bremsdruck = 0) stehen Bremszylinder und Bremshebel **8** durch die interne Rückstellfeder **7a** in der in **Fig. 1**, **Fig. 2** gezeigten Ausgangsstellung bzw. gelösten Stellung. Bei Anstieg des Bremsdrucks  $p$  bzw. der Bremszylinderkraftabgabe bewegt z.B. eine (nicht gezeigte) Kolbenstange in Zusammenarbeit mit dem Krafteinleitungsabschnitt **8c** (**Fig. 2**) den Bremshebel **8** und dieser die Zuspännelemente (Traverse **7** mit den Gewindespindeln **6**, **6'**) im Bremssattel **4**. Sobald das konstruktive Lüftspiel, das auch nominelles Lüftspiel genannt wird, überwunden ist (Leerweg **14** in **Fig. 3** und **Fig. 4**), berührt der Abtriebsfinger **8a** des Bremshebels **8** den Schaltgabelfinger **10b** des Antriebselementes **10a** mit der Einwegkupplung der Nachstelleinrichtung **10**. Dies ist bei einem Hebelweg  $h_0$  der Fall.

**[0082]** Beim Zuspännen steigt der Bremsdruck  $p$  im Bereich Überbrückung des Lüftspiels bis zum Hebelweg  $h_0$  mit einer relativ geringen Steigung der Kurve **16** an. In diesem Bereich wird das Lüftspiel überbrückt. Das Lüftspiel entspricht damit dem Hebelweg  $h$  vom Nullpunkt bis zum Hebelweg  $h_0$ . In einem Reibepunkt  $R_0$  schneidet die Kurve **16** des Bremsdrucks  $p$  eine Parallele zur Ordinate, die durch den Hebelweg  $h_0$  verläuft. Beim Hebelweg  $h_0$  ist der Kurve **16** ein Bremsdruck  $p_0$  zugeordnet.

**[0083]** Der Begriff „Reibepunkt“ ist der Punkt, in welchem die Bremsbeläge **3** an der Bremsscheibe **2** der Scheibenbremse **1** anliegen. Ein weiteres Zuspännen (Zuspännabschnitt **16a**) bewirkt dann durch Anpressen der Bremsbeläge **3** mit zunehmender Kraft an die Bremsscheibe **2** einen Bremsvorgang bzw. eine Bremsung, wobei der Bremsdruck  $p$  in einem Zuspännabschnitt **16a** stark ansteigt. Ein Lösen der Zuspännvorrichtung (durch Verringern des Bremsdrucks  $p$ ) bewirkt eine Umkehrung des oben beschriebenen Vorgangs.

**[0084]** **Fig. 6** stellt ein schematisches Diagramm einer Sensorkennlinie **18** dar. Dabei ist ein Signalwert  $U$ , z.B. eine elektrische Spannung, auf der Ordinate über einem Gesamtverschleiß  $GV$  auf der Abszisse aufgetragen. Der Gesamtverschleiß  $GV$  bezieht sich auf die Reibpartner Bremsbeläge **3** und Bremsscheibe **2**. Bei neuen Reibpartnern ist noch kein Verschleiß vorhanden, ein Ausgangswert ist als Signalwert  $U_a$  angegeben. Die Sensorkennlinie **18** ist hier linear und erstreckt sich in einer bestimmten Steigung von dem Ausgangswert  $U_a$  zu einem Endwert  $U_b$ , dem ein Gesamtverschleiß  $GV_a$  zugeordnet ist. Bei dem Gesamtverschleiß  $GV_a$  ist ein Austausch zumindest der Bremsbeläge **3** erforderlich, und eine Verschleißgrenze ist erreicht. Dies wird durch einen Spannungssprung auf den Signalwert  $U_c$  angegeben, wozu der Verschleißsensor **12** entsprechend ausgebildet ist. Der Signalwert  $U_a$  hat als Ausgangswert z.B. eine Spannung von ca. 0,8 V. Der Gesamtverschleiß  $GV_a$  ist bei einer Spannung beim Signalwert  $U_b$  von ca. 3,5 V erreicht. Dann erfolgt ein Spannungssprung auf den Signalwert  $U_c$ , der ca. 4 V beträgt. Natürlich können auch andere Spannungswerte oder auch Stromwerte (oder auch andere Werte) als Signalwerte  $U$  zur Anwendung kommen.

**[0085]** Es wird eine Fallunterscheidung vorgenommen. Zunächst wird der Fall, in welchem ein aktueller Reibepunkt mit einem Soll-Reibepunkt übereinstimmt, betrachtet. Hierbei fällt gemäß **Fig. 5** der Reibepunkt  $R_0$  mit dem Hebelweg  $h_0$  zusammen, und es erfolgt kein Nachstellen durch die Nachstelleinrichtung **1**. Dies tritt auf, wenn beispielsweise die Bremsbeläge **3** neu sind oder eine Nachstellung bei einem vorherigen Bremsvorgang erfolgt ist. Das bedeutet, dass ein aktuelles Lüftspiel dem vorher festgelegten Lüftspiel entspricht und eine Nachstellung nicht erforderlich ist. Eine Nachstellung wird also nicht durchgeführt. Die Bremsbeläge **3** liegen schon an der Bremsscheibe **2** an und der Bremsdruck  $p$  steigt in dem Bremsabschnitt **16a** stark an.

**[0086]** Dazu zeigt **Fig. 5a** das zugehörige Sensorsignal **17**, welches im Ruhezustand der Scheibenbremse **1**, also bei nicht betätigter Zuspännvorrichtung, und bei Betätigung bis zur Überwindung des konstruktiven Lüftspiels bis zum Erreichen des Hebelwegs  $h_0$  konstant ist. Dies ist in **Fig. 5a** durch den Signalwert  $U_0$  angegeben. Der Signalwert  $U_0$  entspricht somit einem Nachstellwert, der von einer zuletzt erfolgten Nachstellung stammt oder bei neuen Bremsbelägen **3** einen Ausgangswert bildet.

**[0087]** Eine weitergehende Bewegung des Abtriebsfingers **8a** bei zunehmendem Bremsdruck  $p$  im Bremsabschnitt **16a** wird zwar auf den Schaltgabelfinger **10b** des Antriebselementes **10a** der Nachstelleinrichtung **10** (**Fig. 3**, **Fig. 4**) übertragen, aber eine in der Nachstelleinrichtung **10** vorhandene Überlastkupplung spricht

an, da die Bremsbeläge **3** schon an der Bremsscheibe **2** anliegen. Das Antriebselement **10a** führt dann eine Relativbewegung zu der feststehenden Nachstellerwelle **5b** aus. Somit erfolgt keine Nachstellung. Die Nachstellerwelle **5b** und die mit ihr über die Synchroneinrichtung **11** gekoppelte Mitnehmerwelle **5'b** mit dem damit gekoppelten Verschleißsensor **12** werden nicht verstellt.

**[0088]** Das Sensorsignal **17** wird also nicht verändert und bleibt konstant auf dem Signalwert  $U_0$ .

**[0089]** Weiterhin zeigt **Fig. 5** auch die Fälle, in welchen der aktuelle Reibepunkt nicht mit dem Soll-Reibepunkt beim Hebelweg  $h_0$  übereinstimmt. Zunächst wird der Fall betrachtet, in dem das Lüftspiel aufgrund von Verschleiß der Bremsbeläge **3** durch vorangegangene Bremsvorgänge größer geworden ist. D.h., der aktuelle Reibepunkt hat sich zu einem größeren Wert des Hebelzustellwegs  $h$  verschoben. Dieser aktuelle Reibepunkt ist hier als Reibepunkt  $R_1$  bei einem Hebelweg  $h_1$  angegeben. Der Hebelweg  $h_1$  ist dabei größer als der vorherige Hebelweg  $h_0$ , was dadurch bedingt ist, dass aufgrund des Verschleißes der Bremsbeläge **3** ein größeres Lüftspiel überbrückt werden muss, nämlich das konstruktive Lüftspiel bis zum Hebelweg  $h_0$  und im Anschluss daran das durch den Verschleiß bedingte Lüftspiel bis zum Hebelweg  $h_1$ . Beim Erreichen dieses Reibepunkts  $R_1$  mit dem zugeordneten Bremsdruck  $p_1$  steigt der Bremsdruck  $p$  in einem Spannabschnitt **16b** stark an, welcher sich nach rechts in der **Fig. 5** verlagert hat.

**[0090]** Beim Erreichen des Hebelwegs  $h_0$  mit dem zugeordneten Bremsdruck  $p_0$  wird aber der aktuelle Reibepunkt  $R_1$  noch nicht erreicht. Nun wird die Nachstelleinrichtung **10** betätigt, da die Bremsbeläge **3** noch nicht an der Bremsscheibe **2** anliegen und somit die Überlastkupplung der Nachstelleinrichtung **10** nicht anspricht. Die weitergehende Bewegung des Abtriebsfingers **8a** bei zunehmendem Bremsdruck  $p > p_0$  wird wieder auf den Schaltgabelfinger **10b** des Antriebselementes **10a** der Nachstelleinrichtung **10** (**Fig. 3**, **Fig. 4**) übertragen. Das Antriebselement **10a** verschwenkt nun die Nachstellerwelle **5b** durch die Einwegkupplung. Somit erfolgt eine Nachstellung. Die Nachstellerwelle **5b** und die mit ihr über die Synchroneinrichtung **11** gekoppelte Mitnehmerwelle **5'b** mit dem damit gekoppelten Verschleißsensor **12** werden verstellt. Dies ist in **Fig. 5a** durch einen Nachstellsignalabschnitt **17a** des Sensorsignals **17**, der mit einer bestimmten Schräge nach oben verläuft, angegeben.

**[0091]** Dabei verändert sich der Signalwert  $U_0$ , der dem Hebelwert  $h_0$  zugeordnet ist, auf den neuen Signalwert  $U_1$  bei dem Hebelwert  $h_1$ . In dem gezeigten Beispiel ist  $U_1$  größer als  $U_0$ , aber auch das Umgekehrte kann in einer anderen Ausführung natürlich möglich sein. Nachdem die Nachstellung auf das vorher festgelegte Lüftspiel im Reibepunkt  $R_1$  durchgeführt ist, entspricht der Signalwert  $U_1$  nun dem aktuellen Verschleiß von Bremsbelägen **3** und Bremsscheibe **2**. Dieser Signalwert  $U_1$  bleibt konstant bis zu einer Veränderung durch eine nachfolgende Nachstellung. Dies zeigt ein Konstantensignalabschnitt **17b** ab dem Hebelwert  $h_1$  in **Fig. 5a**.

**[0092]** In dem anderen Fall kann das Antriebselement **10a** der Nachstelleinrichtung **10** mit seinem Schaltgabelfinger **10b** (**Fig. 3**, **Fig. 4**), z.B. infolge eines Fehlers, eine Drehbewegung (in **Fig. 4** in Verschwenkung  $n_l$  gegen den Uhrzeigersinn) entgegen ihrer funktional festgelegten Drehrichtung Verschwenkung  $n_z$  (also entgegen dem Sperrsinne der mit dem Antriebselement **10a** gekoppelten Einwegkupplung) durchgeführt haben. Damit ist der benötigte Leerweg **14** im Nachstellvorgang reduziert. Daraus resultiert bei der nächsten Bremsung ein Reibepunkt  $R_2$  bei dem Hebelweg  $h_2$ , wobei der Hebelweg  $h_2$  kürzer ist als der Hebelweg  $h_0$ . Hierbei erfolgt schon eine Bremsung (Bremsabschnitt **16c**) vor dem Erreichen des konstruktiven Lüftspiels beim Bremsdruck  $p_0$  und Hebelweg  $h_0$ . Nach weiteren Bremsungen ergibt sich ein Verschleiß, der dann schon am dem Reibepunkt  $R_2$  in der oben beschriebenen Weise nachgestellt wird. Durch dieses dementsprechend vorzeitige Nachstellen wird ein unerwünscht reduziertes Lüftspiel erzeugt.

**[0093]** Ebenso wird der Verschleißsensor **12** beim früheren Kontakt des Schaltgabelfingers **10b** mit dem Abtriebsfinger **8a** (**Fig. 3**, **Fig. 4**) beim Hebelweg  $h_2$  entsprechend früher verschwenkt und ändert den Signalwert  $U_0$  jetzt schon bei dem kürzeren Hebelweg  $h_2$  in einem Signalabschnitt **17'a** auf den nun schon beim Hebelweg  $h_0$  auftretenden Konstantensignalabschnitt **17'b**. Dies ist in **Fig. 5a** mit strich-doppelpunktierten Linien für **17'a** und **17'b** verdeutlicht.

**[0094]** In dem Bremssteuergerät **19** (z.B. ein elektronisches Bremssystem EBS) sind die Bremsdruckwerte  $p_0$ ,  $p_1$ ,  $p_2$  (und natürlich auch andere) verfügbar, die bei dem jeweiligen Hebelwert  $h_0$ ,  $h_1$ ,  $h_2$  in den Bremszylinder eingesteuert worden sind. Dies ergibt sich aus der Druck-Weg-Kennlinie des Bremszylinders, die in dem Bremssteuergerät **19** als Referenzwert oder/und in einer Speichereinheit **21** der Lüftspielüberwachungsvorrichtung **20** (siehe **Fig. 7**) hinterlegt ist. Eine vereinfachte, ähnliche Kennlinie **16** ist in **Fig. 5** gezeigt. Es gibt also jeweils ein Wertepaar  $p/u$  aus Bremsdruck  $p$  und einem Sensor-Ansprechsignal des Sensorsignals **17** des Verschleißsensors **12**. Unter dem Begriff „Sensor-Ansprechsignal“ ist der Signalwert  $U$  des Sensorsignals

**17** des Verschleißsensors **12** einschließlich des zeitlichen Verhaltens des Signalwertes  $U$  zu verstehen. Dies wird im Weiteren erläutert.

**[0095]** Dabei ist für die oben genannten drei Fälle wie folgt zu unterscheiden.

**[0096]** Im ersten Fall, in dem bei Erreichen des Reibepunkts  $R_0$  mit dem Bremsdruck  $p_0$  beim Hebelweg  $h_0$  keine Nachstellung erfolgt, weil das aktuelle Lüftspiel dem nominellen Lüftspiel entspricht, besteht das Wertepaar  $p/u$  aus dem Bremsdruck  $p_0$  und dem zuvor konstanten Signalwert  $U_0$  des Verschleißsensors **12**. Das Sensor-Ansprechsignal ist in diesem Fall der konstante Signalwert  $U_0$ .

**[0097]** Im zweiten Fall ist Verschleiß vorhanden, der aktuelle Reibepunkt  $R_1$  mit dem dazugehörigen Bremsdruck  $p_1$  wird erst nach dem Überbrücken des nominellen Lüftspiels nach Durchlaufen des Bremsdrucks  $p_0$  ohne Durchlaufen des Bremsabschnitts **16a** und ohne starken Anstieg des Bremsdrucks  $p$  erreicht.

**[0098]** Hierbei erfolgt aber eine Nachstellung, die beim Bremsdrucks  $p_0$  mit dem Hebelweg  $h_0$  beginnt und eine Veränderung des Signalwertes  $U$  des Sensorsignals **17** des Verschleißsensors **12** zur Folge hat. In diesem Fall ist diese Veränderung des Signalwertes  $U$  des Sensorsignals **17** das Sensor-Ansprechsignal. Das zugeordnete Wertepaar  $p/u$  weist hier den Bremsdruck  $p_1$  und den Sensor-Ansprechwert  $U > U_0$  auf.

**[0099]** Im dritten Fall mit dem Bremsdruck  $p_2$  im Reibepunkt  $R_2$  beim Hebelweg  $h_2$  ist das nominale Lüftspiel (beim Bremsdruck  $p_0$  im Reibepunkt  $R_0$  beim Hebelweg  $h_0$ ) unterschritten, wobei der Bremsdruck  $p_2$  demzufolge bei Beginn der Veränderung des Signalwertes  $U_0$  des Sensorsignals **17** des Verschleißsensors **12** kleiner als der nominale Bremsdruck  $p_0$  (Anlegedruck) ist. Das zugeordnete Wertepaar  $p/u$  weist hier den Bremsdruck  $p_2$  und den Sensor-Ansprechwert  $U < U_0$  auf.

**[0100]** Durch Vergleich dieser Werte kann festgestellt werden, ob das Sensor-Ansprechsignal des Signalwertes  $U$  des Sensorsignals **17** des Verschleißsensors **12** vor, bei, oder nach dem Erreichen des entsprechenden nominalen Bremsdrucks  $p_0$  als Anlegedruck erscheint.

**[0101]** Diese Differenz zwischen dem nominalen Bremsdruck  $p_0$  (Anlegedruck) und dem aktuellen Bremsdruck  $p$  beim Auftreten des Sensor-Ansprechsignals vor dem Erreichen des nominalen Bremsdrucks  $p_0$  kann als Auslöser für das Setzen eines Warnsignals oder einer anderen Maßnahme zugrunde gelegt werden.

**[0102]** Eine solche Überwachung des Lüftspiels wird mit der Lüftspielüberwachungsvorrichtung **20** vorgenommen. Dazu zeigt **Fig. 7** ein schematisches Blockschaltbild der Lüftspielüberwachungsvorrichtung **20**.

**[0103]** An einem Fahrzeug ist die Lüftspielüberwachungsvorrichtung **20** für jede Radbremse vorgesehen, z.B. bei einem dreiachsigen Nutzfahrzeug für sechs Radbremsen.

**[0104]** Die Lüftspielüberwachungsvorrichtung **20** umfasst in diesem Beispiel die Steuereinrichtung **20a**, den Verschleißsensor **12** und eine Meldeeinheit **26**. Außerdem ist ihr in diesem Ausführungsbeispiel das Bremssteuergerät **19** zugeordnet, mit dem die Steuereinrichtung **20a** verbunden ist. Anstelle des Bremssteuergerätes **19** oder zusätzlich zu diesem können natürlich auch entsprechende Sensoren an der Steuereinrichtung **20a** angeschlossen sein. Diese Sensoren können z.B. ein Bremspedalsensor zur Erfassung einer Bremsung, ein Druck- oder/und Kraftsensor zur Erfassung der Zuspannkraft bzw. des Bremsdrucks  $p$ , ein Hebelwegsensorm oder Bremszylinderkolbenwegsensorm zur Erfassung des Hebelwegs  $h$  sein. Außerdem ist die Kennlinie des Bremszylinders oder/und der Scheibenbremse **1** als Druck-Weg-Kennlinie, wie z.B. die Kennlinie **16** in **Fig. 5**, in dem Bremssteuergerät **19** oder in einer speziellen Speichereinrichtung, z.B. in der Steuereinrichtung **20a** abgelegt.

**[0105]** Als Beispiel für eine Erfassung zusätzlicher Größen, die eventuell zur Auswertung von Messwerten und abgeleiteten Größen von der Steuereinrichtung **20a** herangezogen werden können, ist eine Temperaturerfassung **27** dargestellt. Dies kann z.B. ein Temperatursensor an jeder Radbremse eines zugeordneten Fahrzeugs sein, der mit der Steuereinrichtung **20a** entsprechend verbunden ist.

**[0106]** Die Verbindungen mit der Steuereinrichtung **20a** können elektrische oder optische Übertragungsstrecken sein, natürlich sind auch drahtlose Verbindungen möglich, beispielsweise von jeder Radbremse eines Fahrzeugs zu einer zentralen Meldeeinheit **26**.

**[0107]** Die Steuereinrichtung **20a** umfasst in diesem Beispiel eine Speichereinheit **21**, eine Erkennungseinheit **22**, eine Vergleichseinheit **23**, eine Auswerteeinheit **24** und eine Ausgabereinheit **25**.

**[0108]** Die Speichereinheit **21** dient zur Speicherung u.a. vorher festlegbarer Werte, z.B. Tabellenwerte und/oder Kennlinien des jeweiligen Bremszylinders und Verschleißsensors **12**. Die Druck-Weg-Kennlinie des jeweiligen Bremszylinders kann aber auch in die Speichereinheit **21** durch ein so genanntes selbständiges Lernen eingeschrieben werden. Das kann z.B. bei Neuzustand der Scheibenbremse **1** erfolgen. Gleiches gilt auch für die Kennlinien der Verschleißsensoren **12**. Natürlich können auch weitere Werte als Referenzen, Grenzwerte, usw. in der Speichereinheit **21** abgelegt werden. Die Speichereinheit **21** ist mit der Vergleichseinheit **23** verbunden.

**[0109]** Die Speichereinheit **21** dient auch zur Speicherung der vom Verschleißsensor **12** erfassten Signalwerte, entweder durch eine (nicht gezeigte) direkte Verbindung mit diesem oder z.B. über das Bremssteuergerät **19**.

**[0110]** Die Erkennungseinheit **22** ist mit dem Verschleißsensor **12** verbunden. Sie erfasst den aktuellen Signalwert  $U$  des Sensorsignals **17** des Verschleißsensors **12**. Außerdem ist die Erkennungseinheit **22** an die Vergleichseinheit **23** angeschlossen und stellt der Vergleichseinheit **23** den erfassten Signalwert  $U$  in einer entsprechenden Form, z.B. als Digitalsignal, zur Verfügung.

**[0111]** Die Vergleichseinheit **23** bildet mit aktuellen Bremsdruckwerten  $p$  aus dem Bremssteuergerät **19** bzw. von anderen, nicht gezeigten Sensoren und mit den von der Erkennungseinheit **22** gelieferten aktuellen Signalwerten  $U$  aktuelle Wertepaare  $p/U$ . Diese vergleicht die Vergleichseinheit **23** mit den Tabellenwerten bzw. Kennlinienwerten aus der Speichereinheit **21** oder/und aus dem Bremssteuergerät **19**. Die Vergleichseinheit **23** liefert ihre Vergleichsergebnisse an die Auswerteeinheit **24**, mit der sie verbunden ist.

**[0112]** Die Auswerteeinheit **24** wertet die von der Vergleichseinheit **23** erhaltenen Ergebnisse aus, wobei sie auch auf die Speichereinheit **21** zurückgreift (was nicht dargestellt ist). In Abhängigkeit von der Auswertung aktiviert die Auswerteeinheit **24** die mit ihr verbundene Ausgabereinheit **25**, indem sie ihr Werte, Warnungen, Informationen mit entsprechenden Hinweisen zur Ausgabe übergibt. Außerdem steht die Auswerteeinheit **24** mit einer weiteren Speichereinheit **21a** in Verbindung, in welcher z.B. der aktuelle Signalwert  $U$  temporär oder für weitere Verwendung gespeichert werden kann. Natürlich können auch andere Werte in der Speichereinheit **21a** abgelegt werden oder/und gespeichert sein.

**[0113]** Die Ausgabereinheit **25** bereitet die von der Auswerteeinheit **24** erhaltenen Informationen zur Anzeige bzw. Meldung auf und überträgt diese in geeigneter Form an die Meldeeinheit **26**.

**[0114]** Bei einem Bremsvorgang, der über das Bremssteuergerät **19** oder z.B. durch einen Bremspedalsensor von der Lüftspielüberwachungsvorrichtung **20** erkannt wird, wird die Lüftspielüberwachungsvorrichtung **20** aktiviert.

**[0115]** Die von der Vergleichseinheit **23** gebildeten aktuellen Wertepaare  $p/U$  werden mit den in der Speichereinheit **21** gespeicherten Wertepaaren verglichen. Bei einem Ansteigen des Bremsdrucks  $p$  wird überwacht, ob bis zum Erreichen des nominellen Bremsdrucks  $p_0$  eine Veränderung des konstanten Signalwertes  $U$  des Verschleißsensors **12** auftritt. Wenn dies der Fall ist ( $U > U_0$ ), erfolgt durch die Auswerteeinheit **24** eine Warnung an die Ausgabereinheit **25** zur akustischen, optischen, haptischen oder/und alphanumerischen Meldung durch die Meldeeinheit **26**, dass das nominelle Lüftspiel unterschritten ist.

**[0116]** Wenn der nominelle Bremsdruck  $p_0$  erreicht ist, kein Sensor-Ansprechsignal registriert wird und der Bremsdruck  $p$  gemäß dem Bremsabschnitt **16a** (in der Speichereinheit **21** gespeichert) stark ansteigt, wird davon ausgegangen, dass kein Nachstellen erfolgt und das Lüftspiel korrekt ist.

**[0117]** Wenn der nominelle Bremsdruck  $p_0$  erreicht ist, ein Sensor-Ansprechsignal registriert wird und der Bremsdruck  $p$  nicht stark ansteigt, sondern die gespeicherte Kennlinie **16** weiter durchläuft, wird durch die Auswerteeinheit **24** der Meldeeinheit **25** mitgeteilt, dass eine Nachstellung erfolgt. Dabei kann auch eine Bewertung der Nachstellung derart ausgeführt werden, dass die Nachstellung gering, normal oder groß ist.

**[0118]** Die Überwachung des Lüftspiels in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 1 Fallunterscheidung

Wertepaar p/U	Lüftspiel	Meldung
$p = p_0$ und $U = U_0$	Korrekt	Lüftspiel korrekt
$p > p_0$ und $U > U_0$	Zu groß	Nachstellung
$p < p_0$ und $U < U_0$	Unterschritten	Warnung

**[0119]** Fig. 8 zeigt ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Lüftspielüberwachung mit der oben beschriebenen Lüftspielüberwachungsvorrichtung.

**[0120]** Dabei werden in einem ersten Verfahrensschritt S1 die aktuellen Wertepaare p/U während eines Bremsvorgangs gebildet, wobei eine Erfassung der Signalwerte U erfolgt.

**[0121]** In einem zweiten Verfahrensschritt S2 werden die aktuellen Wertepaare p/U mit den in der Speichereinheit 21 gespeicherten Wertepaaren verglichen.

**[0122]** Und anhand dieser Vergleiche erfolgt in einem dritten Verfahrensschritt S3 eine Auswertung mit möglicher Meldung.

**[0123]** Bei bestimmten Betriebszuständen der Scheibenbremse 1 kann es zweckmäßig sein, ein zu frühes oder unnötiges Warnsignal zu vermeiden. Wenn z.B. das Lüftspiel durch thermische Einflüsse nur vorübergehend verringert ist ( $p < p_0$  und  $U < U_0$ ) und sich nach Abkühlung wieder normalisiert, ist ein Warnung nicht notwendig. Dazu kann die Steuereinrichtung 20a mit einer Temperaturerfassung 27 verbunden sein. Die Temperaturerfassung 27 kann z.B. ein separater Temperatursensor an der Scheibenbremse 1 sein oder ein Temperaturwert, den das Bremssteuergerät 19 liefert.

**[0124]** Entsprechend der Charakteristika von Scheibenbremse 1 und Reibpartnern können verschiedene Strategien bei der Auswertung der Daten (Wertepaare p/U; Temperatur) mittels der Auswerteeinheit 24 entwickelt werden. So kann z.B. das Ausgeben einer Warnung bzw. eines Warnsignals beispielsweise erst nach einer bestimmten Anzahl von Messwerten bzw. Überwachungen (aktuelle Wertepaare p/U) außerhalb der Toleranz festgelegt werden. Auch ein bestimmter Trend der Messwerte in den aktuellen Wertepaaren p/U kann für eine Meldung (positiv, negativ oder neutral) zugrunde gelegt werden.

**[0125]** Während das Erfassen und Auswerten der Wertepaare p/U zu jedem beliebigen Betriebszeitpunkt der Scheibenbremse 1 durch die Lüftspielüberwachungsvorrichtung 20 erfolgen kann, sind natürlich verschiedene Vorgehensweisen möglich. Sowohl der Zeitpunkt als auch die Häufigkeit der Lüftspielüberwachung können in Abhängigkeit vom Fahrzeugtyp bzw. -einsatz festgelegt werden. So kann z.B. die Lüftspielüberwachung im Stillstand des Fahrzeugs (durch Einleiten einer automatischen Zuspannung der Bremse oder durch die Meldeeinheit mit einer Aufforderung an den Fahrer) oder während der Fahrt ausgeführt werden. Eine Lüftspielüberwachung kann auch erst nach einer bestimmten Anzahl von Bremsungen oder kontinuierlich erfolgen.

**[0126]** Die oben beschriebene Zuordnung (Wertepaare p/U) Bremsdruck (Anlegedruck) p und Sensor-Ansprechsignal als Signalwert U des Verschleißsensors 12 kann aus der Druck-Weg—Kennlinie des verwendeten Bremszylinders und den bekannten geometrischen Werten der Scheibenbremse 1 abgeleitet werden. Für die genauere und spezifische Erfassung der entsprechenden Daten einer Fahrzeugbremse (Bremsattel 4 mit Bremszylinder) ist es möglich, z.B. im Neuzustand der Scheibenbremse 1 den Ansprechdruck in das System bzw. die Lüftspielüberwachungsvorrichtung 20 einzulernen. Dabei wird bei kontrolliertem Druckanstieg des Bremsdrucks p im Bremszylinder der Signalwert U des Verschleißsensors 12 überwacht und der Druck p im Ansprechmoment bzw. die gesamte Kennlinie gespeichert.

**[0127]** Weitere Kenngrößen der Scheibenbremse 1, deren Berücksichtigung für die Messgenauigkeit zur Lüftspielüberwachung vorteilhaft ist, können ebenfalls eingelernt und in die Auswertung der Messwerte einbezogen werden. Da der Verschleißsensor 12 üblicherweise über mechanische Übertragungselemente (Zahnräder, Kette o.ä.) bewegt wird, beeinflussen mechanische Spiel die synchrone Bewegung von Bremshebel 8 und Verschleißsensor 12 und damit das Sensorsignal 17. Das Zusammenspiel dieser mechanischen Spiele zwischen Abtriebsfinger 8a des Bremshebels 8 und Verschleißsensor 12 bewirkt eine Hysterese im Spannungsverlauf der Kurve des Sensorsignals 17 bei Zustellung (BremsHub) und Lösen (RückHub). Diese Hysterese kann durch

Messung der Signalwerte U des Sensorsignals **17** bei Be- und Entlüftung des Bremszylinders gemessen, in der Speichereinheit **21** gespeichert und zur Korrektur der Messergebnisse verwendet werden.

**[0128]** Die Lüftspielüberwachungsvorrichtung **20** ist beispielhaft für eine bestimmte Bauart von Scheibenbremsen **1** beschrieben.

**[0129]** Die Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Sie ist im Rahmen der beigefügten Ansprüche modifizierbar.

**[0130]** So ist die Lüftspielüberwachungsvorrichtung **20** auch für andere Bauformen von Nachstelleinrichtung **10**, Antrieb **9** und elektronischer Verschleißsensierung anwendbar, da die funktionalen Grundlagen auch dabei gelten.

**[0131]** Auch die Anwendung bei Trommelbremsen ist möglich, da diese teilweise auch mit elektronischer Verschleißfassung und Steuerung mit einer Bremssteuerung (EBS) ausgerüstet sind und bezüglich des Nachstellprinzips den gleichen Gesetzmäßigkeiten gehorchen.

**[0132]** Es ist denkbar, dass an einem Fahrzeug die für jede Radbremse vorgesehene Lüftspielüberwachungsvorrichtung **20** an einem zentralen Ort am Fahrzeug angeordnet ist, z.B. bei oder in dem gemeinsamen Bremssteuergerät **19**. Die Lüftspielüberwachungsvorrichtungen **20** können dabei auch Bestandteil einer Software des Bremssteuergerätes **19** sein.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Scheibenbremse
<b>2</b>	Bremsscheibe
<b>2a</b>	Bremsscheibenachse
<b>3</b>	Bremsbelag
<b>3a</b>	Bremsbelagträger
<b>4</b>	Bremssattel
<b>5, 5'</b>	Spindeleinheit
<b>5a</b>	Nachstellerachse
<b>5'a</b>	Mitnehmerachse
<b>5b</b>	Nachstellerwelle
<b>5'b</b>	Mitnehmerwelle
<b>6, 6'</b>	Gewindespindel
<b>6a, 6'a</b>	Druckstück
<b>7</b>	Traverse
<b>7a</b>	Rückstellfeder
<b>8</b>	Bremshebel
<b>8a</b>	Abtriebsfinger
<b>8b</b>	Arm
<b>8c</b>	Krafteinleitungsabschnitt
<b>8d</b>	Hebelkörper
<b>8e</b>	Bremshebelachse
<b>9</b>	Antrieb
<b>10</b>	Nachstelleinrichtung
<b>10a</b>	Antriebselement
<b>10b</b>	Schaltgabelfinger
<b>11</b>	Synchroneinrichtung
<b>11a, 11'a</b>	Synchronrad
<b>11b</b>	Synchronmittel
<b>12</b>	Verschleißsensor
<b>13</b>	Steckverbinder
<b>13a</b>	Anschlussleitung
<b>14</b>	Leerweg
<b>15</b>	Lücke
<b>15a, 15b</b>	Schaltgabelwand
<b>16</b>	Kurve
<b>16a–c</b>	Bremsabschnitt

<b>17</b>	Sensorsignal
<b>17a, 17'a</b>	Nachstellsignalabschnitt
<b>17b, 17'b</b>	Konstantsignalabschnitt
<b>18</b>	Sensorkennlinie
<b>19</b>	Bremssteuergerät
<b>20</b>	Lüftspielüberwachungsvorrichtung
<b>20a</b>	Steuereinrichtung
<b>21, 21a</b>	Speichereinheit
<b>22</b>	Erkennungseinheit
<b>23</b>	Vergleichseinheit
<b>24</b>	Auswerteeinheit
<b>25</b>	Ausgabeeinheit
<b>26</b>	Meldeinheit
<b>27</b>	Temperaturerfassung
<b>GV, GV<sub>a</sub></b>	Gesamtverschleiß
<b>h, h<sub>0</sub>, h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub></b>	Hebelweg
<b>hl</b>	Lösen
<b>hz</b>	Zuspannen
<b>nl, nz</b>	Verschwenkung
<b>p, p<sub>0</sub>, p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub></b>	Bremsdruck
<b>R<sub>0</sub>, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub></b>	Reibepunkt
<b>S1–S3</b>	Verfahrensschritt
<b>U, U<sub>0</sub>, U<sub>1</sub>, U<sub>a</sub>–U<sub>c</sub></b>	Signalwert

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 19731696 A1 [0005]
- DE 199933962 C2 [0007]
- DE 19729024 C1 [0057, 0062]
- DE 102004037771 A1 [0059, 0059, 0065]

### Patentansprüche

1. Scheibenbremse (1), insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einer Zuspannvorrichtung, insbesondere mit einem Bremshebel (8), einer Nachstelleinrichtung (10), die mit der Zuspannvorrichtung, insbesondere mit dem Bremshebel (8), zur Nachstellung eines Verschleißes von Bremsbelägen (3) und Bremsscheibe (2) gekoppelt ist, einem Verschleißsensor (12) zur Erfassung eines Verschleißwertes von Bremsbelägen (3) und Bremsscheibe (2), und einem Bremssteuergerät (19), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Scheibenbremse (1) eine Lüftspielüberwachungsvorrichtung (20) mit einer Steuereinrichtung (20a) aufweist, welche mit dem Verschleißsensor (12) und dem Bremssteuergerät (19) in Verbindung steht.
2. Scheibenbremse (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (20a) der Lüftspielüberwachungsvorrichtung (20) zur Erfassung eines aktuellen Signalwertes (U) des Verschleißsensors (12) mit einer Erkennungseinheit (22) ausgebildet ist.
3. Scheibenbremse (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erkennungseinheit (22) zur Erfassung einer zeitlichen Veränderung des aktuellen Signalwertes (U) des Verschleißsensors (12) ausgebildet ist.
4. Scheibenbremse (1) nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (20a) der Lüftspielüberwachungsvorrichtung (20) zur Bildung von aktuellen Wertepaaren (p/U) aus aktuellen Bremsdruckwerten (p) und erfassten aktuellen Signalwerten (U) des Verschleißsensors (12) und zum Vergleich der aktuellen Wertepaare (p/U) mit gespeicherten Referenzwerten mit einer Vergleichseinheit (23) versehen ist.
5. Scheibenbremse (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die aktuellen Bremsdruckwerte (p) aus dem Bremssteuergerät (19) stammen oder/und Ausgangswerte mindestens eines anderen Sensors sind.
6. Scheibenbremse (1) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gespeicherten Referenzwerte in dem Bremssteuergerät (19) gespeichert sind.
7. Scheibenbremse (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gespeicherten Referenzwerte in einer Speichereinheit (21a) der Steuereinrichtung (20a) gespeichert sind.
8. Scheibenbremse (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (20a) der Lüftspielüberwachungsvorrichtung (20) eine Auswerteeinheit (24) zur Auswertung der Ergebnisse der Vergleichseinheit (23) aufweist.
9. Scheibenbremse (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lüftspielüberwachungsvorrichtung (20) weiterhin eine Meldeeinheit (26) umfasst, welche anhand der Auswertung der Auswerteeinheit (24) Meldungen zum Stand der Lüftspielüberwachung akustisch, visuell, haptisch oder/und alphanumerisch meldet.
10. Scheibenbremse (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lüftspielüberwachungsvorrichtung (20) weiterhin mindestens eine Temperaturerfassung (27) aufweist.
11. Scheibenbremse (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (20a) der Lüftspielüberwachungsvorrichtung (20) Bestandteil des Bremssteuergerätes (19) ist.
12. Verfahren Überwachen eines Lüftspiels einer Scheibenbremse (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte  
(S1) Bilden von aktuellen Wertepaaren (p/U) aus aktuellen Bremsdruckwerten (p) und erfassten aktuellen Signalwerten (U) des Verschleißsensors (12) während eines Bremsvorgangs;  
(S2) Vergleichen der gebildeten aktuellen Wertepaare (p/U) mit vorher gespeicherten Referenzwerten; und  
(S3) Auswerten des Vergleichens und Ausgeben von Meldungen zum Überwachen des Lüftspiels.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Verfahrensschritt (S1) Bilden von aktuellen Wertepaaren (p/U) die aktuellen Bremsdruckwerte (p) von dem Bremssteuergerät (19) oder/und einem zusätzlichen Sensor geliefert werden.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Verfahrensschritt (S3) Auswerten ein vorher festlegbares, nominelles Lüftspiel ohne Nachstellung festgestellt wird, wenn ein aktuelles Wertepaar ( $p/U$ ) einem gespeicherten Wertepaar ( $p_0/U_0$ ), das einem korrekten Lüftspiel zugeordnet ist, entspricht, und das darauf folgende Wertepaar ( $p/U$ ) keine Veränderung des erfassten aktuellen Signalwertes ( $U$ ) des Verschleißsensors (**12**), jedoch einen starken Anstieg des Bremsdrucks ( $p$ ) aufweist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Verfahrensschritt (S3) Auswerten ein vorher festlegbares, nominelles und aufgrund von Verschleiß vergrößertes Lüftspiel mit Nachstellung festgestellt wird, wenn ein aktuelles Wertepaar ( $p/U$ ) einem gespeicherten Wertepaar ( $p_0/U_0$ ), das einem korrekten Lüftspiel zugeordnet ist, entspricht, und das darauf folgende Wertepaar ( $p/U$ ) eine Veränderung des erfassten aktuellen Signalwertes ( $U$ ) des Verschleißsensors (**12**), jedoch keinen starken Anstieg des Bremsdrucks ( $p$ ) aufweist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Verfahrensschritt (S3) Auswerten ein vorher festlegbares, nominelles Lüftspiel als unterschritten festgestellt wird, wenn der Bremsdruck ( $p_2$ ) eines aktuellen Wertepaars ( $p/U$ ) kleiner als der Bremsdruck ( $p_0$ ) ist, der einem vorher festlegbaren, korrekten Lüftspiel zugeordnet ist, und das darauf folgende Wertepaar ( $p/U$ ) keine Veränderung des erfassten aktuellen Signalwertes ( $U$ ) des Verschleißsensors (**12**), jedoch einen starken Anstieg des Bremsdrucks ( $p$ ) oder eine Veränderung des erfassten aktuellen Signalwertes ( $U$ ) des Verschleißsensors (**12**), jedoch keinen starken Anstieg des Bremsdrucks ( $p$ ) aufweist.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Verfahrensschritt (S3) Auswerten thermische Einflüsse mittels einer Temperaturerfassung (**27**) miteinbezogen werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Verfahrensschritt (S3) Auswerten ein Ausgeben einer Warnung bzw. eines Warnsignals erst nach einer bestimmten Anzahl von Bremsungen erfolgt.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Referenzwerte durch Einlernen in das Bremssteuergerät (**19**) oder/und die Speichereinheit (**21**) vorher gespeichert werden.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Reibepunkt ( $R_0$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ) festgestellt wird, indem die aktuellen Wertepaare ( $p/U$ ) mit gespeicherten Wertepaaren verglichen werden, wenn ein aktuelles Wertepaar ( $p/U$ ) der aktuellen Wertepaare ( $p/U$ ), die mit gespeicherten Wertepaaren verglichen werden, einen starken Anstieg des Bremsdrucks ( $p$ ) aufweist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

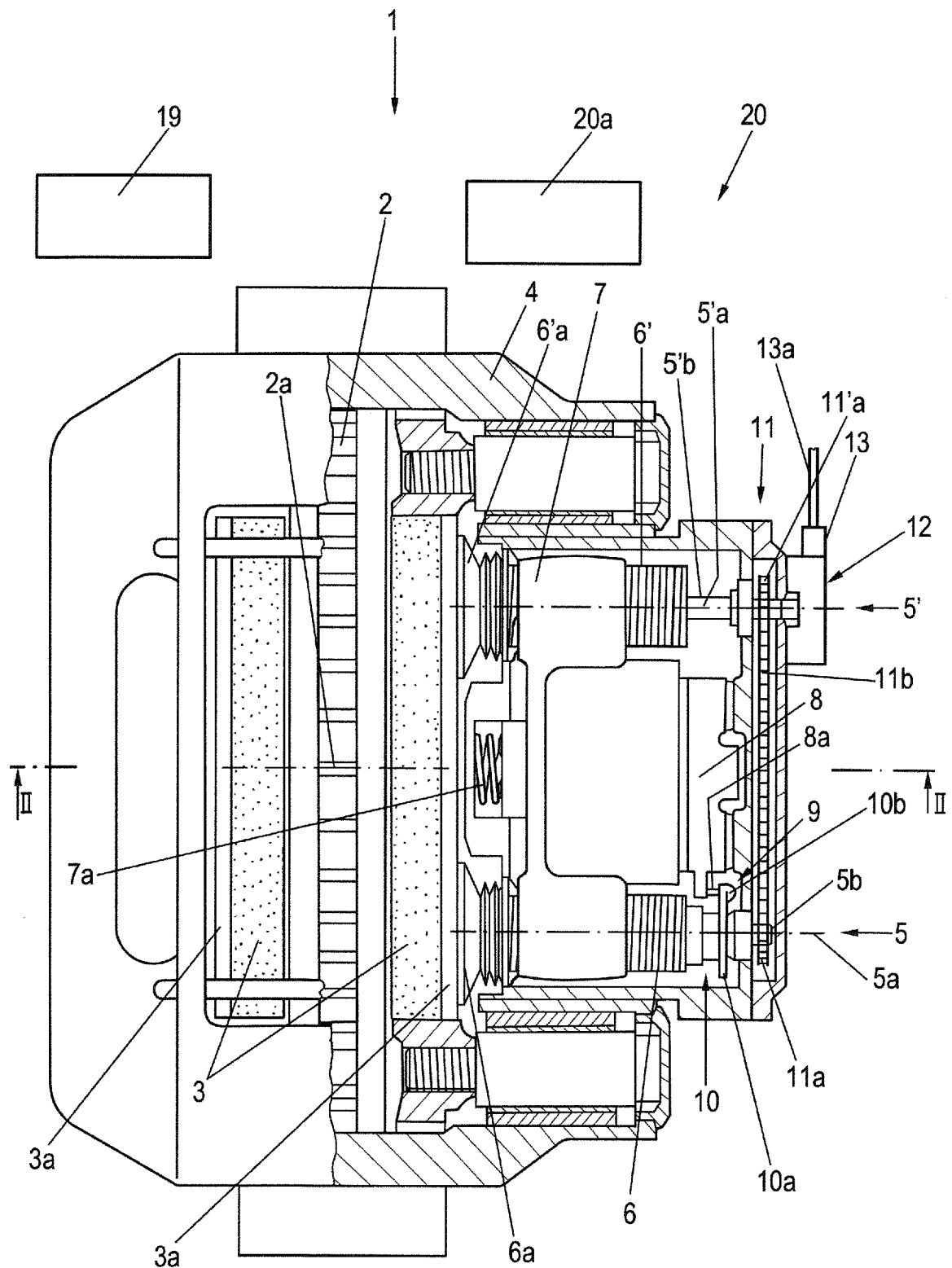


Fig. 1

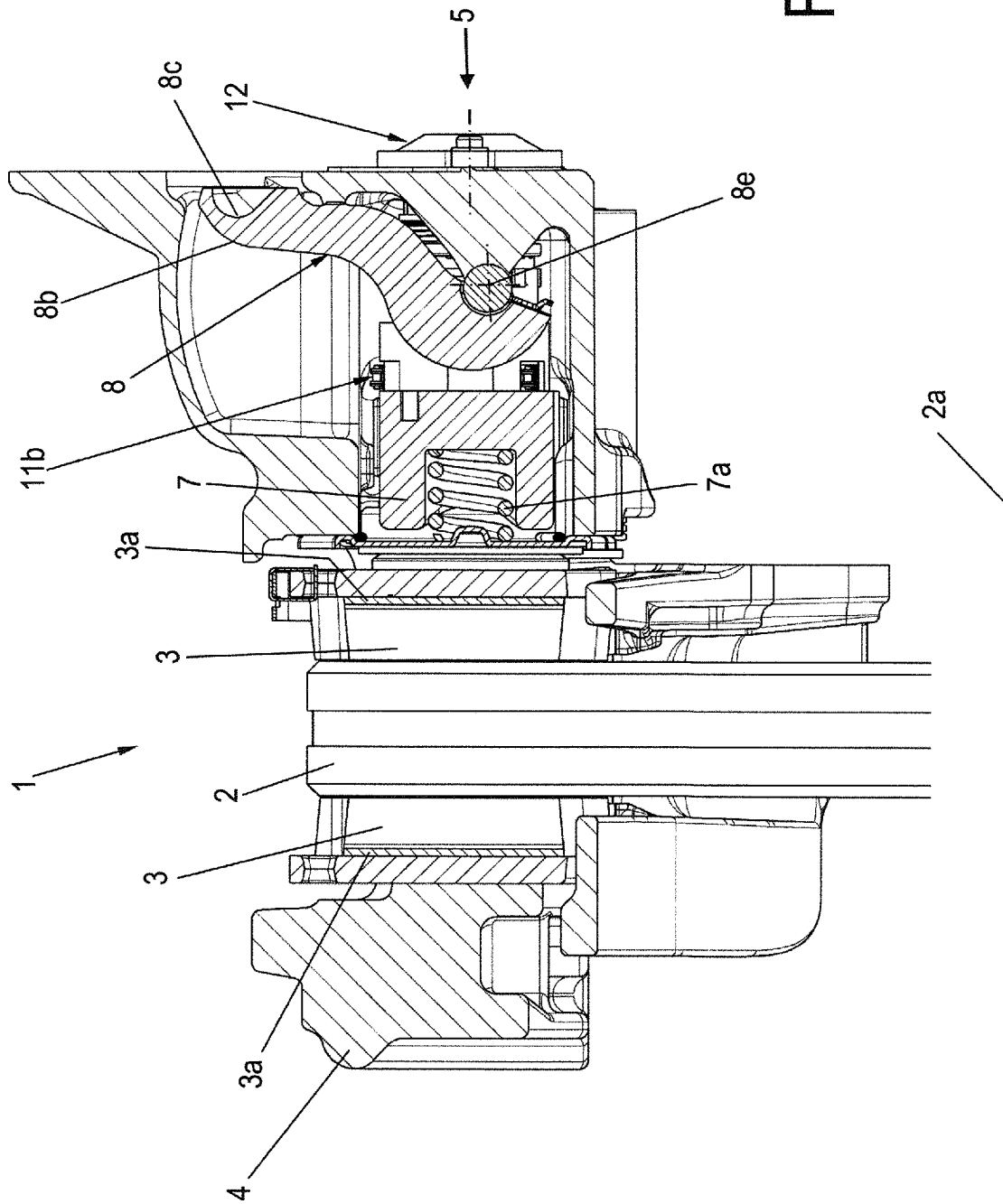
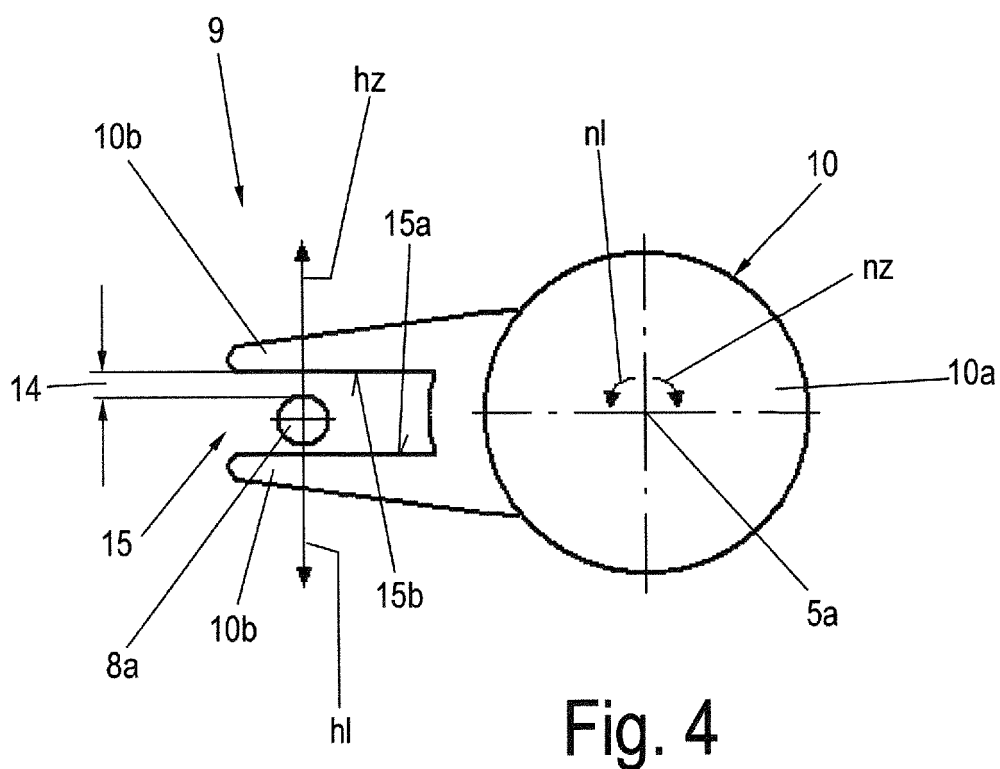
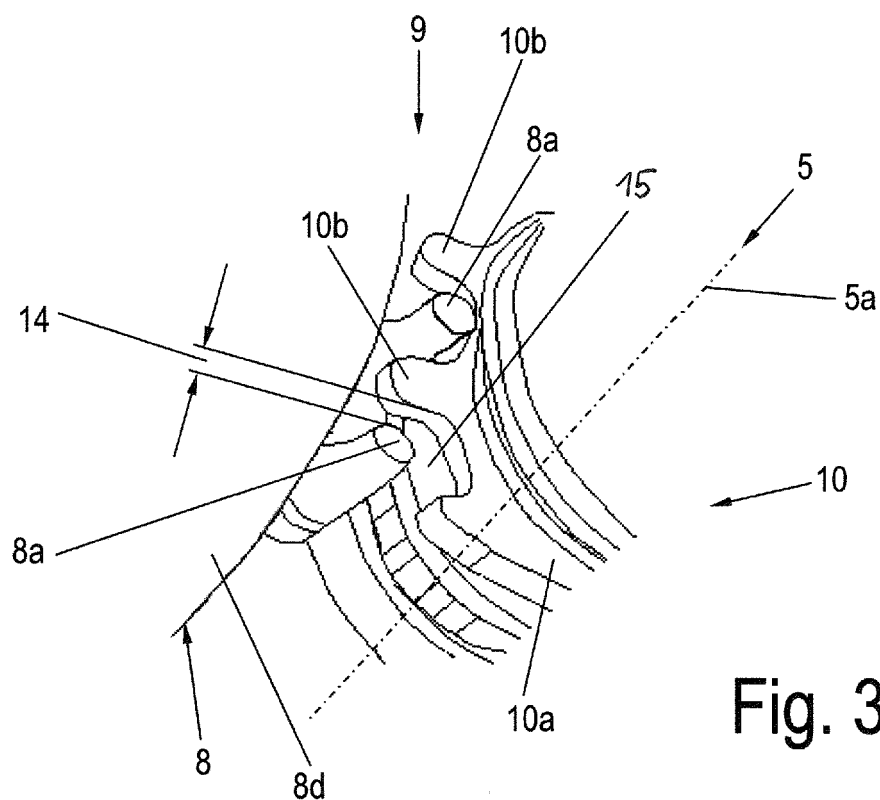


Fig. 2



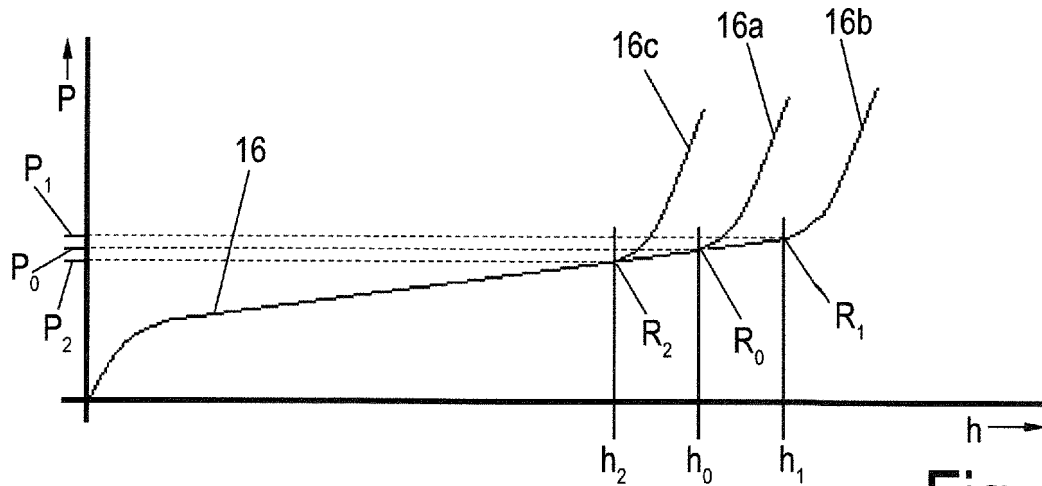


Fig. 5

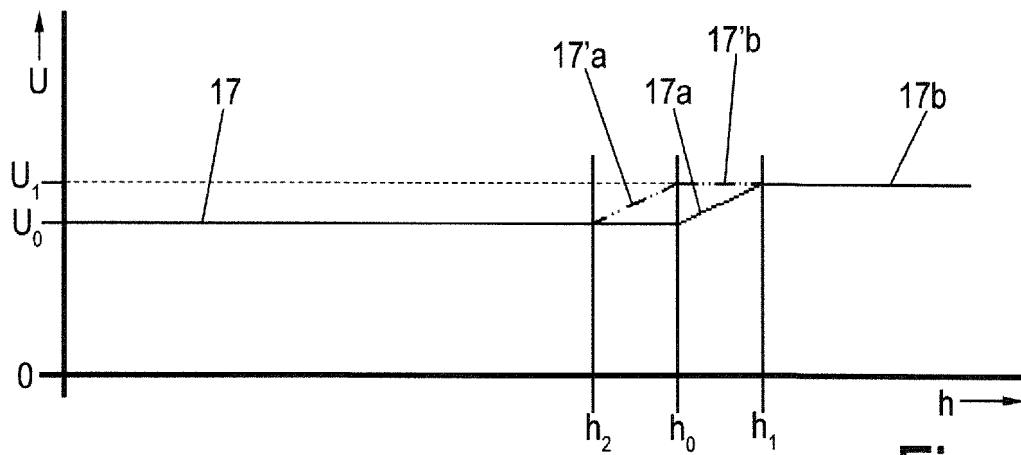


Fig. 5a

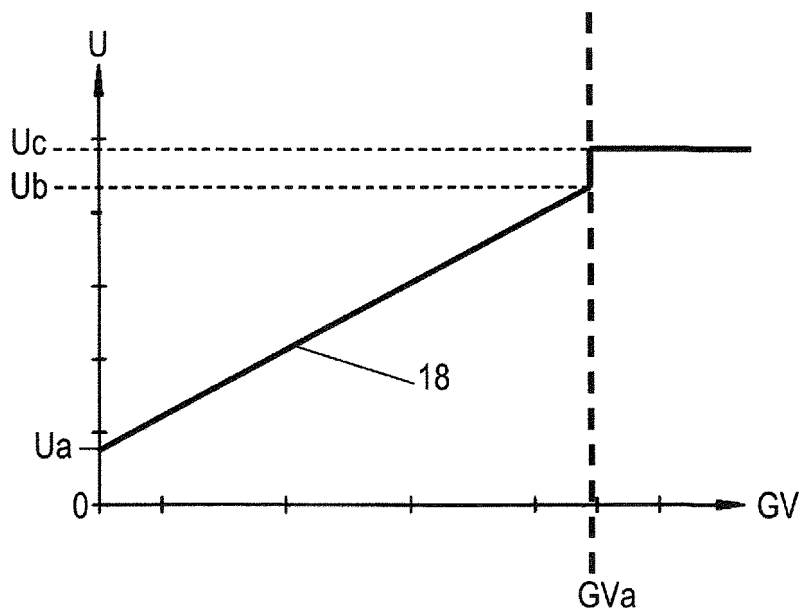


Fig. 6

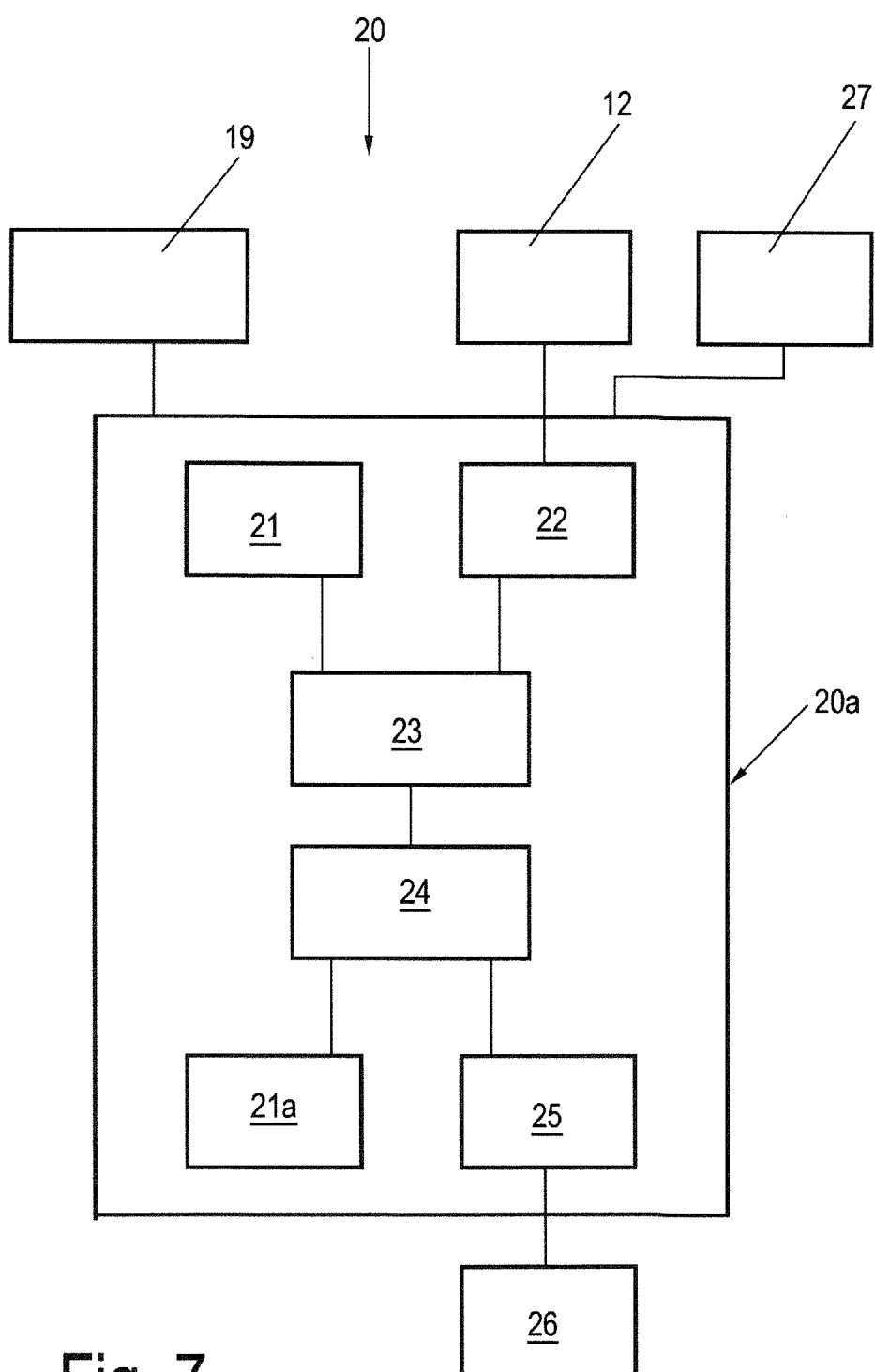


Fig. 7

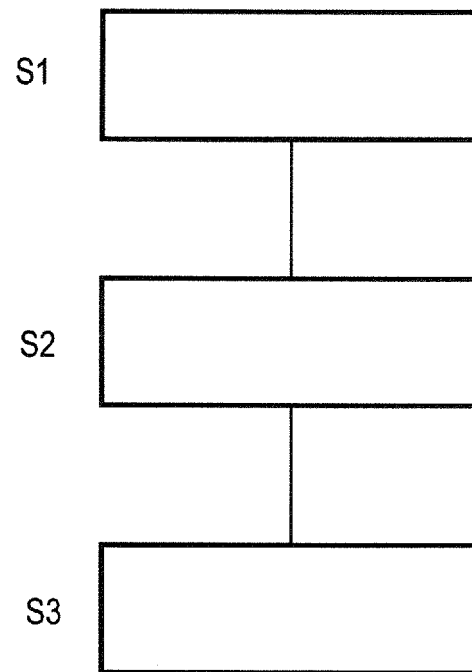


Fig. 8