



(10) **DE 10 2011 016 126 A1** 2012.10.11

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 016 126.0**

(22) Anmeldetag: **05.04.2011**

(43) Offenlegungstag: **11.10.2012**

(51) Int Cl.: **B60T 17/22 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Lucas Automotive GmbH, 56070, Koblenz, DE**

(74) Vertreter:

**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und  
Rechtsanwälte, 81541, München, DE**

(72) Erfinder:

**Ohlig, Benedikt, 56179, Vallendar, DE**

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

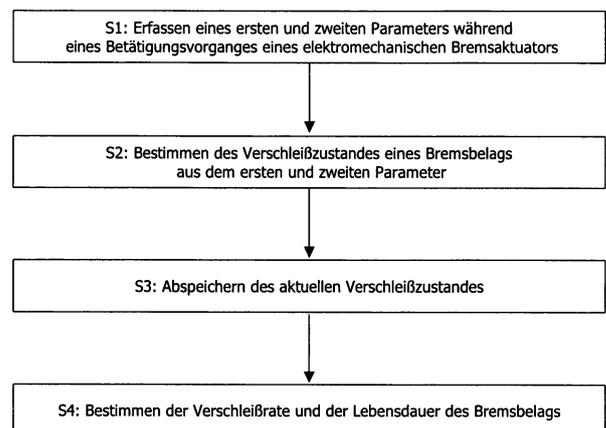
<b>DE</b>	<b>196 25 400</b>	<b>C1</b>
<b>DE</b>	<b>100 05 758</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>197 03 838</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>197 47 527</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>198 26 053</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2006 029 699</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2009 005 470</b>	<b>A1</b>

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

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

(54) Bezeichnung: **Technik zum Bestimmen des Verschleißzustands eines Bremsbelags**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Technik zum Bestimmen des Verschleißzustands eines Bremsbelags an einer Radbremse einer Kraftfahrzeugsbremsanlage beschrieben, wobei die Radbremse einen elektromechanischen Bremsaktor besitzt. Die Technik umfasst das Erfassen eines ersten Parameters, der auf einen Betätigungsweg hinweist, den ein translatorisch bewegliches Betätigungsglied des Bremsaktors während eines Betätigungsvorgangs zurücklegt, das Erfassen eines zweiten Parameters, der auf eine durch den Betätigungsvorgang auf die Radbremse ausgeübte Betätigungskraft hinweist, und das Bestimmen des Verschleißzustands aus dem ersten und zweiten Parameter.



**Beschreibung****Kurzer Abriss**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft die Bestimmung des Verschleißzustands eines Bremsbelags einer Radbremse einer Kraftfahrzeugbremsanlage. Die Erfindung betrifft ferner eine entsprechende Vorrichtung hierzu.

## Stand der Technik

**[0002]** In einer Radbremse wird durch Reibung zwischen einer Bremsscheibe oder einer Bremstrommel und einem damit in Reibkontakt stehenden Bremsbelag Bewegungsenergie abgebaut. Durch die Reibung sind die in Reibkontakt stehenden Komponenten der Radbremse einem ständigen Verschleiß unterworfen. Dies gilt insbesondere für den Bremsbelag, welcher zur Verstärkung des Reibkontakts aus speziellen Reibmittel umfassenden Materialien besteht.

**[0003]** Die Bremsfähigkeit der Radbremse hängt wesentlich vom Verschleißzustand des Bremsbelags ab. Um einen Fahrer frühzeitig auf eine Verminderung der Bremsfähigkeit aufmerksam zu machen, werden im Allgemeinen Bremsbelagverschleißsensoren eingesetzt. Diese überwachen die Dicke des Bremsbelags und signalisieren einem Fahrer, ob die Dicke des Bremsbelags eine für die Bremsfähigkeit kritische Minimaldicke unterschreitet.

**[0004]** Solche Bremsverschleißsensoren können dabei auf unterschiedliche Weise realisiert sein. Bekannt ist beispielsweise das Anbringen eines oder mehrerer elektrischer Leiter im Bremsbelag, welche durch Abtragung des Bremsbelags freigelegt werden und durch Berührung mit der Bremsscheibe einen Massekontakt erzeugen. Bei Eintreten des Massekontakts wird dann ein Warnsignal für den Fahrer ausgegeben. Bekannt ist auch die Realisierung eines Verschleißsensors in Form eines elektrischen Widerstands, wobei der Widerstandswert proportional zur Belagdicke ist.

**[0005]** Der Nachteil solcher Verschleißsensoren liegt in der teilweise aufwändigen Realisierung (bedingt durch die spezielle Materialwahl für die Sensoren, welche den hohen Betriebstemperaturen der Bremsbeläge standhalten müssen) und in der wenig präzisen Aussage über den Verschleißzustand des Bremsbelags. Beispielsweise kann die aktuelle Verschleißrate und ihre Auswirkung auf die Lebensdauer des Bremsbelags durch die oben genannten Sensoren nicht oder nur unzureichend ermittelt werden.

**[0006]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen des Verschleißzustands eines Bremsbelags an einer Radbremse bereit zu stellen, welche die oben genannten Probleme und Nachteile beseitigen.

**[0007]** Hierfür wird ein Verfahren zum Bestimmen des Verschleißzustands eines Bremsbelags an einer Radbremse einer Kraftfahrzeugbremsanlage bereitgestellt, wobei die Radbremse einen elektromechanischen Bremsaktuator besitzt und wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: Erfassen eines ersten Parameters, der auf einen Betätigungsweg hinweist, den ein translatorisch bewegliches Betätigungsglied des Bremsaktuators während eines Betätigungsvorgangs zurücklegt; Erfassen eines zweiten Parameters, der auf eine durch den Betätigungsvorgang auf die Radbremse ausgeübte Betätigungskraft hinweist; und Bestimmen des Verschleißzustands aus dem ersten und zweiten Parameter.

**[0008]** Der elektromechanischen Bremsaktuator der Radbremse kann dabei eingesetzt werden, um eine elektromechanische Feststellbremse und/oder eine Berganfahrhilfe zu realisieren. Dementsprechend liegt eine Betätigung der Radbremse durch den elektromechanischen Bremsaktuator immer dann vor, wenn die Feststellbremsfunktion und/oder Berganfahrhilfefunktion benutzt werden/wird. Der elektromechanische Bremsaktuator kann aber auch zur Realisierung einer „brake-by-wire“-Bremsen eingesetzt sein. In diesem Fall wird die Radbremse mit Hilfe des elektromechanischen Bremsaktuators auch bei jedem Betriebsbremsvorgang betätigt.

**[0009]** Der Verschleißzustand kann aus der Steifigkeit der Radbremse durch Quotientenbildung auf der Grundlage des ersten und zweiten Parameters bestimmt werden. Die Steifigkeit ist hierbei ein Maß für den mechanischen Verformungswiderstand der Radbremse gegenüber einer von außen einwirkenden Kraft.

**[0010]** Bei Betätigung der Radbremse mit Hilfe des elektromechanischen Bremsaktuators wird über das Betätigungsglied eine Betätigungskraft auf die Radbremse ausgeübt. Die Betätigungskraft kann dabei von der Steifigkeit der einzelnen Komponenten der Bremsanlage abhängen. Da die Bremsscheibe bzw. Bremstrommel und das Betätigungsglied wesentlich steifer als der Bremsbelag sind, wird die Bremsensteifigkeit im Wesentlichen durch den Bremsbelag bestimmt. Die Steifigkeit des Bremsbelags hängt dabei von der Dicke des Bremsbelags ab, so dass über die Steifigkeit die Dicke bzw. der Verschleißzustand des Bremsbelags bestimmt werden kann.

**[0011]** Zum Bestimmen des Verschleißzustands können während eines Betätigungsvorgangs jeweils wenigstens zwei Messwerte für den ersten Parameter und den zweiten Parameter erfasst werden. Der erste und zweite Parameter werden dann jeweils aus der Differenz zweier aufeinanderfolgender Messwerte bestimmt. Somit ist das Verfahren selbst kalibrierend, d. h., es sind keine vorgegebenen Referenzwerte bzw. Offset-Werte notwendig, um den auf den Betätigungsweg hinweisenden ersten Parameter und den auf die Betätigungskraft hinweisenden zweiten Parameter zu bestimmen.

**[0012]** Das Erfassen der Messwerte für den ersten und zweiten Parameter kann während eines Betätigungsvorgangs in einer vorgegebenen zeitlichen Abfolge erfolgen, welche der Betätigungsgeschwindigkeit angepasst sein kann. Alternativ hierzu können während des Betätigungsvorgangs mehrere Messwerte für den ersten und zweiten Parameter in Abhängigkeit der Zunahme der ausgeübten Betätigungskraft oder in Abhängigkeit des zurückgelegten Betätigungsweges erfasst werden. Beispielsweise können Messwerte für beide Parameter immer dann erfasst werden, wenn sich die Betätigungskraft gegenüber einem zuletzt erfassten Messwert um einen vorgegebenen Kraftbetrag geändert hat.

**[0013]** Die Messwerte für den ersten und zweiten Parameter können im Wesentlichen zeitgleich erfasst werden. Auf diese Weise kann eine eindeutige Zuordnung zwischen einer Wegänderung des Betätigungsgliedes und einer damit verbundenen Betätigungskraftänderung an der Radbremse erhalten werden.

**[0014]** Das Bestimmen des Verschleißzustands anhand der Messwerte des ersten und zweiten Parameters kann oberhalb eines vorgegebenen Betätigungskraftschwellenwertes erfolgen. Auf diese Weise kann der Verschleißzustand des Bremsbelags bei jedem Betätigungsvorgang unter genau den selben Betätigungskraftverhältnissen neu bestimmt werden.

**[0015]** Ferner können temperaturbedingte Änderungen der Steifigkeit der Radbremse kompensiert werden. Dies kann dadurch erfolgen, dass der Temperatureinfluss auf die Steifigkeit des Bremsbelags mittels eines Temperatur-Modells korrigiert wird.

**[0016]** Der Verschleißzustand der Radbremse kann während eines jeden Betätigungsvorgangs (beispielsweise beim Aktivieren der Feststellbremsfunktion oder Berganfahrhilfefunktion) ermittelt werden. Der Verschleißzustand kann ferner für jeden Betätigungsvorgang abgespeichert und mit früheren Verschleißzuständen verglichen werden. Auf diese Weise können aktuelle Verschleißraten (z. B. Verschleiß pro Wegeinheit) und/oder die Lebensdauer der Bremsbeläge bestimmt werden.

**[0017]** Der auf den Betätigungsweg hinweisende erste Parameter kann durch Erfassen der Motordrehzahl eines Antriebsmotors des elektromechanischen Bremsaktuators bestimmt werden. Hierbei kann ein Ripple Counter-Verfahren eingesetzt werden, bei dem kommutierungsbedingte Ripple im Motorstromsignal ausgewertet werden (beispielsweise durch Zählen der Ripple). Alternativ hierzu kann ein Drehwinkelsensor verwendet werden, um den bei der Drehbewegung des Antriebsmotors zurückgelegten Winkelbereich zu bestimmen. In einer weiteren Ausführungsform kann der durch das Betätigungsglied zurückgelegte Weg mittels eines Wegsensors direkt erfasst werden.

**[0018]** Der auf die Betätigungskraft hinweisende zweite Parameter kann durch Erfassen des Motorstroms des Antriebsmotors bestimmt werden. Die während einer Betätigung des elektromechanischen Bremsaktuators erfasste Stromaufnahme des Antriebsmotors kann somit als Maß für die erzeugte Betätigungskraft herangezogen werden. Alternativ hierzu kann die Betätigungskraft oder der Betätigungsdruck mittels eines Kraftsensors (kapazitiv, resistiv, piezoelektrisch, usw.) oder anderweitig bestimmt werden.

**[0019]** Die Erfindung sieht ferner ein Computerprogrammprodukt mit Programmcode zum Durchführen des hier beschriebenen Verfahrens vor, wenn das Computerprogrammprodukt auf einer Computereinrichtung ausgeführt wird. Das Computerprogrammprodukt kann hierfür auf einem computerlesbaren Aufzeichnungsmedium (z. B. eine Speicherkarte oder einem Festspeicher) abgespeichert sein.

**[0020]** Ferner sieht die Erfindung eine Vorrichtung zur Bestimmung des Verschleißzustands eines Bremsbelags an einer Radbremse einer Kraftfahrzeugbremse vor, wobei die Radbremse einen elektromechanischen Bremsaktor besitzt und wobei die Vorrichtung Folgendes umfasst: eine Einrichtung zum Erfassen eines ersten Parameters, der auf einen Betätigungsweg hinweist, den ein translatorisch bewegliches Betätigungsglied des Bremsaktuators während eines Betätigungsvorgangs zurücklegt; eine Einrichtung zum Erfassen eines zweiten Parameters, der auf eine durch den Betätigungsvorgang auf die Radbremse ausgeübte Betätigungskraft hinweist; und eine Einrichtung zum Bestimmen des Verschleißzustands aus dem ersten und zweiten Parameter.

**[0021]** Gemäß einer Ausführung kann die Vorrichtung zusätzlich eine Einrichtung zum Abspeichern des bestimmten Verschleißzustands und eine Einrichtung zum Vergleichen der abgespeicherten Verschleißzustände umfassen.

**[0022]** Ferner sieht die Erfindung eine Kraftfahrzeugbremsanlage vor, welche eine Radbremse mit einem elektromechanischen Bremsaktor und die oben beschriebene Vorrichtung umfasst.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0023]** Weitere Einzelheiten, Aspekte und Vorteile der hier beschriebenen Erfindung ergeben sich aus den Ausführungsbeispielen und den nachfolgenden Zeichnungen. Es zeigen:

**[0024]** [Fig. 1](#) einen Querschnitt einer Kraftfahrzeugbremsanlage gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0025]** [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung der Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

**[0026]** [Fig. 3](#) ein Verfahren gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

**[0027]** [Fig. 4a/b](#) ein Weg-Druck-Diagramm für ein Betätigungsglied der Kraftfahrzeugbremsanlage mit und ohne Bremsbelag gemäß [Fig. 1](#).

#### Detaillierte Beschreibung

**[0028]** [Fig. 1](#) zeigt einen Querschnitt einer Radbremse **10** einer Fahrzeugbremsanlage gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Radbremse **10** umfasst einen elektromechanischen Bremsaktor **2** und einen U-förmigen Bremssattel **4** zur Aufnahme einer Brems Scheibe. Die Brems Scheibe ist in [Fig. 1](#) nicht dargestellt. Der Bremssattel **4** besitzt einen Shim **6** und eine erste und zweite Rückenplatte **8a**, **8b** zur jeweiligen Aufnahme eines Bremsbelags **9a**, **9b**. Die Bremsbeläge **9a**, **9b** stehen bei Betätigung der Radbremse **10** mit der Brems Scheibe in Reibkontakt.

**[0029]** Der Bremssattel **4** ist über die erste Rückenplatte **8a** mit einem Hydraulikkolben **28** mechanisch gekoppelt, welcher bei Betätigung der Radbremse axial in Richtung der ersten Rückenplatte **8a** bewegt wird, um so den an der ersten Rückenplatte **8a** angeordneten Bremsbelag **9a** gegen die Brems Scheibe zu drücken. Bei einem Betriebsbremsvorgang wird der Hydraulikkolben **28** hydraulisch durch einen in der Fahrzeugbremsanlage erzeugten Hydraulikdruck bewegt, während bei einem Feststellbremsvorgang oder bei Aktivierung der Berganfahrhilfefunktion der Hydraulikkolben mechanisch mit Hilfe eines Betätigungsgliedes **22** des elektromechanischen Bremsaktors **2** bewegt wird.

**[0030]** Der elektromechanische Bremsaktor **2** umfasst einen Antriebsmotor **14** zur Erzeugung eines Drehmoments, eine mit einer Antriebswelle **16**

des Antriebsmotors **14** gekoppelte Getriebeeinheit **18**, einen der Getriebeeinheit **18** nachgeschalteten abtriebsseitigen Zapfen **20** und das mit dem Abtriebszapfen **20** gekoppelte Betätigungsglied **22**.

**[0031]** Die dem Antriebsmotor **14** nachgeschaltete Getriebeeinheit **18** ist als mehrstufiges Untersetzungsgetriebe ausgestaltet, um eine hohe Untersetzung und damit eine hohe Betätigungskraft an der Radbremse **10** zu erzeugen. In der vorliegenden Ausführungsform umfasst die Getriebeeinheit **18** ein zweistufiges Planetengetriebe **19** zur Übertragung des erzeugten Drehmoments auf den abtriebsseitigen Zapfen **20**. Der Zapfen **20** überträgt die Drehbewegung an das Betätigungsglied **22**, welches als Spindelgetriebe mit einer Spindel **24** und einem Spindelschlitten **26** ausgebildet ist. Das Spindelgetriebe **22** wandelt in bekannter Weise die am Zapfen **20** abgegebene Drehbewegung in eine Linearbewegung um, wobei der Spindelschlitten **26** translatorisch in Richtung des Bremssattels **4** bewegt wird.

**[0032]** Die translatorische Bewegung des Spindelschlittens **26** wird über den Hydraulikkolben **28** auf die erste Rückenplatte **8a** übertragen. Ferner wird die Bewegung des Spindelschlittens **26** über eine Umlenkrichtung **12** auf die zweite Rückenplatte **8b** übertragen. Auf diese Weise wird durch das Betätigungsglied **22** an der Brems Scheibe eine Zuspannkraft oder ein Zuspandruck erzeugt, welche(r) einerseits vom zurückgelegten Weg des Betätigungsgliedes **22** und andererseits von einer Steifigkeit der Radbremse **10** abhängt.

**[0033]** Die Steifigkeit, welche den Verformungswiderstand (Stauchungswiderstand) der Radbremse **10** bei Anlegen einer Betätigungskraft beschreibt, hängt von den einzelnen Komponenten der Radbremse **10**, d. h. von der Steifigkeit der Brems Scheibe, des Bremsbelags **9a**, **9b**, der Rückenplatte **8a**, **8b**, des Gehäuses und des Betätigungsgliedes **20** ab. Da das als Metallteil ausgeführte Betätigungsglied **20**, Rückenplatte **8a**, **8b**, Brems Scheibe und Gehäuse wesentlich steifer als der Bremsbelag **9a**, **9b** ist, wird die Steifigkeit im Wesentlichen durch die Steifigkeit des Bremsbelags **9a**, **9b** bestimmt.

**[0034]** Mit Bezug auf [Fig. 2](#) wird nun eine Vorrichtung **100** zum Bestimmen des Verschleißzustands eines Bremsbelags **9a**, **9b** gemäß einem Ausführungsbeispiel erklärt.

**[0035]** Die Vorrichtung **100** umfasst einen ersten Sensor **102**, einen zweiten Sensor **104**, eine Ausleseeinheit **106**, eine Bestimmungseinheit **108**, eine Vergleichseinheit **110**, eine Speichereinheit **112** und eine Prozesseinheit **114**. Die Prozesseinheit **114** steuert hierbei die Abläufe zwischen den Einheiten **106**, **108** und **110** untereinander sowie den Datentransfer zwischen diesen und der Speichereinheit

**112.** Die Ausleseeinheit **106**, die Bestimmungseinheit **108**, und die Vergleichseinheit **110** können anstelle von eigenständigen Einheiten auch Teil der Prozesseinheit **114** sein.

**[0036]** Der erste Sensor **102** ist dazu ausgebildet, den Betätigungsweg zu erfassen, welchen der Spindelschlitten **26** des Spindelgetriebes **20** während einer Betätigung des elektromechanischen Bremsaktuators **2** zurücklegt. Der erste Sensor **102** ist hierbei als Ripple Detektor ausgebildet, welcher die Ripple im Motorstromsignal des Antriebsmotors **14** detektiert. Die Ripple-Zahl ist bekanntermaßen ein Maß für den zurückgelegten Betätigungsweg. Alternativ hierzu kann der Betätigungsweg durch Bestimmung des Motordrehwinkels mittels eines optionalen Motordrehzahlsensor **102a** bestimmt werden. Die Translationsbewegung des Betätigungsglieds **22** folgt dabei aus dem bestimmten Drehwinkel und der bekannten Untersetzung des Getriebes **18** des elektromechanischen Bremsaktuators **2**. Denkbar ist aber auch eine direkte Messung des Betätigungsweges mittels eines Wegsensors **102b**.

**[0037]** Der zweite Sensor **104** ist dazu ausgebildet, eine Betätigungskraft (d. h. eine Zuspanskraft) an der Bremsscheibe zu erfassen, welche während des Betätigungsvorgangs durch die Verschiebung der Bremsbeläge **9a, 9b** in Richtung der Bremsscheibe an der Radbremse **10** erzeugt wird. Alternativ kann auch ein Betätigungsdruck durch einen Drucksensor erfasst werden, welcher auf bekannte Weise in eine Betätigungskraft umgerechnet werden kann.

**[0038]** In Anlehnung an die DE 197 32 168 C1 ist der zweite Sensor **104** beispielsweise als Motorstromsensor **104a** ausgebildet, welcher den für den Betätigungsvorgang erforderlichen Motorstrom am Antriebsmotor **14** erfasst. Die Motorstromaufnahme des Antriebsmotors **14** ist hierbei proportional zur aufgebrauchten Betätigungskraft. Alternativ hierzu kann der zweite Sensor **104** auch als kapazitiver, piezoelektrischer oder resistiver Kraftsensor **104b** ausgebildet sein. Der Kraftsensor **104b** kann hierbei im Hydraulikkolben **28** oder direkt am Bremssattel **4** angeordnet sein. Anstelle eines Kraftsensors kann auch ein Drucksensor (z. B. im Hydraulikkolben **28**) zur Bestimmung des Betätigungsdruckes implementiert sein.

**[0039]** Die Ausleseeinheit **106** ist dazu ausgebildet, die durch den ersten und zweiten Sensor **102, 104** erfassten Werte für den Betätigungsweg und die Betätigungskraft koordiniert auszulesen. Sie ist ferner dazu ausgebildet, Sensorwerte zu filtern und nur jene Werte an die Bestimmungseinheit **108** und/oder an die Speichereinheit **112** zu übergeben, welche oberhalb eines Betätigungskraftschwellenwertes erfasst werden.

**[0040]** Die Bestimmungseinheit **108** ist dazu ausgebildet, auf Basis der erfassten und ausgelesenen Werte des ersten Sensors **102** und des zweiten Sensors **104** den Verschleißzustand der Bremsbeläge **9a, 9b** zu bestimmen. Die Bestimmungseinheit **108** bestimmt hierbei während eines jeden Betätigungsvorgangs den aktuellen Verschleißzustand und übergibt den aktuellen Verschleißzustandswert an die Speichereinheit **112**.

**[0041]** Die Vergleichseinheit **110** ist dazu ausgebildet, abgespeicherte Verschleißzustände, welche bei früheren Betätigungen der Radbremse **10** (wie beispielsweise beim Aktivieren der Feststellbremsefunktion oder Berganfahrhilfefunktion) bestimmt wurden, zu vergleichen.

**[0042]** Die Speichereinheit **112** ist dazu ausgebildet, die durch den ersten und zweiten Sensor **102, 104** erfassten Messwerte zwischenspeichern und/oder abzuspeichern. Ferner ist die Speichereinheit **106** dazu ausgebildet, die durch die Bestimmungseinheit **108** bestimmten Verschleißzustände zu speichern.

**[0043]** Anhand der [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) wird nun ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Bestimmen des Verschleißzustands des Bremsbelags **9a, 9b** einer Radbremse **10** näher beschrieben. Hierbei wird das Verfahren exemplarisch anhand der in [Fig. 1](#) dargestellten Radbremse **10** und der in [Fig. 2](#) dargestellten Vorrichtung **100** erläutert.

**[0044]** Während eines Betätigungsvorgangs werden in einem ersten Schritt S1 mit Hilfe des ersten und zweiten Sensors **102, 104** Messwerte für den zurückgelegten Betätigungsweg und die dabei erzeugte Betätigungskraft erfasst und durch die Ausleseeinheit **108** laufend ausgelesen. Über die Ausleseeinheit **106** wird die Erfassung der Messwerte gesteuert. Sie sorgt beispielsweise dafür, dass die Messwerte beider Sensoren koordiniert und im Wesentlichen zeitgleich ausgelesen werden. Ferner bestimmt die Ausleseeinheit **106**, mit welcher Frequenz (Auslesen nach bestimmten Zeit-, Betätigungsweg- oder Betätigungskraftintervallen) Messwerte während des Betätigungsvorganges ausgelesen werden und/oder welche Werte für eine zuverlässige Verschleißbestimmung der Bestimmungseinheit **108** übergeben werden. Die Ausleseeinheit **106** übergibt die während des Betätigungsvorganges nacheinander erfassten Messwertepaare für Betätigungsweg und Betätigungskraft/Betätigungsdruck dem Speicher **112** zum Zwischenspeichern oder direkt der Bestimmungseinheit **108** zur weiteren Verarbeitung.

**[0045]** Gemäß einer Variante übergibt die Ausleseeinheit **106** nur Betätigungskraft- oder Betätigungsdruckwerte (und dazu korrespondierende Betätigungswegwerte), welche einen vorgegebenen Be-

tätigungskraft- oder Betätigungsdruckschwellenwert überschreiten. Durch diese Auswahl der erfassten Messwerte wird sicher gestellt, dass einerseits der Verschleißzustand bei jedem Betätigungsvorgang unter genau denselben Betätigungskraftverhältnissen bestimmt wird (wodurch die Genauigkeit der Verschleißbestimmung optimiert wird) und dass andererseits Verschleiß-unabhängige Bremseneffekte bei der Verschleißbestimmung ausgeblendet werden. Solche Bremseneffekte treten v. a. während der Anfangsphase eines Betätigungsvorganges auf und beeinflussen den Messbereich niedriger Betätigungskräfte. Zu den Verschleißunabhängigen Bremseneffekten zählen beispielsweise Setzeffekte der Radbremse bedingt durch das anfänglich zu überwindende Lüftspiel zwischen den Bremsbelägen **9a, 9b** und der Bremsscheibe. Ist der Bremssattel **4** als Schwimmsattel ausgebildet, so beeinflusst ferner die durch die Umlenkrichtung **12** verzögerte Übertragung der translatorischen Betätigungsbewegung auf die zweite Bremsscheibe **9b** die erfassten Messwerte (Schwimmsatteleffekt). Bei mittleren und höheren Betätigungskräften oder Betätigungsdrücken sind diese Bremseneffekte vernachlässigbar, so dass der Verschleißzustand aus den Messwerten genau bestimmt werden kann.

**[0046]** Die weitere Erläuterung der Verschleißbestimmung mittels der Bestimmungseinheit **108** erfolgt nun anhand von **Fig. 4**.

**[0047]** **Fig. 4a** zeigt den während einer Betätigung des elektromechanischen Bremsaktuators **10** erfassten Betätigungsweg (Kolbenweg des Hydraulikkolbens **28**) in Abhängigkeit vom erfassten Betätigungsdruck für eine Radbremse **10** ohne Bremsbelag **9a, 9b**. Im Vergleich dazu zeigt **Fig. 4b** den Verlauf des Kolbenweges in Abhängigkeit des erfassten Betätigungsdrucks für eine Radbremse **10** mit Bremsbelag **9a, 9b**, wobei zum besseren Vergleich der Betätigungsweg bei kleinen Betätigungsdrücken für beide Weg-Druck-Diagramme auf Null gesetzt wurde. Es ist hierbei unerheblich, dass im vorliegenden Ausführungsbeispiel anstelle der Betätigungskraft der Betätigungsdruck erfasst wird und in den **Fig. 4a** und **Fig. 4b** der Verlauf des Kolbenwegs in Abhängigkeit des erfassten Betätigungsdrucks dargestellt wird, da der Betätigungsdruck direkt proportional zur erzeugten Betätigungskraft ist. Die Betätigungskraft kann aus dem Betätigungsdruck und der bekannten Hydraulikkolbenfläche ermittelt werden. Alternativ kann anstelle des Betätigungsdrucks, die Betätigungskraft direkt aus der Motorstromaufnahme des Antriebsmotors **14** bestimmt werden.

**[0048]** Der Vergleich der in den **Fig. 4a** und **Fig. 4b** dargestellten Kurven macht den Einfluss des Bremsbelags **9a, 9b** auf den Zusammenhang zwischen dem zurückgelegten Kolbenweg einerseits und dem dadurch erzeugten Kolbendruck unmittelbar klar. Wäh-

rend beispielsweise bei der Radbremse **10** ohne Bremsbelag **9a, 9b** eine translatorische Bewegung des Betätigungsgliedes **22** von ca. 0.1 mm den Kolbendruck von 40 bar auf 100 bar ansteigen lässt, ist für dieselbe Druckänderung bei der Radbremse **10** mit nicht verschlissenen Bremsbelag **9a, 9b** ein Kolbenweg von ca. 0.2 mm erforderlich. Die Radbremse **10** mit nicht verschlissenen Bremsbelag **9a, 9b** ist somit stärker verformbar als die Radbremse **10** ohne Bremsbelag. Mit anderen Worten weist die Radbremse **10** ohne Bremsbelag **9a, 9b** einen im Vergleich zur Radbremse **10** mit Bremsbelag **9a, 9b** um einen Faktor 2 höheren Verformungswiderstand (Steifigkeit, C) auf.

**[0049]** Die Bestimmungseinheit **108** bestimmt in einem zweiten Schritt S2 die Steifigkeit ( $C_{alt}$ ,  $C_{neu}$ ) der Radbremse **10**, indem sie jeweils mindestens zwei korrespondierende Messwerte für den Kolbenweg und den Betätigungsdruck (oder Betätigungskraft) aus dem Satz von hintereinander erfassten Messwerten auswählt und durch Differenzbildung die Betätigungsdruckänderung  $\Delta p$  (oder äquivalent dazu die Betätigungskraftänderung  $\Delta F$ ) in Abhängigkeit der Kolbenwegänderung  $\Delta x$  bestimmt (vgl. **Fig. 4**). Erfasste Messwerte, die einem Betätigungsdruck oder einer Motorstromaufnahme des Antriebsmotors **14** entsprechen, werden in entsprechende Betätigungskraftwerte überführt. Die Steifigkeit  $C_{alt}$ ,  $C_{neu}$  ergibt sich dann aus dem Quotienten  $\Delta F/\Delta x$ . Da ferner die Steifigkeit  $C_{alt}$ ,  $C_{neu}$  eindeutig von der Dicke des Bremsbelags **9a, 9b** abhängt, kann aus dem Zusammenhang zwischen der Kolbenwegänderung  $\Delta x$  und der damit einhergehenden Betätigungskraftänderung  $\Delta F$  die Dicke und somit der Verschleißzustand der Radbremse **10** bestimmt werden.

**[0050]** Anschließend wird in einem dritten Schritt S3 der ermittelte aktuelle Verschleißzustand in der Speichereinheit **112** abgespeichert und/oder der Vergleichseinheit **110** zugeführt.

**[0051]** In einem darauffolgenden vierten Schritt S4 ermittelt die Vergleichseinheit **110** auf Basis des aktuellen und früherer ermittelter Verschleißzustände eine mittlere Verschleißrate für die Radbremse **10** (beispielsweise durch Angabe des Verschleißes pro zurückgelegter Wegeinheit) und berechnet daraus die Lebensdauer des Bremsbelags **9a, 9b**.

**[0052]** Gemäß dem oben erläuterten Ausführungsbeispiel ist es möglich den Belagverschleiß zuverlässig zu bestimmen, ohne einen expliziten Belagverschleißsensor zu verwenden. Ferner kann die Belagverschleißrate genau ermittelt werden und somit die Lebensdauer der Bremsbeläge abgeschätzt werden. Ein weiterer Vorteil des vorliegenden Verfahrens besteht darin, dass eine Kalibrierung des Betätigungsgliedes **22** zur genauen Bestimmung des Be-

tätigkeitsweges entfallen kann, wenn nur Messwert-Differenzen ( $\Delta F/\Delta x$ ) in die Bestimmung eingehen.

**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 19732168 C1 [\[0038\]](#)

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen des Verschleißzustandes eines Bremsbelags (**9a, 9b**) an einer Radbremse (**10**) einer Kraftfahrzeugbremsanlage, wobei die Radbremse (**10**) einen elektromechanischen Bremsaktor (**2**) besitzt und das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Erfassen eines ersten Parameters, der auf einen Betätigungsweg hinweist, den ein translatorisch bewegliches Betätigungsglied (**22**) des Bremsaktors (**2**) während eines Betätigungsvorganges zurücklegt;
- Erfassen eines zweiten Parameters, der auf eine durch den Betätigungsvorgang auf die Radbremse (**10**) ausgeübte Betätigungskraft hinweist; und
- Bestimmen des Verschleißzustandes aus dem ersten und zweiten Parameter.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Verschleißzustand aus der Steifigkeit der Radbremse (**10**) durch Quotientenbildung auf der Grundlage des ersten und zweiten Parameters bestimmt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei während des Betätigungsvorgangs jeweils wenigstens zwei Messwerte für den ersten Parameter und den zweiten Parameter erfasst werden und wobei der erste Parameter und der zweite Parameter jeweils aus der Differenz der zugeordneten beiden Messwerte bestimmt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Messwerte für den ersten und zweiten Parameter in einer vorgegebenen zeitlichen Abfolge oder in vorgegebenen Abständen der Betätigungskraftänderung erfasst werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste und zweite Parameter im Wesentlichen zeitgleich erfasst werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Verschleißzustand oberhalb eines Betätigungskraft-Schwellenwertes bestimmt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, ferner umfassend Kompensieren der Temperaturabhängigkeit der Steifigkeit der Radbremse (**10**) mittels eines Temperatur-Modells.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend Abspeichern des während eines jeden Betätigungsvorganges bestimmten Verschleißzustandes.

9. Verfahren nach Anspruch 9, ferner umfassend Vergleichen der abgespeicherten Verschleißzustände und, basierend darauf, Berechnen eines mittleren Verschleißes pro Wegeinheit.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Parameter durch Erfassen der Motordrehzahl eines Antriebsmotors (**14**) des elektromechanischen Bremsaktors (**2**) bestimmt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der erste Parameter durch Erfassen des Betätigungsweges mittels eines Wegsensors (**102b**) bestimmt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der zweite Parameter durch Erfassen des Motorstromes eines Antriebsmotors (**14**) des elektromechanischen Bremsaktors (**2**) bestimmt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der zweite Parameter durch Erfassen der Betätigungskraft mittels eines Kraftsensors (**104b**) bestimmt wird.

14. Computerprogrammprodukt mit Programmcode zum Durchführen des Verfahrens nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wenn das Computerprogrammprodukt auf einer Computereinrichtung ausgeführt wird.

15. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 14, welches auf einem computerlesbaren Aufzeichnungsmedium abgespeichert ist.

16. Vorrichtung (**100**) zur Bestimmung des Verschleißzustandes eines Bremsbelags (**9a, 9b**) an einer Radbremse (**10**) einer Kraftfahrzeugbremsanlage, wobei die Radbremse (**10**) einen elektromechanischen Bremsaktor (**2**) besitzt und wobei die Vorrichtung (**100**) folgendes umfasst:

- eine Einrichtung zum Erfassen (**102, 106**) eines ersten Parameters, der auf einen Betätigungsweg hinweist, den ein translatorisch bewegliches Betätigungsglied (**22**) des Bremsaktors (**2**) während eines Betätigungsvorganges zurücklegt;
- eine Einrichtung zum Erfassen (**104, 106**) eines zweiten Parameters, der auf eine durch den Betätigungsvorgang auf die Radbremse (**10**) ausgeübte Betätigungskraft hinweist; und
- eine Einrichtung zum Bestimmen (**108**) des Verschleißzustandes aus dem ersten und zweiten Parameter.

17. Vorrichtung (**100**) nach Anspruch 16, ferner umfassend:

- eine Einrichtung zum Abspeichern (**112**) des bestimmten Verschleißzustandes; und
- eine Einrichtung zum Vergleichen (**110**) abgespeicherter Verschleißzustände.

18. Kraftfahrzeugbremsanlage, umfassend eine Radbremse (**10**) und eine Vorrichtung (**100**) nach einem der Ansprüche 16 und 17.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

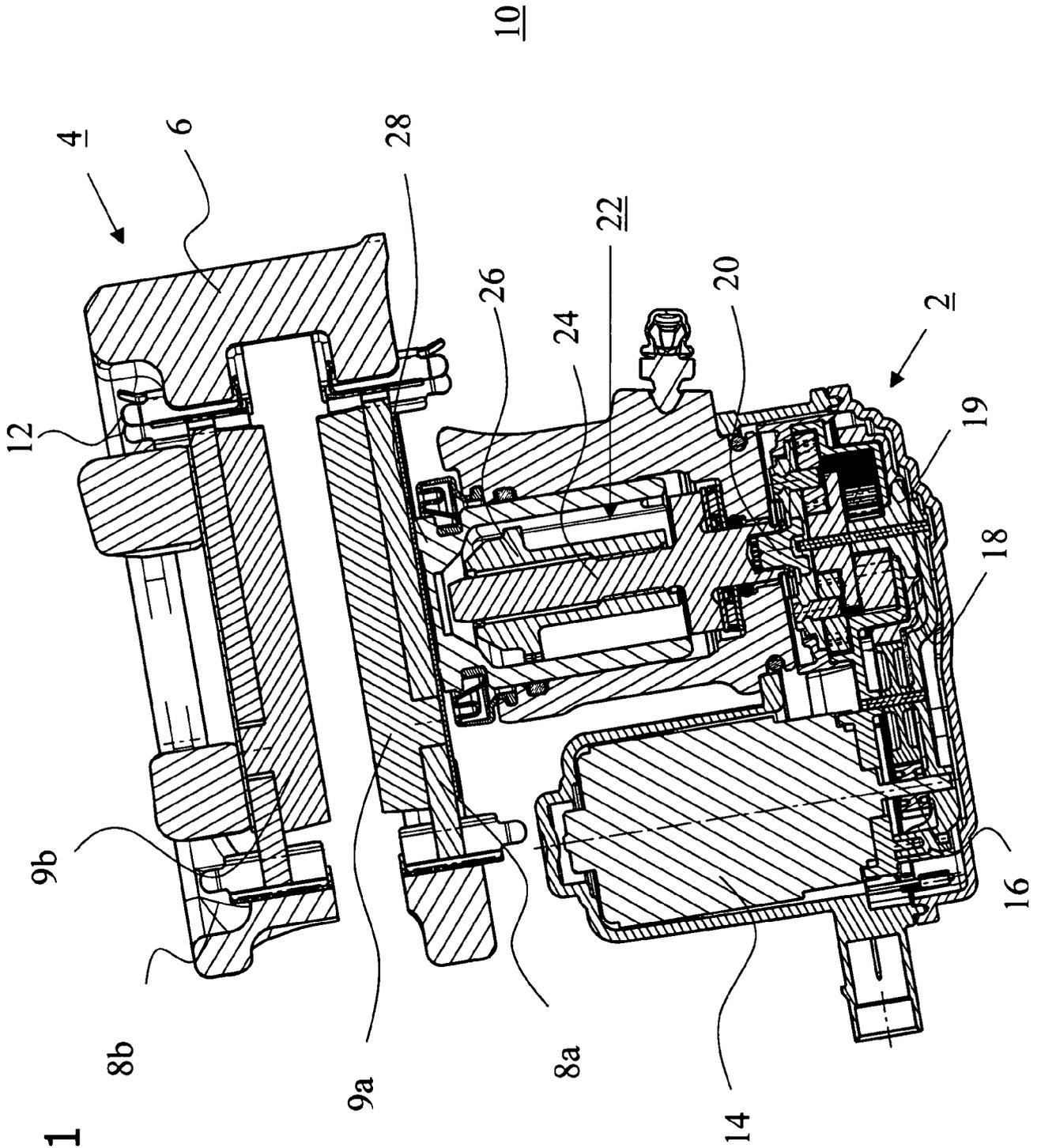


Fig. 2

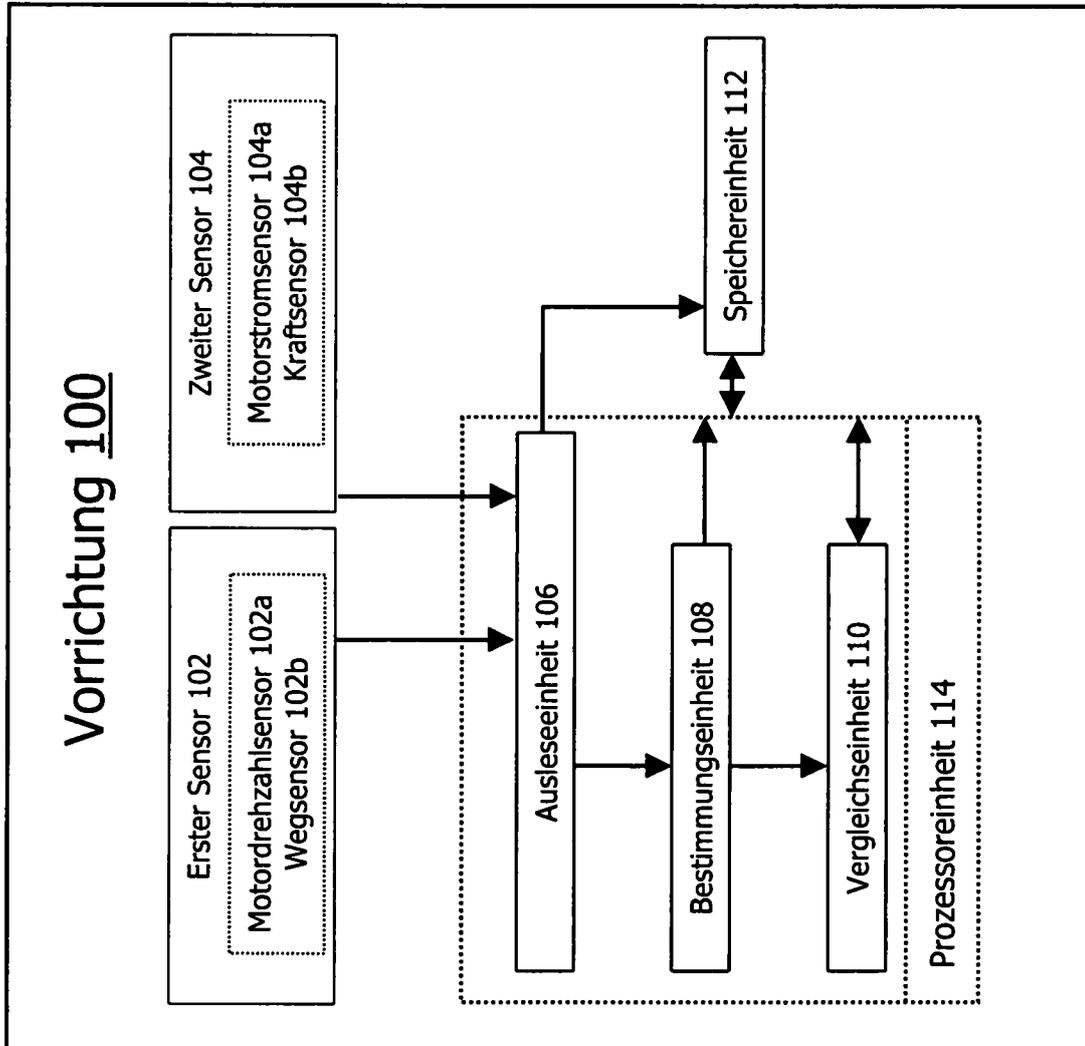
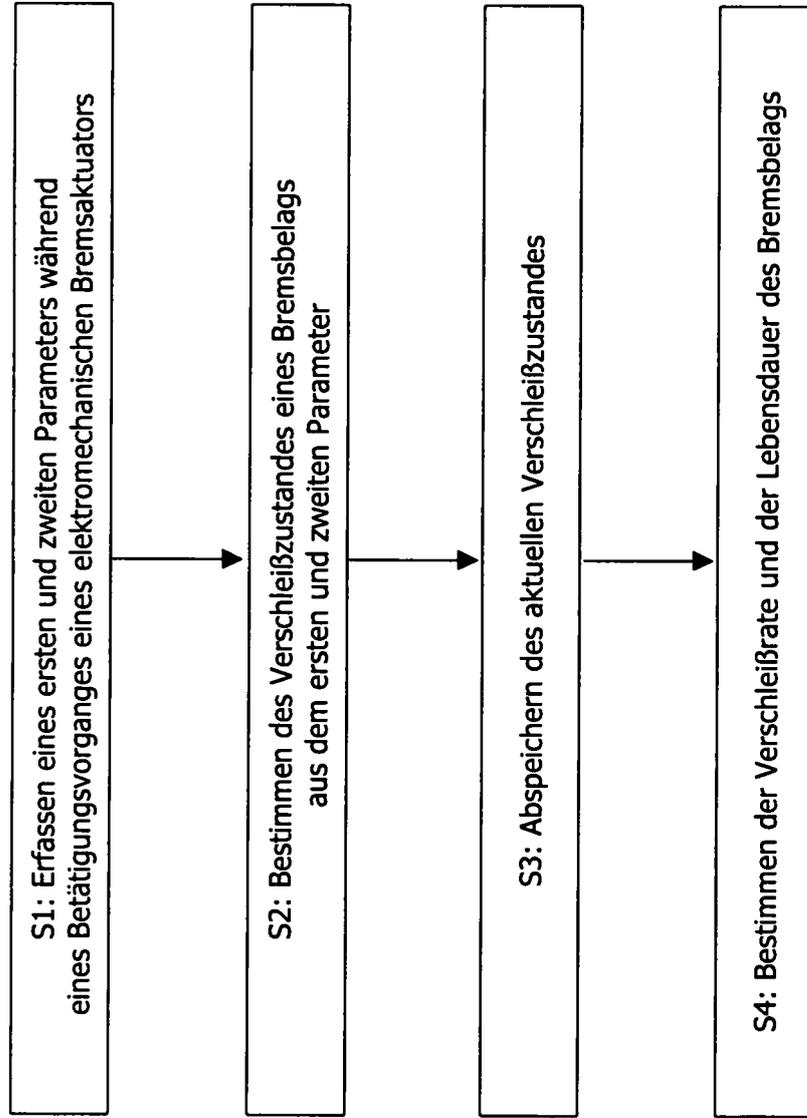


Fig. 3



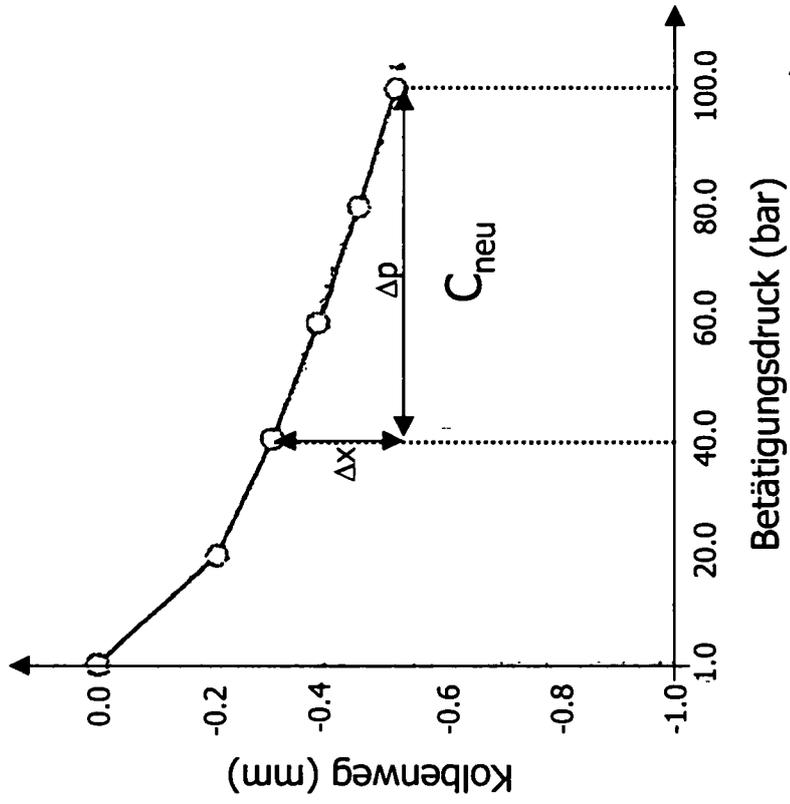


Fig. 4b

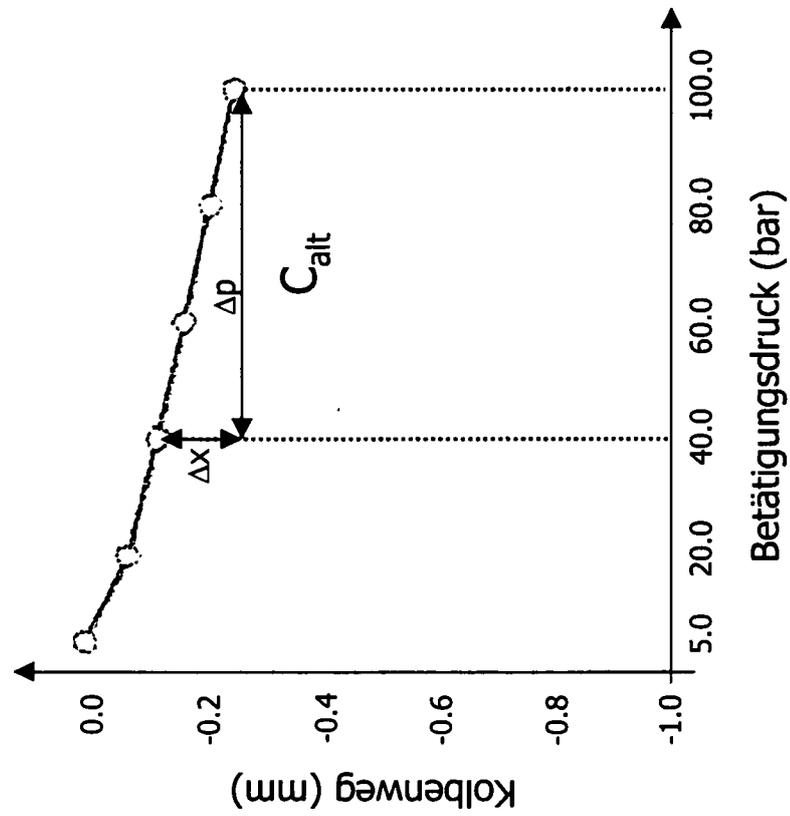


Fig. 4a