

(19)



(11)

**EP 2 547 568 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**11.05.2016 Patentblatt 2016/19**

(51) Int Cl.:

**B61L 15/00<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **11710157.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:

**PCT/EP2011/053950**

(22) Anmeldetag: **16.03.2011**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

**WO 2011/113856 (22.09.2011 Gazette 2011/38)**

**(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ZUGLÄNGENERKENNUNG**

METHOD AND DEVICE FOR TRAIN LENGTH DETECTION

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF PERMETTANT DE DÉTECTER LA LONGUEUR D'UN TRAIN

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

• **STRASSER, Christoph**

**81369 München (DE)**

• **WIEDMANN, Götz**

**80797 München (DE)**

(30) Priorität: **18.03.2010 DE 102010011949**

(74) Vertreter: **Schönmann, Kurt**

**Knorr-Bremse AG**

**Moosacher Strasse 80**

**80809 München (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

**23.01.2013 Patentblatt 2013/04**

(73) Patentinhaber: **KNORR-BREMSE**

**Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH**

**80809 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**DE-A1- 10 009 324**

**DE-A1- 10 112 920**

**DE-A1- 19 902 777**

**DE-C1- 19 828 906**

(72) Erfinder:

• **SCHLOSSER, Walter**

**86316 Friedberg (DE)**

**EP 2 547 568 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Zuglängenerkennung bei einem aus vielen Wagen bestehenden Zugverband, der über eine pneumatische Bremsanlage nach Maßgabe des Drucks in einer von Wagen zu Wagen gekuppelten Hauptluftleitung HL in mehreren Bremsstufen gebremst wird, deren Druck  $p_{HL}$  und Durchfluss  $\dot{V}$  sowie die Umgebungstemperatur  $T$  sensortechnisch entlang der Zeitachse erfasst werden, woraus mittels elektronischer Auswerteeinheit schließlich die Zuglänge  $L$  berechnet wird. Weiterhin betrifft die Erfindung auch eine das Verfahren umsetzende Vorrichtung sowie einen Zugverband, in dem eine solche Vorrichtung verbaut ist.

**[0002]** Die Hauptluftleitung HL in Zugverbänden wird in erster Linie zum Auslösen der pneumatisch betriebenen Bremse genutzt, welche im Sinne einer Signalübertragung durch Verminderung des Drucks in die Bremsstellung kommen und bei Druckanstieg gelöst werden. Die Hauptluftleitung HL, welche entlang aller Wagen eines Zugverbandes verläuft kann auch zur Gewinnung von Informationen über zugspezifische Eigenschaften genutzt werden. So ist es möglich, die Hauptluftleitung HL hinsichtlich einer Zugtrennung zu überwachen. Hierbei wird eine Kontrolle des nachgespeisten Volumenstroms und der Druckverhältnisse während des Fahrens mit gelösten Bremsen, beim Bremsen und während des Lösens durchgeführt. Grundlage für die Erkennung von Zugtrennungen oder für die Längenerkennung der

Hauptluftleitung HL und damit des gesamten Zugverbandes sind charakteristische Eigenschaften der Bremsanlage, wie beispielsweise die maximale Nachspeisung der Hauptluftleitung HL aufgrund der maximalen Leckage des Systems und der typischen längenabhängigen Durchschlagzeit, in welcher eine Änderung der Druckverhältnisse erkannt werden kann.

**[0003]** Diese und andere charakteristische Eigenschaften einer pneumatischen Bremsanlage stützen sich vorzugsweise auf genormten Festlegungen der Hauptluftleitung HL, um eine allgemein gültige Anwendbarkeit zu ermöglichen. Abgeleitet von diesen Eigenschaften werden Schwellwerte und Gradienten für die Durchflusswerte und Druckwerte definiert, welche über eine signaltechnische Verarbeitung Rückschlüsse auf die Zuglänge oder die Durchgängigkeit der Hauptluftleitung HL zulassen. Wird beispielsweise festgestellt, dass die Durchgängigkeit der Hauptluftleitung HL nicht gegeben ist, so kann als störende Ursache hierfür auf ein geschlossenes Absperrventil innerhalb der Hauptluftleitung HL zwischen zwei Wagen rückgeschlossen werden.

**[0004]** Aus der DE 199 02 777 A1 geht eine technische Lösung zur Überwachung der Zugvollständigkeit hervor, welche mittels eines Druckluftsensoren und eines Durchflussmessers zur Ermittlung des Volumenstroms in der Hauptluftleitung HL eine Meldung über den Zustand des Zugverbandes abgibt. Die Hauptluftleitung des Zugverbandes verläuft üblicherweise durch alle angeschlossenen Wagen und kann beispielsweise am Relaisventil auf dem Triebfahrzeug sensortechnisch überwacht werden, wobei Richtung und Menge des Volumenstroms an Druckluft durch an sich bekannte Sensoren gemessen werden. Insgesamt herrscht im stationären Zustand der Bremsanlage ein Gleichgewicht zwischen Ein- und Ausströmen der Luftmenge. Die einströmende Druckluft ersetzt dabei lediglich die durch Undichtigkeiten ausströmende Luft aus der Bremsanlage, welche über die gesamte Länge der Hauptluftleitung HL austritt. Falls gebremst wird, wird der Luftdruck in der Hauptluftleitung HL definiert in meist mehreren Bremsstufen abgesenkt.

**[0005]** Zur Überwachung der Zugvollständigkeit werden die Messwerte der die Hauptluftleitung HL überwachenden Sensoren einer elektronischen Auswerteeinheit zugeführt, welche die erfassten Messwerte mit vorbestimmten Werten der jeweiligen Betriebsgrößen für einen entsprechenden Betriebszustand des Zugverbandes vergleicht. In Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis wird auf die Vollständigkeit des Zuges geschlossen. Hierbei erfolgt die Auswertung und Gewinnung der Messwerte zur Bestimmung der Zugvollständigkeitsinformation lediglich an einer einzigen Stelle des Zugverbandes, vorzugsweise im Triebfahrzeug des Zuges, so dass weitere Einrichtungen zur Erfassung von Betriebsgrößen der Hauptluftleitung HL an anderen Stellen des Zugverbandes - insbesondere am Zugschluss - nicht erforderlich sind.

**[0006]** Allerdings hat diese Überwachung der Zugvollständigkeit den Nachteil, dass hierdurch gleichzeitig nicht präzise festgestellt werden kann, welche Zuglänge vorliegt. Die Kenntnisse der Zuglänge ist beispielsweise für die Feststellung sogenannter schwarzer Wagen von Nutzen. Die Reihung der Wagen und die Eigenschaften sind in der Regel anhand einer Wagenliste bekannt. Abgeleitet von der Wagenliste werden die wesentlichen Informationen für den Triebfahrzeugführer, wie Bremseigenschaften, auf einem sogenannten Bremszettel zusammengestellt. Ferner ist die Zuglänge beim Fahrbetrieb auf häufig befahrenen Strecken wichtig, um beispielsweise Sicherheitsabstände einhalten zu können.

**[0007]** Aus DE 199 33 798 A1 geht ein Verfahren zur Zuglängenerkennung vor, bei welchem direkt die Länge des Zuges gemessen und an das Triebfahrzeug übermittelt wird. Hierzu werden Volumen und Drucksignale in der Hauptluftleitung HL sensortechnisch ermittelt, wobei insbesondere ein zeitnahes Übermitteln von Informationen über den letzten Wagen des Zugverbandes an das Triebfahrzeug folgt. Anschließend überprüft eine Auswerteeinrichtung, ob die Volumen- und Drucksignale und daraus abgeleitete physikalischen Größen einem bekannten in der Auswerteeinheit abgespeicherten Sollwertbereich für die Zuglänge entsprechen. Hiervon abhängig wird ein Signal ausgegeben, welches die Information liefert, ob die gemessenen Werte innerhalb der abgespeicherten Sollwertbereiche liegen. Ferner wird

vorgeschlagen, die in der Auswerteeinheit des Triebfahrzeuges abzuspeichernde Länge des zu vermessenden Zugverbandes von einem Zuglängenmesser zu ermitteln und an das Triebfahrzeug zu übermitteln. Die Zuglänge kann daneben auch von einem Achszähler beim Anfahren oder beim Verlassen eines Bahnhofes gemessen und an das Triebfahrzeug übermittel werden. Somit wird hier eine stationäre Messeinrichtung an der Strecke zur Zuglängenmessung aktiviert.

5 **[0008]** All diese Maßnahmen erscheinen recht aufwändig, da außerhalb des Triebfahrzeuges, nämlich im letzten Wagen oder sogar außerhalb des Zugverbandes platzierte Sensoren zur Gewinnung von Messwerten zwecks Zuglängenerkennung verwendet werden.

**[0009]** Aus DE 100 09 324 A1 geht dagegen ein Verfahren zur triebwerkbasierter Bestimmung der Zuglänge eines Zugverbandes hervor, bei dem allein die physikalischen Zustandsgrößen Druck, Durchfluss und Temperatur der Luft in der Hauptluftleitung HL im Bereich des Triebfahrzeuges gemessen werden, wobei aus einer definierten Abfolge von über das Führerbremsventil im Zugfahrzeug oder andere geeignete Aktoren Druckänderungen in der Hauptluftleitung HL erzeugt werden, die damit einhergehende Strömungen zeitlich integriert und während konstant gehaltenen Drucks - also deren stationärer Zustände - die Leckagerate ermittelt sowie aus diesen Größen das Volumen der Hauptluftleitung HL berechnet wird, woraus sich auf die Zuglänge rückschließen lässt.

15 **[0010]** Zwar berücksichtigt diese Berechnungsmethode die systembedingt vorhandene Leckage der Bremsanlage, jedoch bleiben andere Störgrößen, wie etwa lokale Entlüftungen im Bereich der den einzelnen Bremszylindern der Wagen zugeordneten Steuerventile während deren Beschleunigung unberücksichtigt. Denn die Steuerventile sorgen zur Bremsbeschleunigung in der ersten Bremsstufe für eine vorübergehend zusätzliche Entlüftung der Hauptluftleitung HL.

20 **[0011]** Diese Maßnahme führt allerdings zu ungenauen Messergebnissen bei der Bestimmung der Zuglänge.

**[0012]** Aus der DE 101 12 920 A1 ist ein Verfahren zur Zugvollständigkeitsüberwachung bekannt, das sich eines am Ende des Zuges an die Hauptluftleitung angeschlossenen Überdruckventils bedient, durch das bei Regelbetriebsdruck stets eine gewisse Menge Luft je Zeiteinheit entweicht. Wird der Druck in der Hauptluftleitung beim Bremsen abgesenkt, schließt das Überdruckventil, so dass der Volumenstrom abnimmt. Dies wiederum zeigt an, dass der letzte Wagen mit dem Überdruckventil noch mitgeführt wird. Wird der Druck wieder auf den Regelbetriebsdruck erhöht, kehrt das Überdruckventil in seine Öffnungsstellung zurück, und der zunehmende Volumenstrom zeigt an, dass der letzte Wagen noch mitgeführt wird.

25 **[0013]** Die DE 198 28 906 C1 offenbart ein weiteres Verfahren zur Überprüfung der Vollständigkeit eines Zuges, bei dem Druck- und Strömungswerte in der Hauptluftleitung mit Fahrzuständen und Bedienhandlungen des Zugführers korreliert werden. Auf diese Weise werden Druckänderungen, die vom Zugführer ausgelöst wurden, klar von solchen Druckänderungen unterschieden, die von einer plötzlichen Leckage der Hauptluftleitung durch Wagenabriss herrühren.

30 **[0014]** Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Zuglängenerkennung zu schaffen, bei welcher allein mit zugverbandinterner Sensorik eine präzise Längenbestimmung möglich ist.

**[0015]** Die Aufgabe wird ausgehend von einem Verfahren gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 in Verbindung mit dessen kennzeichnenden Merkmalen gelöst. Die nachfolgenden abhängigen Ansprüche geben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung wieder. Hinsichtlich einer zu dem Verfahren korrespondierenden Vorrichtung wird auf Anspruch 9 verwiesen. In Anspruch 11 ist ein diese Vorrichtung enthaltener Zugverband angegeben.

35 **[0016]** Die Erfindung schließt die Lösung ein, dass die sensortechnische Messgrößenerfassung erst ab dem stationären Zustand einer bestehenden Bremsstufe I. während der Ausführung der nächstfolgenden Bremsstufe II. durchgeführt wird, bis wieder ein stationärer Zustand innerhalb dieser Bremsstufe II. erreicht ist. Durch nachfolgendes Aufintegrieren des Durchflusses während des Entlüftens der Hauptluftleitung HL zur Ausführung der nächstfolgenden Bremsstufe II. wird unter Berücksichtigung des im Anfangs- und Endzustand herrschenden Drucks sowie der Umgebungstemperatur das Volumen der Hauptluftleitung HL berechnet. Aus dem so berechneten Volumen kann in an sich bekannter Weise schließlich bei bekanntem Leitungsquerschnitt der Hauptluftleitung HL auf deren Länge und damit auf die Zuglänge L geschlossen werden. Dabei wird bei zuvor zumindest einmaliger Bestimmung des Volumens (V) der Hauptluftleitung (HL) als Korrekturwert das Luftvolumen (V), welches durch Bremsbeschleunigungsverluste der einzelnen den Bremszylindern (7) zugeordneten Steuerventile (6) aus dem gelösten Zustand der Bremsanlage verlorengeht, rechentechnisch bei der Ermittlung der Zuglänge (L) eliminiert.

40 **[0017]** Über folgenden formelmäßigen Zusammenhang kann das Volumen konkret ermittelt werden:

50

$$[I] \quad V = \frac{T^* p_n}{T_n} * \frac{\int_{t_1}^{t_2} \dot{V}_N * dt}{\left| \int_{t_1}^{t_2} dp * dt \right|} = \frac{T^* p_n}{T_n} * \frac{\int_{t_1}^{t_2} \dot{V}_N * dt}{|p(t_2) - p(t_1)|}$$

55

[0018] Aus  $L = \frac{V}{Q}$  ergibt sich schließlich die Leitungslänge und damit die Zuglänge L des Zugverbandes. Der Querschnitt der Hauptluftleitung HL und der Kupplungen ist im Allgemeinen bekannt.

[0019] Mit dem beschriebenen Verfahren kann somit bei jeder Bremsanforderung, die nicht aus dem gelösten Zustand erfolgt, die Leitungslänge überprüft werden. Damit kann die Durchgängigkeit der Hauptluftleitung HL überprüft und ein geschlossener Absperrhahn detektiert werden. Wird die Leitungslängenbestimmung in die Bremsprobe vor Beginn der Fahrt integriert, kann das System eine Warnung über eine abweichende Zuglänge im Vergleich zu den Angaben im Bremszettel ausgeben. Wurden beispielsweise nach der Bremsprobe weitere Wagen mit einem geschlossenen Absperrhahn an den Zugverband angehängt, wird beim Anschluss des Triebfahrzeugs am anderen Ende zur Richtungsänderung dieser Fehler erkannt.

[0020] Um den korrekten Volumenstrom zu erfassen, muss bei oben vorgestelltem Verfahren die Leckage mitbetrachtet werden. Bei Einbremsung aus einer bestehenden Bremsstufe wird die Hauptluftleitung HL mit Ausnahme der Leckage komplett über die Führerbremsanlage entlüftet, und somit von der Durchflussmessung erfasst. Die Leckagerate muss zusätzlich zum Volumenstrom addiert werden. Es gilt folgender Zusammenhang:

$$[II] \quad V_{N_{gesamt}} = V_{N_{Mess}} + V_{N_{Leckage}}$$

[0021] Die Leckagerate ist vom Druckniveau in der Hauptluftleitung HL abhängig. Zur Berechnung wird die Leckage als eine Düse in der Hauptluftleitung HL mit konstantem Düsenquerschnitt betrachtet, die gegen Atmosphäre entlüftet.

[0022] Aus dem Volumenstrom  $\dot{V} = A \cdot (2 \cdot R \cdot T)^{0,5} \cdot Y$  und der Beziehung  $V_N = \frac{V \cdot p_1 \cdot T_N}{p_N \cdot T}$  ergibt sich mit dem Durchflusskoeffizienten Y folgender Ausdruck:

$$[III] \quad \dot{V}_N = A \cdot \frac{T_N}{p_N \cdot T} \cdot (2 \cdot 287 \cdot T)^{0,5} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot Y \cdot p_1$$

$$\left[ \frac{l}{\text{min}} \right]$$

mit A in mm<sup>2</sup> mit T<sub>N</sub> = 293,15K und p<sub>N</sub> = 1,013 barA, wobei gilt:  $Y = \left( \frac{k}{k-1} \cdot \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right)^{0,5}$ , wenn

$\frac{p_2}{p_1} > 0,528$  mit k=1,402, sonst Y=0,484. p<sub>1</sub> entspricht dabei dem Absolutdruck vor, p<sub>2</sub> dem Absolutdruck nach der

Düse und T der Temperatur. Bei R =  $287 \frac{J}{kg \cdot K}$  handelt es sich um die allgemeine Gaskonstante.

[0023] Nach Bestimmen der Leckrate bei einem konstanten Druckniveau kann somit über den formellen Zusammenhang [III] der konstante Düsenquerschnitt A in Abhängigkeit der Temperatur ermittelt werden. V<sub>N<sub>Leckage</sub></sub> kann somit aus dem gemessenen Druckverlauf in der Hauptluftleitung HL näherungsweise berechnet werden.

[0024] Ein Vorteil des Verfahrens resultiert aus der Maßnahme, dass die in die Hauptluftleitung HL einströmende Luft während des Erstauffüllens der Bremsanlage außer acht gelassen wird. Denn beim Erstauffüllen strömt die Luft nicht nur in die Hauptluftleitung HL, sondern ebenfalls in die Arbeitskammern der Steuerventile sowie in diverse Vorratsbehälter der Wagen. Dabei kann das Volumen der Vorratsbehälter der einzelnen Wagen variieren, so dass praktisch eine berechnetechnische Korrektur dieser Störgröße nicht möglich ist. Zusätzlich ist meist der Ausgangszustand der Arbeitskammer der Steuerventile und der Vorratsbehälter nicht bekannt. Das Verfahren schließt die hieraus resultierenden Messfehler vollständig aus. Zur Lösung dieser Problematik sieht das Verfahren im Prinzip vor, die Durchflussmenge der Luft erst im aufgefüllten Zustand, beispielsweise nach Erstauffüllung während der Fahrt oder in einem beliebigen stationären Zustand der Hauptluftleitung HL, bei welcher der Druck p<sub>HL</sub> konstant ist, erfasst wird. Durch den Ausschluss der Beschleunigungswirkung vermeidet das Verfahren eine unbekannte Durchflussgröße, was zu einem genaueren Messergebnis führt.

**[0025]** Gemäß einer die Erfindung verbessernden Maßnahme wird vorgeschlagen, dass zur Ermittlung der Zuglänge während des Belüftens der Hauptluftleitung HL die sensortechnische Messgrößenerfassung nur bis zum Erreichen des Drucks des an die Hauptluftleitung angeschlossenen Vorratsluftbehälters durchgeführt wird. Während eines solchen Einleitungsbetriebs ist bei gängigen Bremsauslegungen also auch die Auswertung des Füllvorgangs der Hauptluftleitung bis zum Einsetzen der Vorratsbehälternachspeisung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich. Der Durchfluss wird dabei bis zu einem Druckwert unterhalb des Vorratsbehälterdrucks ausgewertet. Bei diesem Vorgang wird vorteilhafterweise die unbekannte Vorratsbehältergröße ausgeschlossen.

**[0026]** Gemäß einer die Erfindung im Hinblick auf ein präzises Messergebnis weiter verbessernden Maßnahme wird vorgeschlagen, dass beim Leitungsquerschnitt, welcher mit dem ermittelten Volumen der Hauptluftleitung HL zur Kalkulation der Zuglänge herangezogen wird, sowohl der Querschnitt der durch die einzelnen Wagen verlaufenden Hauptluftleitung HL als auch der Querschnitt der dazwischen angeordneten Leitungskupplungen berücksichtigt wird. Die Zuglänge L ergibt sich - wie vorstehend angeführt - aus Division des ermittelten Volumens der Hauptluftleitung HL durch den Leitungsquerschnitt Q.

**[0027]** Zur rechentechnischen Kompensation der Leckage als weitere Störgröße innerhalb der Bremsanlage wird vorgeschlagen, dass zusätzlich die hierdurch im stationären Zustand herbeigeführte Volumenströmung innerhalb der Hauptluftleitung HL gemessen wird, so dass diese Messgröße zur rechentechnischen Eliminierung der Störgröße als Korrekturwert bei der Ermittlung der Zuglänge genutzt werden kann. Der zur Berechnung notwendige Durchflusskoeffizient kann vereinfacht im Bereich 0,45 bis 0,5 festgelegt werden, wenn das Druckverhältnis  $p_2$  zu  $p_1$  den Wert  $Y=0,484 \pm 10\%$  ergibt. Auch bei einem Verhältnis größer diesem Wert bleibt der Fehler relativ gering, da mit abnehmendem Druck in der Hauptluftleitung HL auch die Leckage abnimmt. Ist die Leckage der pneumatischen Bremsanlage berechnet oder festgelegt, kann durch Einbeziehung in die Berechnung der Zuglänge ein qualitativ besseres Ergebnis erzielt werden.

**[0028]** Erfindungsgemäß wird bei zuvor zumindest einmaliger Bestimmung des Volumens der Hauptluftleitung HL als Korrekturwert das Luftvolumen, welches durch Bremsbeschleunigungsverluste der einzelnen im Bremszylinder zugeordneten Steuerventile aus dem gelösten Zustand der Bremsanlage verloren geht, rechentechnisch bei der Ermittlung der Zuglänge eliminiert. Das erfindungsgemäße Verfahren basiert darauf, dass die Beschleunigungswirkung der Steuerventile der Bremsanlage zu Ermittlung der Länge der Hauptluftleitung HL ausgeschlossen werden. Wird nun das Leitungsvolumen allerdings einmalig bestimmt, beispielsweise im Zuge einer Bremsprobe vor der Abfahrt des Zugverbandes, kann der hieraus resultierende Fehler bei jetzt bekannten Volumen ermittelt werden. Der Hintergrund dafür ist, dass während der Zugfahrt beim Einbremsen die Zuglänge auch bei Bremsanforderungen aus dem gelösten Zustand überprüft werden kann, um den Abriss eines Zugteils oder einen geschlossenen Absperrhahn zu detektieren. Vorzugsweise sollte zur Durchführung dieser Maßnahme zumindest ein Druck von ca. 0,1 bar über eine Düse entlüftet werden, bis die Beschleunigungswirkung in den einzelnen Steuerventilen anspricht. Die Beschleunigungswirkung entnimmt nun ca. einen Druck von 0,3bar lokal aus der Hauptluftleitung HL. Anschließend ist die Wirkung abgeschlossen und die Steuerventile sind absolut empfindlich. Über diesen Zusammenhang ist nun eine annähernde Berechnung der dadurch verlorengegangenen Luftmenge über die ideale Gasgleichung möglich. Es gilt:

$$p_{\text{vorher}} * V_{\text{vorher}} = p_{\text{danach}} * V_{\text{danach}}$$

**[0029]** Gemäß eine andere die Erfindung weiterbildenden Maßnahme kann die Volumenbestimmung der Hauptluftleitung HL auch im sogenannten Zweileitungsbetrieb erfolgen. Beim Zweileitungsbetrieb werden Vorratsbehälter, welche in der Größe variieren können, und weitere Druckluftverbraucher über eine separate Druckluftleitung, die Hauptbehälterleitung HB gefüllt. Die Hauptbehälterleitung HB verläuft entlang des Zugverbandes parallel zu Hauptluftleitung HL. Somit kann das erfindungsgegenständliche Verfahren beim Zweileitungsbetrieb auch im Belüftungsfall nach Erstauffüllen angewandt werden, weil keine unbekanntes Volumengrößen existieren. Mit anderen Worten erfolgt die Bestimmung des Volumens der Hauptluftleitung HL also während des Lösens der Bremsen in Folge Belüftung der Hauptluftleitung HL.

**[0030]** Der Füllvorgang der Hauptluftleitung HL kann zwischen zwei beliebigen stationären Zuständen über das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung der Zuglänge ausgewertet werden. Da keine Beschleunigungswirkung beim Belüftungsvorgang auftritt, muss lediglich die Leckage als Störfaktor mitberücksichtigt werden. Im Gegensatz zur Volumenbestimmung über die Entlüftung muss im Zweileitungsbetrieb die Leckage in Abhängigkeit des Drucks vom gemessenen Volumenstrom subtrahiert werden. Man erhält also:

$$\dot{V}_{\text{Ngesamt}} = \dot{V}_{\text{Nmess}} - \dot{V}_{\text{Nleckage}}$$

**[0031]** Im Rahmen der Sensortechnik sind bei diesem Ausführungsbeispiel zwei separate Sensoren 2b und 2b' zur

Bestimmung des Durchflusses  $\dot{V}$  vorgesehen. Während der erste Sensor 2b beim Wechsel zwischen den stationären Zuständen, also beim Übergang von einer Bremsstufe zu nächst höheren Bremsstufe zum Einsatz kommt, wird der zweite Sensor 2b' nur im stationären Zustand zwecks Leckagemessung genutzt. Da der Wechsel zwischen stationären Zuständen einen wesentlich höheren Durchfluss  $\dot{V}$  erzeugt, ist der erste Sensor 2b größer dimensioniert als der zweite Sensor 2b', welcher demgegenüber nur sehr kleine Durchflüsse  $\dot{V}$  zu ermitteln hat. Durch die hierdurch verwendeten unterschiedlichen Messbereiche steigt die Genauigkeit der Bestimmung der Durchflüsse  $\dot{V}$  insgesamt. Dabei muss allerdings zwischen Einleitungsbetrieb und Zweileitungsbetrieb unterschieden werden. Im Zweileitungsbetrieb kann im Belüftungsfall ein Sensor durchaus ausreichend sein, der sowohl Leckage und Belüftungsvorgänge misst oder zwei Sensoren mit gleichem Querschnitt in Reihe, Der Leckagesensor benötigt dabei einen geringeren Messbereich und kann dadurch eine höhere Genauigkeit erzielen.

**[0032]** Beim Einleitungsbetrieb mit Leckagemessung sind zwingend zwei Sensoren notwendig bzw. ein Gerät das bidirektionales Messen ermöglicht, da der Durchfluss beim Einbremsen dem Durchfluss bei der Leckagemessung entgegengesetzt ist. Auch hier gilt, dass der Querschnitt der Hauptluftleitung HL nicht verengt werden darf und der Leckagesensor einen geringeren Messbereich erfordert und damit eine höhere Genauigkeit erzielbar ist.

**[0033]** Die elektronische Auswerteeinheit 4 berücksichtigt bei der Ermittlung der Zuglänge hinsichtlich des Leitungsquerschnitts sowohl den Querschnitt der durch die einzelnen Wagen la bis 1c verlaufenden Hauptluftleitung HL als auch den Querschnitt der dazwischen angeordneten Leitungskupplungen 5, um genauere Rechenergebnisse zu erreichen.

**[0034]** In jedem einzelnen Wagen la bis 1c ist mindestens ein Steuerventil 6 mit hieran angeschlossenen pneumatischen Bremszylinder 7 zur Betätigung der Bremsen angeordnet.

**[0035]** Zum Zwecke der Bremsbeschleunigung entweicht auch Luftvolumen aus den Steuerventilen 6, das als Korrekturwert erfassbar ist, um diese rechentechnisch bei der Ermittlung der Zuglänge zu berücksichtigen.

**[0036]** Gemäß Figur 2 erfolgt die Zuglängenerkennung vorzugsweise, indem ausgehend von einem stationären Zustand der Bremsanlage, welcher durch die anliegende Bremsstufe I. entsteht. Zunächst eine sensorteknische Messgrößenerfassung der physikalischen Werte Druck  $p_{HL}$ , Durchfluss  $\dot{V}$  der Hauptluftleitung HL sowie der Umgebungstemperatur T erfolgt, und zwar während der Ausführung der nächstfolgenden Bremsstufe II. Bis wieder ein stationärer Zustand eingestellt ist.

**[0037]** Anschließend erfolgt ein Aufintegrieren des so ermittelten Durchflusses  $\dot{V}$  unter Berücksichtigung der Anfangs- und Endzustände des herrschenden Drucks  $p_{HL}$  sowie der Umgebungstemperatur T gemäß vorstehend angegebener Gleichung [I]. Als Rechenergebnis ergibt sich das Volumen V der Hauptluftleitung HL. Hieraus wird durch die ebenfalls vorstehend angegebene Rechenbeziehung bei bekanntem Leitungsquerschnitt Q der Hauptluftleitung HL deren Länge berechnet, welcher der Zuglänge L entspricht.

**[0038]** Die Erfindung ist nicht beschränkt auf das vorstehend beschriebene bevorzugte Ausführungsbeispiel. Es sind vielmehr auch Abwandlungen hiervon denkbar, welche vom Schutzbereich der nachfolgenden Ansprüche mit umfasst sind. Es ist auch möglich, weitere störende Einflussgrößen zu ermitteln und als Korrekturwerte rechentechnisch zu berücksichtigen, damit eine präzise Zuglängenerkennung realisiert werden kann.

## Bezugszeichenliste

### [0039]

- 1 Wagen
- 2 Sensor
- 3 Triebfahrzeug
- 4 Auswerteeinheit
- 5 Leitungskupplung
- 6 Steuerventil
- 7 Bremszylinder
- 8 Vorratsluftbehälter

- HL Hauptluftleitung
- HB Hauptbehälterleitung
- V Volumen der Hauptluftleitung
- Q Leitungsquerschnitt der Hauptluftleitung
- $p_{HL}$  Druck in Hauptluftleitung
- $\dot{V}$  Durchfluss durch die Hauptluftleitung
- T Umgebungstemperatur
- L Zuglänge

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Zuglängenerkennung bei einem aus vielen Wagen (1a - 1c) bestehenden Zugverband, der über eine pneumatische Bremsanlage nach Maßgabe des Drucks in einer von Wagen (1a) zu Wagen (1c) geschleiften Hauptluftleitung (HL) in mehreren Bremsstufen gebremst wird, deren Druck ( $p_{HL}$ ) und Durchfluss ( $\dot{V}$ ) sowie die Umgebungstemperatur (T) sensortechnisch entlang der Zeitachse erfasst werden, woraus mittels elektronischer Auswerteeinheit (4) die Zuglänge (L) berechnet wird, wobei die sensortechnische Messgrößenerfassung ab dem stationären Zustand einer bestehenden Bremsstufe (I.) während der Ausführung der nächstfolgenden Bremsstufe (II.) durchgeführt wird, bis wieder ein stationärer Zustand erreicht ist, wonach durch Aufintegrieren des Durchflusses ( $\dot{V}$ ) während des Entlüftens der Hauptluftleitung (HL) zur Ausführung der nächstfolgenden Bremsstufe (II.) unter Berücksichtigung des im Anfangs- und Endzustand herrschenden Drucks ( $p_{HL}$ ) sowie der Umgebungstemperatur (T) das Volumen (V) der Hauptluftleitung (HL) berechnet wird, um hieraus bei bekanntem Leitungsquerschnitt (Q) die der Hauptluftleitungslänge entsprechende Zuglänge (L) zu ermitteln,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** bei zuvor zumindest einmaliger Bestimmung des Volumens (V) der Hauptluftleitung (HL) als Korrekturwert das Luftvolumen (V), welches durch Bremsbeschleunigungsverluste der einzelnen den Bremszylindern (7) zugeordneten Steuerventile (6) aus dem gelösten Zustand der Bremsanlage verlorengeht, rechenstechnisch bei der Ermittlung der Zuglänge (L) eliminiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** zur Ermittlung der Zuglänge (L) während des Belüftens der Hauptluftleitung (HL) die sensortechnische Messgrößenerfassung nur bis zum Erreichen des Drucks ( $p_{HL}$ ) des an die Hauptluftleitung (HL) angeschlossenen Vorratsluftbehälters (8) durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** beim Leitungsquerschnitt (Q) sowohl der Querschnitt der durch die einzelnen Wagen (1a - 1c) verlaufenden Hauptluftleitung (HL) als auch der Querschnitt der dazwischen angeordneten Leitungskupplungen (5) berücksichtigt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** im stationären Zustand der durch Leckage der pneumatischen Bremsanlage herbeigeführte Volumenstrom ( $\dot{V}_{Nleack}$ ) gemessen wird, um diese Messgröße zur rechenstechnischen Eliminierung der Störgröße als Korrekturwert bei der Ermittlung der Zuglänge (L) zu nutzen.
5. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem Zweileitungsbetrieb, bei welchem die Druckluftverbraucher über eine separate Hauptbehälterleitung (HB) befüllt werden, wogegen die Hauptluftleitung (HL) exklusiv dem Bremsen dient, die Bestimmung des Volumens (V) der Hauptluftleitung (HL) während des Lösens der Bremsen infolge Belüftung der Hauptluftleitung (HL) durchgeführt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der die Leckage der Bremsanlage repräsentierende Korrekturwert in Abhängigkeit des Druck ( $p_{HL}$ ) vom gemessenen Durchfluss ( $\dot{V}$ ) subtrahiert wird.
7. Vorrichtung zur Zuglängenerkennung bei einem aus vielen Wagen (1a - 1c) bestehenden Zugverband, dessen pneumatische Bremsanlage nach Maßgabe des Drucks in einer von Wagen (1a) zu Wagen (1b) geschleiften Hauptluftleitung (HL) in mehreren Bremsstufen bremst, wobei Sensoren (2a - 2c) den Druck ( $p_{HL}$ ) und den Durchfluss ( $\dot{V}$ ) sowie die Umgebungstemperatur (T) entlang der Zeitachse erfassen, woraus eine elektronische Auswerteeinheit (4) die Zuglänge (L) berechnet, wobei die Auswerteeinheit (4) die sensortechnische Messgrößenerfassung ab dem stationären Zustand einer bestehenden Bremsstufe (I.) während der Ausführung der nächstfolgenden Bremsstufe (II.) durchführt, bis wieder ein stationärer Zustand erreicht ist, um durch Aufintegrieren des Durchflusses ( $\dot{V}$ ) während des Entlüftens der Hauptluftleitung (HL) zur Ausführung der nächstfolgenden Bremsstufe (II.) unter Berücksichtigung des im Anfangs- und Endzustand herrschenden Drucks ( $p_{HL}$ ) sowie der Umgebungstemperatur (T) das Volumen (V) der Hauptluftleitung (HL) zu berechnen, um hieraus bei bekanntem Leitungsquerschnitt (Q) die der Hauptluftleitungslänge entsprechende Zuglänge (L) zu ermitteln,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** zum Messen des Durchflusses ( $\dot{V}$ ) der Hauptluftleitung (HL) während des Wechsels zwischen den stationären Zuständen der Sensor (2b) zum Einsatz kommt, während zur Leckagemessung in einem stationären Zustand ein demgegenüber kleiner dimensionierter zweiter Sensor (2b') zum Einsatz kommt und dass die elektronische Auswerteeinheit (4) dazu ausgebildet ist, bei zuvor zumindest einmaliger Bestimmung des Volu-

mens (V) der Hauptluftleitung (HL) als Korrekturwert das Luftvolumen (V), welches durch Bremsbeschleunigungsverluste der einzelnen den Bremszylindern (7) zugeordneten Steuerventile (6) aus dem gelösten Zustand der Bremsanlage verlorengeht, rechentechnisch bei der Ermittlung der Zuglänge (L) zu eliminieren.

- 5 8. Zugverband mit vielen Wagen (1a - 1c), die jeweils durch eine pneumatische Bremsanlage nach Maßgabe einer durchgeschleiften Hauptluftleitung (HL) bremsbar sind, umfassend eine Vorrichtung zur Zuglängenerkennung nach Anspruch 7.

## 10 Claims

1. Method for train length detection in a train formation consisting of many carriages (1a - 1c), which is braked via a pneumatic brake system in several braking stages in accordance with the pressure in a main air line (HL) looped from carriage (1a) to carriage (1c), the pressure ( $p_{HL}$ ) and flow rate (V) of the main air line (HL) and the ambient temperature (T) being measured by sensor-technological means along the time axis, wherefrom the train length (L) is calculated by means of an electronic evaluation device (4), wherein the sensor-technological detection of measured variables is carried out from the stationary state of an existing braking stage (I.) during the next braking stage (II.) until a stationary state is once again reached, whereupon, by integrating the flow rate (V) during the venting of the main air line (HL) for carrying out the next braking stage (II.), the volume (V) of the main air line (HL) is calculated taking account of the pressure ( $p_{HL}$ ) prevailing in the starting and the end state and of the ambient temperature (T), in order to determine therefrom, at a known line cross-section (Q), the train length (L) corresponding to the length of the main air line,  
**characterised in that**, if the volume (V) of the main air line (HL) has previously been determined at least once, the air volume (V) lost by brake acceleration losses of the individual control valves (6) assigned to the brake cylinders (7) from the released state of the brake system is eliminated computationally as a correction value in the determination of the train length (L).
2. Method according to claim 1,  
**characterised in that**, for determining the train length (L) during the ventilation of the main air line (HL), the sensor-technological detection of measured variables is carried out only until the pressure ( $p_{HL}$ ) of the air reservoir (8) connected to the main air line (HL) is reached.
3. Method according to claim 1,  
**characterised in that** in the line cross-section (Q) both the cross-section of the main air line (HL) running through the individual carriages (1a - 1c) and the cross-section of the line couplings (5) located in between are taken into account.
4. Method according to claim 1,  
**characterised in that**, in the stationary state, the volumetric flow rate ( $V_{Nleck}$ ) caused by leakage of the pneumatic brake system is measured in order to use this measured variable in the computational elimination of the disturbance variable as correction value in the determination of the train length (L).
5. Method according to claim 1,  
**characterised in that**, in a two-line operation, in which the compressed air users are charged via a separate main reservoir line (HB), while the main air line (HL) is exclusively used for braking, the volume (V) of the main air line (HL) is determined while the brakes are released as a result of the ventilation of the main air line (HL).
6. Method according to claim 5,  
**characterised in that** the correction value representing the leakage of the brake system is subtracted from the measured flow rate (V) as a function of the pressure ( $p_{HL}$ ).
7. Device for train length detection in a train formation consisting of many carriages (1a - 1c), the pneumatic brake system of which brakes in several braking stages in accordance with the pressure in a main air line (HL) looped from carriage (1a) to carriage (1b), wherein sensors (2a - 2c) detect the pressure ( $p_{HL}$ ) and flow rate (V) and the ambient temperature (T) along the time axis, wherefrom an electronic evaluation unit (4) calculates the train length (L), wherein the evaluation unit (4) carries out the sensor-technological detection of measured variables from the stationary state of an existing braking stage (I.) during the next braking stage (II.) until a stationary state is once again reached, in order to calculate, by integrating the flow rate (V) during the venting of the main air line (HL) for



carrying out the next braking stage (II.), the volume (V) of the main air line (HL), taking account of the pressure ( $p_{HL}$ ) prevailing in the starting and the end state and of the ambient temperature (T), in order to determine therefrom, at a known line cross-section (Q), the train length (L) corresponding to the length of the main air line,  
**characterised in that** the sensor (2b) is used for measuring the flow rate (V) of the main air line (HL) during the switch between the stationary states, while a second sensor (2b') of smaller dimensions is used for measuring leakage in a stationary state, and **in that** the electronic evaluation unit (4) is designed to eliminate, if the volume (V) of the main air line (HL) has previously been determined at least once, the air volume (V) lost by brake acceleration losses of the individual control valves (6) assigned to the brake cylinders (7) from the released state of the brake system as a correction value computationally in the determination of the train length (L).

8. Train formation consisting of many carriages (1a - 1c), each of which can be braked by a pneumatic brake system in accordance with a looped-through main air line (HL), comprising a device for train length detection according to claim 7.

## Revendications

1. Procédé de détection de la longueur d'un train pour un convoi constitué de plusieurs voitures (1a à 1c), qui est freiné en plusieurs paliers de freinage par l'intermédiaire d'un système de freinage pneumatique en fonction de la pression dans un conduit (HL) d'air principal en boucle de voiture (1a) à voiture (1c), dont la pression ( $p_{HL}$ ) et le débit (V), ainsi que la température (T) ambiante sont détectés par une technique de capteur le long de l'axe du temps, en calculant la longueur (L) du train à l'aide d'une unité (4) électronique d'exploitation, la détection de grandeurs de mesure en technique de capteur s'effectuant à partir de l'état stationnaire d'un échelon (I.) de freinage existant pendant l'exécution de l'échelon (II.) de freinage venant immédiatement ensuite, jusqu'à obtenir à nouveau un état stationnaire, suivant lequel, par intégration du débit ( $\dot{V}$ ) pendant la purge du conduit (HL) d'air principal pour l'exécution de l'échelon (II.) de freinage venant immédiatement ensuite, on calcule, en tenant compte de la pression ( $p_{HL}$ ) régnant à l'état de début et à l'état de fin, ainsi que de la température (T) ambiante, le volume (V) du conduit (HL) d'air principal, pour en déterminer, pour une section (Q) transversale de conduit connue, la longueur (L) du train correspondant à la longueur du conduit d'air principal,  
**caractérisé en ce que** on élimine, par une technique de calcul lors de la détermination de la longueur (L) du train, en déterminant au moins une fois auparavant le volume (V) du conduit (HL) d'air principal comme valeur de correction, le volume (V) de l'air, qui se perd dans de l'état desserré du système de freinage par des pertes d'accélération de freinage des diverses vannes (6) de commande associées aux cylindres (7) de frein.
2. Procédé suivant la revendication 1,  
**caractérisé en ce que**, pour déterminer la longueur (L) du train, on effectue, pendant l'alimentation en air du conduit (HL) d'air principal, la détection de grandeurs de mesure en technique de capteur, seulement jusqu'à ce que soit atteinte la pression ( $p_{HL}$ ) du réservoir (8) d'air raccordé au conduit (HL) d'air principal.
3. Procédé suivant la revendication 1,  
**caractérisé en ce que**, pour la section (Q) transversale du conduit, on prend en compte à la fois la section transversale du conduit (HL) d'air principal passant dans les diverses voitures (1a à 1c) et la section transversale des accouplements (5) de conduit disposés entre elles.
4. Procédé suivant la revendication 1,  
**caractérisé en ce qu'on** mesure à l'état stationnaire le courant ( $\dot{V}_{Nleck}$ ) en volume provoqué par des fuites du système de freinage pneumatique, afin d'utiliser cette grandeur de mesure lors de la détermination de la longueur (L) du train pour éliminer par une technique de calcul les grandeurs parasites.
5. Procédé suivant la revendication 1,  
**caractérisé en ce que**, dans un fonctionnement à deux lignes, dans lequel les consommateurs d'air comprimé sont remplis par l'intermédiaire d'un conduit (HB) distinct de réservoir principal, tandis que le conduit (HL) d'air principal sert exclusivement au freinage, on effectue la détermination du volume (V) du conduit (HL) d'air principal pendant le desserrage du frein à la suite de l'alimentation en air du conduit (HL) d'air principal.
6. Procédé suivant la revendication 5,  
**caractérisé en ce qu'on** soustrait du débit ( $\dot{V}$ ) mesuré la valeur de correction, représentant les fuites du système de freinage, en fonction de la pression ( $p_{HL}$ ).

- 5 7. Dispositif de détection de la longueur d'un train pour un convoi constitué de plusieurs voitures (1a à 1c), dont le système de freinage pneumatique freine en plusieurs échelons de freinage en fonction de la pression dans une ligne (HL) d'air principal en boucle de voiture (1a) à voiture (1b), des capteurs (2a à 2c) détectant la pression ( $p_{HL}$ ) et le débit ( $\dot{V}$ ), ainsi que la température (T) ambiante le long de l'axe du temps, une unité (4) électronique d'exploitation en calculant la longueur (L) du train, l'unité (4) d'exploitation effectuant la détection de grandeurs de mesure en technique de capteur à partir de l'état stationnaire d'un échelon (I.) de freinage existant pendant l'exécution de l'échelon (II.) de freinage venant immédiatement ensuite, jusqu'à ce qu'un état stationnaire soit atteint à nouveau, pour calculer le volume (V) du conduit (HL) d'air principal en intégrant le débit (V) pendant la purge du conduit (HL) d'air principal pour l'exécution de l'échelon (II.) de freinage venant immédiatement ensuite, en tenant compte de la pression ( $p_{HL}$ ) régnant à l'état initial et à l'état final, ainsi que de la température (T) ambiante, afin d'en déterminer pour une section (Q) transversale du conduit connue, la longueur (L) du train correspondant à la longueur du conduit d'air principal, **caractérisé en ce que**, pour mesurer le débit ( $\dot{V}$ ) du conduit (HL) d'air principal pendant le passage entre les états stationnaires, le capteur (2b) est utilisé, tandis que pour la mesure de fuites dans un état stationnaire, on utilise un deuxième capteur (2b') de dimension plus petite et **en ce que** l'unité (4) électronique d'exploitation est constituée pour éliminer en technique de calcul dans la détermination de la longueur (L) du train, en ayant déterminé auparavant au moins une fois le volume (V) du conduit (HL) d'air principal comme valeur de correction, le volume (V) d'air qui se perd à partir de l'état desserré du système de freinage par des pertes d'accélération de freinage des diverses vannes (6) de commande associées aux cylindres de frein.
- 10
- 15
- 20 8. Convoi ayant plusieurs voitures (1a à 1c) qui peuvent être freinées respectivement par un système de freinage pneumatique en fonction d'un conduit (HL) d'air principal en boucle comprenant un dispositif de détection de la longueur du train suivant la revendication 7.

25

30

35

40

45

50

55

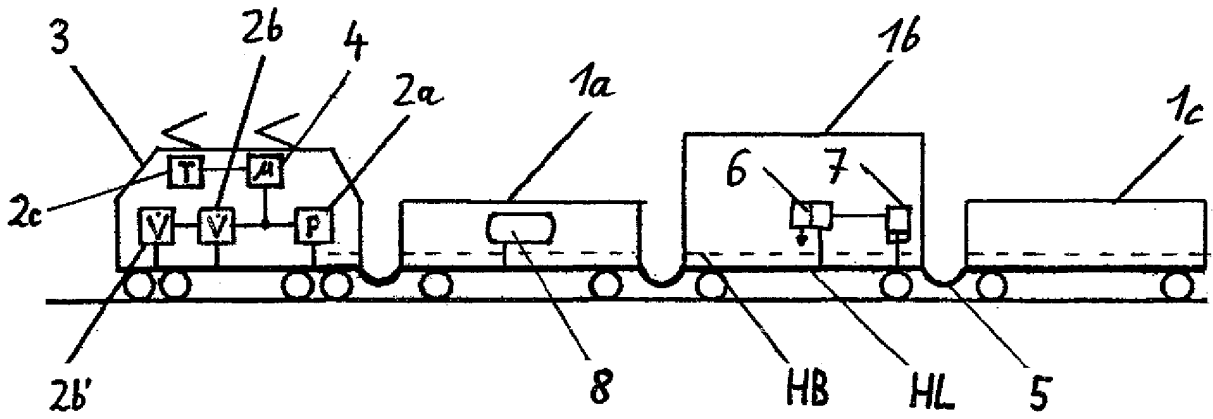


Fig. 1

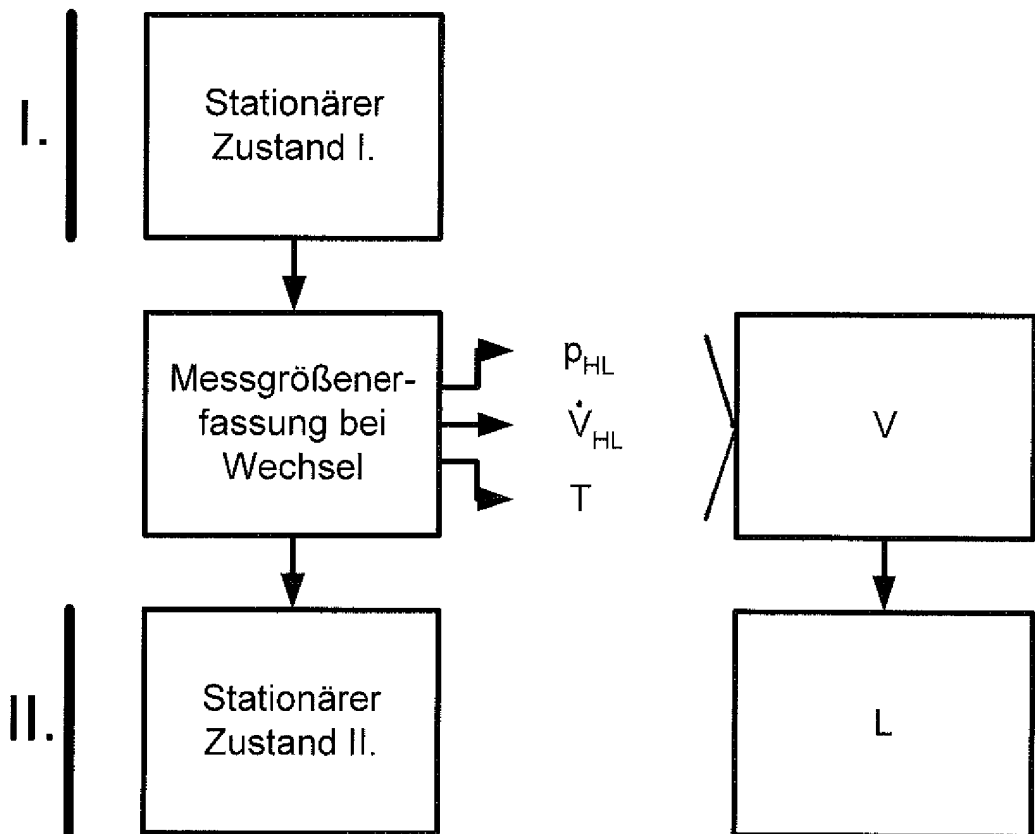


Fig. 2

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 19902777 A1 [0004]
- DE 19933798 A1 [0007]
- DE 10009324 A1 [0009]
- DE 10112920 A1 [0012]
- DE 19828906 C1 [0013]