



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 012 378.5**

(22) Anmeldetag: **21.09.2015**

(43) Offenlegungstag: **23.03.2017**

(51) Int Cl.: **B60T 8/172 (2006.01)**

B60T 7/12 (2006.01)

B60T 8/17 (2006.01)

(71) Anmelder:
WABCO GmbH, 30453 Hannover, DE

(72) Erfinder:
Eckert, Horst, 31547 Rehburg-Loccum, DE

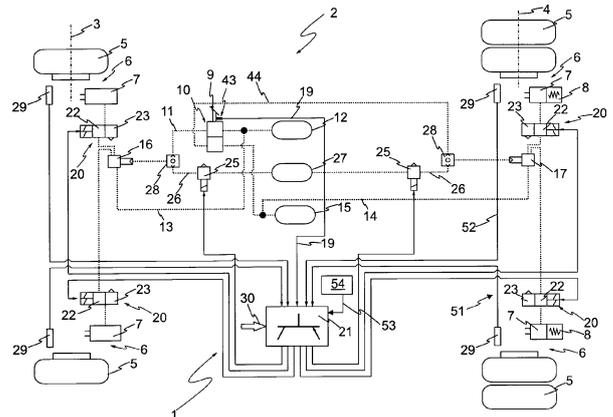
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Einstellen von Bremsdrücken eines Kraftfahrzeugs, Bremsanlage zur Durchführung des Verfahrens sowie Kraftfahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einstellen von Bremsdrücken (P) an pneumatisch betätigten Radbremsen (6) eines Kraftfahrzeugs (2), wobei der Bremsdruck in einem Normalbremsmodus (18) in Abhängigkeit einer Fahrerbremsanforderung (19) eingestellt wird. In einem Drucksteuermodus (24) stellt eine Steuereinheit (21) während des Empfangs einer von der Fahrerbremsanforderung (19) unabhängigen externen Bremsanforderung (30) den Bremsdruck an den jeweiligen Radbremsen (6) entsprechend einem resultierenden Soll-Verzögerungswert ein, wobei die Steuereinheit (21) den resultierenden Soll-Verzögerungswert unter Verknüpfung des externen Soll-Verzögerungswerts gemäß der externen Bremsanforderung (30) und einem der Fahrerbremsanforderung (19) entsprechenden Größenwert ermittelt.

Das Verfahren betrifft außerdem eine Bremsanlage (2) zur Durchführung des Verfahrens sowie ein Kraftfahrzeug (1) mit einer derartigen Bremsanlage.

Um bei der Einstellung des Bremsdrucks in einem Drucksteuermodus (24) mit externer Bremsanforderung (30) und zusätzlicher Fahrerbremsanforderung (19) zuverlässig ein ruckfreies und stetiges Bremsverhalten des Kraftfahrzeugs (2) zu gewährleisten, ist erfindungsgemäß vorgesehen, im Normalbremsmodus (18) unter Berücksichtigung des Größenwerts der Fahrerbremsanforderung (19) wenigstens einer Bremsung und eines gemessenen oder ermittelten Ist-Verzögerungswerts der Fahrzeugverzögerung einen Bremsleistungsindex (34) zu ermitteln, welcher quantitativ die Bremswirkung der Radbremsen (6) repräsentiert. Der Bremsleistungsindex (34) wird für eine Berücksichtigung im Drucksteuermodus (24) bereitgehalten und im Drucksteuermodus (24) mit dem Größenwert der Fahrerbremsanforderung (19) verknüpft.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einstellen von Bremsdrücken an den Radbremsen eines Kraftfahrzeugs gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Außerdem betrifft die Erfindung eine Bremsanlage eines Kraftfahrzeugs gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 13 sowie gemäß Anspruch 17 ein Kraftfahrzeug mit einer solchen Bremsanlage.

[0002] Zum Abbremsen eines Kraftfahrzeugs werden die Räder des Kraftfahrzeugs gebremst. Insbesondere bei Nutzfahrzeugen sind den Radbremsen der Räder jeweils Bremszylinder zugeordnet, wobei der erforderliche Bremsdruck in der Regel pneumatisch erzeugt wird. Fordert der Fahrer des Fahrzeugs eine Bremsung über ein Bremspedal an, so wird der Bremsdruck in einem Normalbremsmodus in Abhängigkeit der Fahrerbremsanforderung eingestellt. Bei bekannten Bremsanlagen wird oft mittels des Bremspedals ein Betriebsbremsventil betätigt, welches die Versorgung der Bremszylinder aus einem Druckvorrat beherrscht.

[0003] Alternativ zum Normalbremsmodus wird der Bremsdruck von einer Steuereinheit an den jeweiligen Radbremsen nach den Vorgaben der Steuereinheit eingestellt. DE 10 2009 058 154 A1 offenbart eine derartige Bremsanlage, deren Steuereinheit im Drucksteuermodus die erforderlichen Bremsdrücke bei Feststellung entsprechender Bremsbedürfnisse einstellt. Derartige Bremsbedürfnisse können beispielsweise Antiblockiereingriffe sein, wenn ein Bremsbedürfnis an bestimmten Rädern festgestellt wird. Die bekannte Bremsanlage berücksichtigt auch externe Bremsanforderungen, beispielsweise eines Fahrerassistenzsystems. Fahrerassistenzsysteme als von der Steuereinheit getrennt ausgeführte Systeme geben Signale entsprechend der externen Bremsanforderung an die Steuereinrichtung der Bremsanlage aus, beispielsweise über einen Datenbus. Der Steuereinheit wird auf diese Weise im Drucksteuermodus ein externer Sollverzögerungswert vorgegeben, das heißt ein Wert, welcher die vom Fahrerassistenzsystem gewünschte Verzögerung des Kraftfahrzeugs repräsentiert. Treten im Drucksteuermodus sowohl externe Bremsanforderungen als auch eine Fahrerbremsanforderung auf, das heißt der Fahrer bremst zu der externen Bremsanforderung hinzu, so stellt die Steuereinheit den Bremsdruck an den jeweiligen Radbremsen entsprechend einem resultierenden Sollverzögerungswert der Fahrzeugverzögerung ein. Die Steuereinheit ermittelt den resultierenden Sollverzögerungswert unter Verknüpfung des externen Sollverzögerungswerts gemäß der externen Bremsanforderung und einem der Fahrerbremsanforderung entsprechenden Größenwert.

[0004] Bei der bekannten Bremsanlage werden die Fahrerbremsanforderung und die externe Bremsanforderung additiv ausgeübt. Alternativ soll bei der bekannten Bremsanlage in einem Modus „Maximum“ die Steuereinheit nur den Maximalwert der bereits von der Bremsanlage intern angeforderten Sollverzögerungswerte und der externen Sollverzögerungswerte gebildet werden, wobei die externe Bremsanforderung nur eingestellt wird, wenn sie höher ist als die interne Bremsanforderung. Durch die Verknüpfung der externen Bremsanforderung und der Fahrerbremsanforderung zu einem resultierenden Bremsdruck ist sichergestellt, dass eine externe Bremsanforderung im Drucksteuermodus auch bei Fehlen einer Fahrerbremsanforderung angesteuert wird.

[0005] Im Drucksteuermodus mit einer Kombination aus externer Bremsanforderung und einer Fahrerbremsanforderung kommt es oft zu unerwünschten Ruckerscheinungen.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei der Einstellung des Bremsdrucks in einem Drucksteuermodus mit externer Bremsanforderung und zusätzlicher Fahrerbremsanforderung zuverlässig ein ruckfreies und stetiges Bremsverhalten des Kraftfahrzeugs zu gewährleisten.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die Aufgabe wird außerdem durch eine Bremsanlage eines Kraftfahrzeugs zur Durchführung des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst. Ferner löst Anspruch 17 die Aufgabe durch ein Kraftfahrzeug mit einer derartigen Bremsanlage.

[0008] Erfindungsgemäß wird im Normalbremsmodus unter Berücksichtigung des der Steuereinheit eingegebenen Größenwerts der Fahrerbremsanforderung wenigstens einer Bremsung durch den Fahrer des Kraftfahrzeugs und eines gemessenen oder ermittelten Ist-Verzögerungswerts der Fahrzeugverzögerung ein Bremsleistungsindex ermittelt, welcher quantitativ die Bremswirkung der Radbremsen repräsentiert. Die erfindungsgemäße Bremsanlage umfasst Mittel zur Bestimmung des Ist-Verzögerungswerts der Fahrzeugverzögerung, nämlich in einer vorteilhaften Ausführungsform einen Beschleunigungssensor. In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird der Ist-Verzögerungswert durch Auswertung der Signale von Drehzahlsensoren der Radbremsen ermittelt. Der ermittelte Bremsleistungsindex charakterisiert die Bremswirkung der Radbremsen auf das Kraftfahrzeug bei der jeweiligen Bremsung und berücksichtigt in seiner quantitativen Information sämtliche Einflussgrößen auf das Bremsverhalten des Kraftfahrzeugs und die Performance, das heißt insbesondere die Wirksamkeit, der Bremsanlage. Durch die Ermittlung des Bremsleistungsindex werden schwer erfassbare Einflussgrößen auf

das Bremsverhalten berücksichtigt, beispielsweise der Beladungszustand des Fahrzeugs oder Veränderungen des Reibwertes der Reibpartner der Radbremsen, nämlich Bremsscheibe oder Bremsstrommel einerseits und Bremsbelag der Radbremsen andererseits, durch ein sich geändertes, insbesondere hohes, Temperaturniveau der Reibpartner. Außerdem wird durch die Ermittlung und Berücksichtigung des Bremsleistungsindex bei der Steuerung des Bremsdrucks der Einfluss der Fahrbahneigung, das heißt der Einfluss eines Gefälles oder einer Steigung, einbezogen. In einer vorteilhaften Ausführungsform wird der Einfluss der Fahrbahneigung zu Bremsbeginn als ein Offsetwert erfasst und bei der Ermittlung des Bremsleistungsindex berücksichtigend herausgerechnet.

[0009] Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, dass unstetiges Bremsverhalten oder sogar unerwünschtes Rucken des Fahrzeugs in Fahrsituationen mit kombinierter Fahrerbremsanforderung und externer Bremsanforderung oft darauf zurückzuführen sind, dass die sich einstellende Ist-Verzögerung von der ermittelten Soll-Verzögerung stark abweicht.

[0010] Wird erfindungsgemäß im Drucksteuermodus der im Normalbremsmodus gelernte und bereitgehaltene Bremsleistungsindex mit dem Größenwert der Fahrerbremsanforderung verknüpft, so werden Veränderungen in der Performance der Bremsanlage aufgrund veränderbarer Umstände wie verändertem Beladungszustand oder verändertem Reibbeiwert der Reibpartner der Radbremsen ausgeglichen. Aufgrund dessen ist die Abweichung der Ist-Fahrzeugverzögerung von der Soll-Fahrzeugverzögerung, welche durch Steuerung des Bremsdrucks ausgeglichen wird, reduziert.

[0011] Der Bremsleistungsindex ist als relative Kennzahl zu verstehen, welche den Größenwert der Fahrerbremsanforderung und die Ist-Verzögerung berücksichtigt. Je nach Auslegung der Bremsanlage und insbesondere der Auswertung der Fahrerbremsanforderung wird der Bremsleistungsindex dimensionsbehaftet oder dimensionslos ermittelt.

[0012] Die Erfindung sieht demnach zur Verbesserung des Bremsverhaltens im Drucksteuermodus mit einer Kombination aus externer Bremsanforderung und Fahrerbremsanforderung das Einlernen des Bremsleistungsindex vor, welcher die Performance der Radbremsen, das heißt insbesondere deren Wirksamkeit, charakterisiert. Im Normalbremsmodus hat der Bremsleistungsindex keinen Einfluss auf die Einstellung des Bremsdrucks, sondern wird ausschließlich zur Berücksichtigung der Fahrsituation und der Fahrzeugcharakteristik gelernt und für den Drucksteuermodus bereitgehalten.

[0013] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird der Bremsleistungsindex ermittelt, indem bei einer Bremsung nach einer vorgegebenen Umrechnungsvorschrift ein der Fahrerbremsanforderung entsprechender Fahrersollverzögerungswert der Fahrzeugverzögerung bestimmt und mit dem Ist-Verzögerungswert der Fahrzeugverzögerung in Beziehung gesetzt wird. Die Umrechnungsvorschrift wird im Voraus ermittelt und ist in der Steuereinheit implementiert beziehungsweise ist der Steuereinheit zur Verfügung gestellt.

[0014] Da in der Umrechnungsvorschrift Fahrersollverzögerungswerte entsprechend der Fahrerbremsanforderung in der gleichen Dimension wie die externe Bremsanforderung berücksichtigt wird, wird im Drucksteuermodus bei einer späteren Berücksichtigung des im Normalbremsmodus gelernten Bremsleistungsindex die Ermittlung des Fahrersollverzögerungswerts vereinfacht. Dadurch werden Umrechnungsvorgänge auf ein Minimum reduziert. Sowohl der Fahrersollverzögerungswert als auch die externe Bremsanforderung liegen in der gleichen physikalischen Größe vor, nämlich in der Dimension Verzögerung (negative Beschleunigung), und sind daher ohne weitere Rechenschritte miteinander verknüpfbar.

[0015] Vorteilhaft wird der Bremsleistungsindex als Quotient des Fahrersollverzögerungswerts und des Ist-Verzögerungswerts angenommen, so dass direkte Rückschlüsse und Verknüpfungen möglich sind. Ein Wert des Bremsleistungsindex kleiner als 1 erlaubt den Rückschluss, dass die Bremswirkung der Radbremsen besser ist, als bei der Festlegung der Umrechnungsvorschrift vorgesehen war. Ist der Bremsleistungsindex größer als 1, ist die Performance der Bremsanlage schlechter als bei der Ermittlung der Umrechnungsvorschrift im Voraus angenommen wurde.

[0016] In einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die der Steuereinheit vorgegebene Umrechnungsvorschrift einen im Voraus bestimmten Bezugswert der Fahrerbremsanforderung beziehungsweise der physikalischen Größe, in welcher die Fahrerbremsanforderung der Steuereinheit mitgeteilt wird, und einen mit dem Bezugswert verknüpften Bezugsverzögerungswert. Als Fahrersollverzögerungswert, welcher der Ermittlung des Bremsleistungsindex zugrunde liegt, wird ein Anteil des vorgegebenen Bezugsverzögerungswerts ermittelt, welcher einem Anteil des Größenwerts der Fahrerbremsanforderung an den Bezugswert der Fahrerbremsanforderung entspricht. Vorzugsweise wird der Wert des prozentualen Anteils des Bezugsverzögerungswerts, welcher die Größe des Fahrersollverzögerungswerts bestimmt, gleich dem zuvor bestimmten Anteil des Bezugswerts der Fahrerbremsanforderung angenommen. Die Umrechnungsvorschrift ist ein vorgegebenes Umrechnungssaxiom, in welchem Eckwer-

te einer Skala angenommen sind, nämlich zum einen Null und zum anderen der als Bezugswert beziehungsweise Bezugsverzögerungswert vorgesehene Eckpunkt. Sämtliche Anteile an dem Bezugsverzögerungswert bilden dabei eine Verhältnisskala, wobei jedem Anteil der Verhältnisskala ein entsprechender Anteil der Fahrerbremsanforderung zugeordnet ist. Beispielsweise kann als Axiom für die Umrechnungsvorschrift ein Bezugsverzögerungswert von 1 g (etwa 10 m/s^2) mit dem Bezugswert der Fahrerbremsanforderung verknüpft sein, so dass mit dem Umrechnungssaxiom angenommen wird, dass eine Fahrerbremsanforderung von 100% eine Bremsverzögerung von 100% g (10 m/s^2) bewirkt. Entsprechend einer Verhältnisskala bewirkt somit eine Fahrerbremsanforderung von 0% eine Bremsverzögerung von 0% g. Mit einer derartigen Umrechnungsvorschrift auf der Grundlage eines Umrechnungssaxioms mit Verknüpfung von Bezugsverzögerungswert und im Voraus bestimmten Bezugswerten der Fahrerbremsanforderung kann jedem Größenwert der Fahrerbremsanforderung ein bestimmter Anteil an der Bezugsverzögerung zugeordnet werden.

[0017] Vorteilhaft wird mit der Umrechnungsvorschrift jedem Größenwert der Fahrerbremsanforderung ein bestimmter Anteil an den Bezugswert der Fahrerbremsanforderung zugeordnet und mit verhältnismäßig entsprechenden Anteilen der Bezugsverzögerung verknüpft. Wird beispielsweise die Fahrerbremsanforderung der Steuereinheit in der Dimension Druck eingegeben, so kann beispielsweise einem Druck von 2,0 bar ein Anteil an dem Bezugswert der Fahrerbremsanforderung von 20% zugeordnet werden. Beträgt im Betrieb des Fahrzeugs der gemessene oder ermittelte Ist-Verzögerungswert beispielsweise 30% g, so ergibt sich dann als Bremsleistungsindex der Quotient des Fahrersollverzögerungswerts und des Ist-Verzögerungswerts als $20\% \text{ g} / 30\% \text{ g} = 0,66$.

[0018] Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird im Drucksteuermodus ein der Fahrerbremsanforderung entsprechender Fahrersollverzögerungswert ermittelt und mit dem Bremsleistungsindex verknüpft. Vorteilhaft wird dabei der Fahrersollverzögerungswert im Drucksteuermodus aus einem die Fahrerbremsanforderung repräsentierenden Größenwert, beispielsweise einem Druckwert, oder einer prozentualen Fahrer-Bremsanforderung unter Einbeziehung der vorgegebenen Umrechnungsvorschrift ermittelt. Anders ausgedrückt ermittelt die Steuereinheit nach dem Einlesen der Fahrerbremsanforderung den Fahrersollverzögerungswert in der entgegengesetzten Richtung wie bei der Vorgehensweise zur Bestimmung des Bremsleistungsindex während des Normalbremsmodus. Es wird nämlich die Fahrerbremsanforderung mit dem bereitgehaltenen Bremsleistungsindex verknüpft, wobei das Ergebnis ein Fahrersollverzögerungswert in der Dimensi-

on Verzögerung (das heißt negative Beschleunigung) ist. Eine verbesserte Anpassung an die Performance der Bremsanlage während des Betriebs des Kraftfahrzeugs ist unter Berücksichtigung der die Performance beeinflussenden äußeren Einflüsse auf das Kraftfahrzeug gegeben, wenn bei weiteren Bremsungen im Normalbremsmodus jeweils aktuelle Werte des Bremsleistungsindex ermittelt werden. Der für den Drucksteuermodus bereitgehaltene Bremsleistungsindex wird unter Berücksichtigung des aktuellen Werts des Bremsleistungsindex von Bremsung zu Bremsung adaptiert und damit zunehmend genauer, feiner und aussagekräftiger.

[0019] Wird gemäß der Erfindung sowohl die Fahrerbremsanforderung als auch die externe Bremsanforderung in der Dimension Verzögerung ermittelt und miteinander verknüpft, so wird in einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Ist-Verzögerungswert mit dem resultierenden Sollverzögerungswert als Führungsgröße geregelt. Die erfindungsgemäße Bremsanlage weist dabei einen Regelkreis zur Einstellung des Ist-Verzögerungswerts auf, wobei in dem Regelkreis der Ist-Verzögerungswert die Regelgröße, der resultierende Sollverzögerungswert die Führungsgröße und der Bremsdruck die Stellgröße bildet. Durch Variation des Bremsdrucks wird der Ist-Verzögerungswert an den Sollverzögerungswert angeglichen, so dass der Bremsdruck durch Regelung der Ist-Verzögerung optimal eingestellt wird.

[0020] Die Steuereinheit ist in der bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bremsanlage Teil eines Antiblockiersystems und wertet dynamische Zustandsgrößen der zu bremsenden Räder aus. Bei Vorliegen einer Blockierneigung eines oder mehrerer Räder steuert oder regelt die Steuereinheit den Bremsdruck der betroffenen Radbremsen im Drucksteuermodus. Eingriffsmaßnahmen des Antiblockiersystems können somit als interne Bremsanforderungen bezeichnet werden, welche die Steuereinheit selbst aufgrund der Laufzeit zugeführten Messgrößen der dynamischen Zustandsgrößen der zu bremsenden Räder ermittelt und gegebenenfalls den Bremsdruck im Drucksteuermodus an bestimmten Radbremsen einstellt. Der Drucksteuermodus ist dabei eine Betriebsart, in welchem die Steuereinheit aktiv den Bremsdruck beeinflusst. Der Bremsdruck wird gemäß der Erfindung sowohl für Eingriffsmaßnahmen des Antiblockiersystems als auch für die Einsteuerung externer Bremsanforderung, wie z. B. einer Notbremsung, eingesetzt.

[0021] Der Ist-Verzögerungswert, der für die erfindungsgemäße Bestimmung eines Bremsleistungsindex ermittelt wird, bestimmt die Steuereinheit aus gemessenen dynamischen Zustandsgrößen der zu bremsenden Räder. Die Messungen der dynamischen Zustandsgrößen wertet die Steuereinheit außerdem für die Antiblockierfunktion aus. In einer wei-

teren vorteilhaften Ausführungsform werden außerdem Veränderungen der Fahrbahnneigung berücksichtigt und deren Einfluss auf die Bestimmung des Bremsleistungsindex verringert, indem der Ist-Verzögerungswert auf der Grundlage dynamischer Zustandsgrößen und dem Messsignal eines Längsbeschleunigungssensors ermittelt wird. Bei Vorliegen beider Signale ist es leicht möglich, eine sich während einer Bremsung ändernde Fahrbahnneigung zu erkennen.

[0022] Die Steuereinheit steuert den Bremsdruck im Drucksteuermodus jeweils über ein Drucksteuerventil der jeweiligen Radbremse. Die Bremskreise der Drucksteuerventile sind über Ansteuerung jeweils eines Aktivierungsventils pro Bremskreis mit einem Druckmittelvorrat verbindbar. Die Aktivierungsventile werden dabei von der Steuereinheit geschaltet. Bei Beendigung des Drucksteuermodus wird das Aktivierungsventil des betreffenden Bremskreises von der Steuereinheit in die Schließstellung gebracht, wodurch die Verbindung der angeschlossenen Drucksteuerventile mit dem Druckmittelvorrat getrennt ist. Der Bremsdruck an den Radbremsen ist im Normalbremsmodus allein in Abhängigkeit von der Fahrerbremsanforderung beeinflussbar, nämlich insbesondere über ein Betriebsbremsventil, dessen Stellung mittels eines Fahrpedals in der Fahrerkabine vom Fahrer des Kraftfahrzeugs veränderbar ist.

[0023] Die Aktivierungsventile sind vorteilhaft als 3/2-Wege-Ventile ausgebildet, wodurch die Druckleitung hinter dem Aktivierungsventil bedarfsweise entlüftet werden kann.

[0024] Die Anordnung der Aktivierungsventile in den jeweiligen Bremskreisen ermöglicht eine sofortige Beendigung des Drucksteuermodus durch Trennen der Drucksteuerventile von dem jeweiligen Druckmittelvorrat, so dass rasch vom Drucksteuermodus in den Normalbremsmodus umgeschaltet werden kann.

[0025] Die Erfindung ist insbesondere bei Kraftfahrzeugen vorteilhaft, welche mit pneumatisch betätigbaren Radbremsen ausgestattet sind. Verwendet wird sie bevorzugt bei Nutzfahrzeugen und Fahrzeugkombinationen mit einem Zugfahrzeug und einem oder mehreren Anhängfahrzeugen.

[0026] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

[0027] Fig. 1 ein pneumatisches und elektrisches Schema einer Bremsanlage eines Nutzfahrzeugs,

[0028] Fig. 2 ein Flussschaubild eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Einstellen der Bremsdrücke in einer Bremsanlage,

[0029] Fig. 3 ein Zuordnungsschema für ein Ausführungsbeispiel der Ermittlung eines Sollverzögerungswerts anhand einer Zuordnungsvorschrift,

[0030] Fig. 4 ein Flussschaubild des Ausführungsbeispiels der Ermittlung eines Sollverzögerungswerts gemäß Fig. 3.

[0031] Fig. 1 zeigt einen elektrisch-pneumatischen Plan einer Bremsanlage **1** eines Kraftfahrzeugs **2**, insbesondere eines Nutzfahrzeugs. Elektrische Leitungen sind mit Volllinien und pneumatische Leitungen mit punktierten Linien dargestellt. Das Kraftfahrzeug **2** umfasst im gezeigten Ausführungsbeispiel zwei Achsen, nämlich eine Vorderachse **3** und eine Hinterachse **4**, an denen jeweils beidseitig Räder **5** angeordnet sind. Zum Abbremsen der Räder **5** ist jedem Rad **5** eine Radbremse **6** zugeordnet. Die Radbremsen **6** sind pneumatisch betätigbar und weisen jeweils einen Bremszylinder **7** auf. Die Radbremsen **6** üben entsprechend dem jeweils im Bremszylinder **7** anliegenden pneumatischen Bremsdruck eine Bremskraft auf das drehende Rad **5** aus. An den Rädern **5** der Hinterachse **4** sind dabei Bremszylinder **7** mit Federspeichern **8** vorgesehen, welche einer Feststellbremse dienen.

[0032] In der Fahrerkabine des Kraftfahrzeugs **2** ist ein Bremspedal **9** angeordnet, welches an ein Betriebsbremsventil **10** gekoppelt ist. Der Fahrer des Kraftfahrzeugs **2** kann durch Betätigen des Bremspedals **9** pneumatischen Druck zu den Bremszylindern **7** durchschalten und somit die Radbremsen **6** betätigen. Hierzu beherrscht das Betriebsbremsventil **10** pneumatische Bremsleitungen **11**, **44** zwischen den Druckmittelvorräten **12**, **15** und den Bremszylindern **7**.

[0033] Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Radbremsen **6** der Vorderachse **3** einem gemeinsamen ersten Bremskreis **13** zugeordnet, während die Radbremsen **6** der Hinterachse **4** über einen zweiten Bremskreis **14** betätigbar sind. Der erste Druckmittelvorrat **12** ist dabei dem ersten Bremskreis **13** zugeordnet und über die Bremsleitung **11** an die Bremszylinder **7** der Vorderachse **3** angeschlossen. Der zweite Bremskreis **14** der Hinterachse **4** wird über einen zweiten Druckmittelvorrat **15** mit Druckmittel versorgt. Der zweite Bremskreis **14** ist analog dem ersten Bremskreis **13** aufgebaut, das heißt, dass die Bremsleitung **44** zwischen dem zweiten Druckmittelvorrat **15** zu den Radbremsen **6** der Hinterachse **4** über das Betriebsbremsventil **10** freigebbar ist und daher der Bremsdruck in Abhängigkeit von der Stellung des Bremspedals **9** einstellbar ist.

[0034] Im ersten Bremskreis **13** ist ein pneumatisch betätigbares Relaisventil **16** und analog im zweiten Bremskreis **14** ein Relaisventil **17** angeordnet. Die pneumatisch betätigbaren Relaisventile **16**, **17** wer-

den über den pneumatischen Druck aus dem jeweils angeschlossenen Druckmittelvorrat **12**, **15** geöffnet. Wird das Betriebsbremsventil **10** geöffnet, schalten die Relaisventile **16**, **17** anstehenden Bremsdruck zu den angeschlossenen Radbremsen **6** durch. In einem Normalbremsmodus (Bezugszeichen **18** in **Fig. 2**) ist der Bremsdruck in den Radbremsen **6** in Abhängigkeit der Fahrerbremsanforderung (Bezugszeichen **19** in **Fig. 2**) einstellbar. Im Normalbremsmodus **18** hat daher der Fahrer des Kraftfahrzeugs **2** über die Betätigung des Bremspedals **9** die volle Kontrolle über das Bremsverhalten des Kraftfahrzeugs **2**.

[0035] Jeder Radbremse **6** der Bremsanlage **1** ist ein Drucksteuerventil **20** zugeordnet, welche von einer Steuereinheit **21** elektrisch angesteuert werden. Die Drucksteuerventile **20** der Radbremsen **6** der Vorderachse **3** sind im ersten Bremskreis **13** und die Drucksteuerventile **20** der Hinterachse **4** im zweiten Bremskreis **14** angeordnet. Die Drucksteuerventile **20** sind jeweils eine Kombination von wenigstens zwei Magnetventilen, nämlich einem Einlassventil **22** und einem Auslassventil **23**. Das Einlassventil **22** dient dabei prinzipiell zur Druckerhöhung beziehungsweise zum Halten des Drucks im Bremszylinder **7**, während das Auslassventil **23** zur Reduzierung des Bremsdrucks geöffnet wird und den jeweils angeschlossenen Bremszylinder **7** entlüftet. Das Einlassventil **22** und das Auslassventil **23** sind im Ausführungsbeispiel 2/2-Wege-Ventile, welche elektrisch von der Steuereinheit **21** ansteuerbar sind. Im Normalbremsmodus **18** sind die Einlassventile **22** in die geöffnete und die Auslassventile **23** in die geschlossene Stellung geschaltet, so dass der Bremsdruck durchgeschaltet ist.

[0036] Die Drucksteuerventile **20** werden von der Steuereinheit **21** in einem Drucksteuermodus (Bezugszeichen **24** in **Fig. 2**) angesteuert. Im Drucksteuermodus **24** übernimmt die Steuereinheit **21** die Einstellung des Bremsdrucks der jeweiligen Radbremsen **6** durch entsprechende Ansteuerung der Drucksteuerventile **20**. Jedem Bremskreis **13**, **14** ist ein elektrisch betätigbares Aktivierungsventil **25** zugeordnet, welche von der Steuereinheit **21** betätigbar sind. Jedes Aktivierungsventil **25** ist als 3/2-Wege-Ventil ausgebildet, wodurch die Druckleitung hinter dem Aktivierungsventil bedarfsweise entlüftet werden kann. Im Drucksteuerbetrieb **24** wird durch Ansteuerung der Aktivierungsventile **25** Bremsdruck zu den Drucksteuerventilen **20** durchgeschaltet. Im gezeigten Ausführungsbeispiel beherrschen die Aktivierungsventile **25** jeweils eine Druckleitung **26** von einem dritten Druckmittelspeicher **27** zu den Relaisventilen **16**, **17**. Durch Betätigung des Aktivierungsventils **25** des ersten Bremskreises **13** kann somit das Relaisventil **16** der Vorderachse **3** betätigt werden. Analog wird das Relaisventil **17** der Hinterachse **4** durch Betätigung des Aktivierungsventils **25** des zweiten Bremskreises **14** betätigt.

[0037] Das Betriebsbremsventil **10** und die Aktivierungsventile **25** sind jeweils über ein Doppelrückschlagventil **28** auf den pneumatischen Steuereingang des Relaisventils **16**, **17** des jeweiligen Bremskreises **13**, **14** gekoppelt.

[0038] Die Steuereinheit **21** ist dazu ausgebildet und konfiguriert, unabhängig von der Fahrerbremsanforderung **19** selbsttätig im Drucksteuermodus **24** auf den Bremsvorgang einzuwirken. Hierzu ermittelt die Steuereinheit **21** einen bestimmten Brems-Solldruck und steuert diesen Brems-Solldruck an den jeweiligen Radbremsen **6** durch Betätigung der Drucksteuerventile **22** ein. Die Entscheidung über eine Bremsmaßnahme und Bestimmung des entsprechenden Brems-Solldrucks ermittelt die Steuereinheit **21** auf der Grundlage der ihr zugeführten Informationen.

[0039] Die Bremsanlage **1** umfasst ein Antiblockiersystem **51**, wobei dessen wesentliche Elemente die Steuereinheit **21** und Sensoren zur Ermittlung der Blockierneigung der Räder **5** sind. Der Steuereinheit **21** werden laufend ermittelte dynamische Zustandsgrößen **52** der Räder **5** zugeführt. Hierzu ist jedem Rad **5** ein Drehzahlsensor **29** zugeordnet, dessen Messsignale der Steuereinheit **21** eingegeben werden. Bei Feststellen einer Blockierneigung eines oder mehrerer Räder greift das Antiblockiersystem über die Steuereinheit **21** durch Steuerung des Bremsdrucks an der betreffenden Radbremse **6** im Drucksteuermodus **24** in den Bremsvorgang ein.

[0040] Durch Einstellung der Bremsdrücke im Drucksteuermodus **24** setzt die Steuereinheit **21** nicht nur interne Bremsanforderungen um, welche auf der Grundlage der ihr zugeführten dynamischen Zustandsgrößen des Fahrzeugs vorgegeben sind, sondern auch externe Bremsanforderungen **30**. Die externe Bremsanforderung **30** wird von einem Fahrerassistenzsystem vorgegeben. Unter einer externen Bremsanforderung **30** ist dabei die Anforderung von Bremsleistung durch ein oder mehrere Fahrerassistenzsysteme oder andere externe Systeme zu verstehen, welche aufgrund ihrer Funktion im Kraftfahrzeug **2** ein Bremsmanöver anfordern. Bei Empfang einer externen Bremsanforderung **30** schaltet die Steuereinheit **21** vom Normalbremsmodus **18** in den Drucksteuermodus **24** und übernimmt die Steuerung beziehungsweise Regelung der Bremsdrücke an den einzelnen Rädern **5**.

[0041] Wird die externe Bremsanforderung **30** zurückgenommen, das heißt, dass die Steuereinheit **21** keine externe Bremsanforderung **25** mehr empfängt, so leitet die Steuereinheit **21** eine Beendigung des Drucksteuermodus **24** ein, sofern keine Fahrerbremsanforderung **19** gegeben ist, das heißt, sofern der Fahrer nicht zusätzlich bremst. Diese Situation ist nachstehend anhand von **Fig. 2** noch näher erläutert. Mit der Beendigung des Drucksteuermodus **24** erhält

der Fahrer des Kraftfahrzeugs **2** somit wieder die volle Kontrolle über die Betätigung der Radbremsen **6** im Normalbremsmodus **18**.

[0042] Die Bremsanlage **1** umfasst einen Bremsignalgeber **43**, welcher signalübertragend mit der Steuereinheit **21** verbunden ist. Das Ausgangssignal des Bremsignalgebers **43** entspricht quantitativ der Fahrerbremsanforderung **19**, wobei beispielsweise die Stellung oder ein Betätigungsweg des Bremspedals **9**, ein Betätigungsweg eines Bauteils des Betriebsbremsventils **10** oder ein vom Betriebsbremsventil **10** ausgesteuerter Bremsdruck gemessen werden kann. Über die signalübertragende Verbindung wird der Steuereinheit **21** die Fahrerbremsanforderung **19** mitgeteilt. Auf diese Weise ist die Steuereinheit **21** in der Lage, im Drucksteuermodus **24** ein Hinzubremmen des Fahrers, das heißt eine zusätzliche und gleichzeitig zur externen Bremsanforderung **30** auftretende Fahrerbremsanforderung **19** zu berücksichtigen. Das Ausgangssignal des Bremsignalgebers **43** vermittelt der Steuereinheit im Drucksteuermodus **18** Größenwerte P-Soll (**Fig. 2**) mit quantitativen Informationen über die Fahrerbremsanforderung **19**. Im Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 2** wird der Steuereinheit **21** ein Sollbruch als Größenwert P-Soll der Fahrerbremsanforderung **19** vorgegeben.

[0043] Die Steuereinheit **21** berücksichtigt sowohl die Fahrerbremsanforderung **19** als auch die externe Bremsanforderung **30** in einem Verfahren zur Bestimmung des Bremsdrucks, welches nachstehend anhand von **Fig. 2** beschrieben ist.

[0044] Im Normalbremsmodus **18** wird der Bremsdruck stets allein in Abhängigkeit der Fahrerbremsanforderung **19** eingestellt. Die Fahrerbremsanforderung **19** wird der Steuereinheit **21** (**Fig. 1**) durch einen die Fahrerbremsanforderung **19** repräsentierenden Größenwert vorgegeben. Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird der Größenwert als einzustellender Soll-Bremsdruck P-Soll vorgegeben. Im Normalbremsmodus **18** stellt die Bremsanlage entsprechend der Betätigung des Betriebsbremsventils **10** (**Fig. 1**) ein. Empfängt die Steuereinheit **21** eine externe Bremsanforderung **30**, so wird in den Drucksteuermodus **24** umgeschaltet. Hierzu erfasst die Steuereinheit **21** in einem Moduserfassungsschritt **31** die zu berücksichtigenden Bremsanforderungen, nämlich die Fahrerbremsanforderung **19** und die externe Bremsanforderung **30**. Liegt keine externe Bremsanforderung **30** vor, so wird der Bremsdruck an den Radbremsen entsprechend dem Bremssollbruch (Größenwert P-Soll) eingestellt. Im Normalbremsmodus bleiben die Einlassventile **22** der Drucksteuerventile **20** geöffnet und die Auslassventile **23** geschlossen, wodurch der Fahrer des Kraftfahrzeugs **2** die volle Kontrolle über das Bremsmanöver hat.

[0045] Empfängt die Steuereinheit **21** eine externe Bremsanforderung **30**, so stellt die Steuereinheit **21** im Drucksteuermodus **24** an den Radbremsen **6** einen Bremsdruck P unter Berücksichtigung der externen Bremsanforderung **30** und einer gegebenenfalls gleichzeitigen Fahrerbremsanforderung **19** ein. Liegen sowohl externe Bremsanforderung **30** als auch eine Fahrerbremsanforderung **19** vor, beispielsweise wenn der Fahrer während des Drucksteuermodus **24** hinzubremst, so ermittelt die Steuereinheit den einzustellenden Bremsdruck P unter Verknüpfung der Fahrerbremsanforderung **19** und der externen Bremsanforderung **30**. Hierzu ist ein Verknüpfungsglied **32** vorgesehen.

[0046] Die externe Bremsanforderung **30** wird der Steuereinheit **21** als externer Sollverzögerungswert z-ext vorgegeben. Zur Verknüpfung des externen Sollverzögerungswerts z-ext mit der Fahrerbremsanforderung **19** wird der Größenwert P-Soll der Fahrerbremsanforderung **19** in einen Fahrersollverzögerungswert z-int in der Dimension Verzögerung umgerechnet. Der Fahrersollverzögerungswert z-int der Fahrzeugverzögerung wird mit dem externen Sollverzögerungswert z-ext von dem Verknüpfungsglied **32** zu einem resultierenden Sollverzögerungswert z-RES verknüpft, im Ausführungsbeispiel addiert. Die Umrechnung des Größenwerts der Fahrerbremsanforderung **19** in einen entsprechenden Fahrersollverzögerungswert z-int erfolgt in später noch erläutern-der Weise in einem Umrechnungsschritt **33**.

[0047] Im Normalbremsmodus **18** wird unter Berücksichtigung des Größenwerts P-Soll der Fahrerbremsanforderung **19**, das heißt des vom Fahrer vorgegebenen Sollbremsdrucks, während einer Bremsung und eines gemessenen oder ermittelten Ist-Verzögerungswerts z-Ist der Fahrzeugverzögerung ein Bremsleistungsindex **34** ermittelt, welcher quantitativ die Bremswirkung der Radbremsen repräsentiert. Den Ist-Verzögerungswerts z-Ist der Fahrzeugverzögerung ermittelt die Steuereinheit **21** durch Auswertung der dynamischen Zustandsgrößen **52** der zu bremsenden Räder **5**. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Steuereinheit **21** außerdem ein Längsbeschleunigungssensor **54** zugeordnet, dessen Messsignal **53** der Steuereinheit **21** eingegeben wird. Die Steuereinheit **21** ermittelt den Ist-Verzögerungswert z-Ist auf der Grundlage der dynamischen Zustandsgrößen **52** und dem Messsignal **53** des Längsbeschleunigungssensors **54**, so dass Änderungen der Fahrbahnneigung während des Bremsmanövers bei der Bestimmung des Bremsleistungsindex **34** berücksichtigt sind.

[0048] Der Bremsleistungsindex **34** wird in einem Ermittlungsschritt **36** ermittelt, in dem bei einer Bremsung nach einer vorgegebenen Umrechnungsvorschrift **37** ein der Fahrerbremsanforderung **19** entsprechender Fahrersollverzögerungswert z-int be-

stimmt und mit einem gemessenen oder ermittelten Ist-Verzögerungswert z_{Ist} in Beziehung gesetzt wird. Der Ist-Verzögerungswert z_{Ist} kann durch einen nicht dargestellten Längsbeschleunigungssensor der Bremsanlage **1** (**Fig. 1**) bereitgestellt werden. Alternativ wird der Ist-Verzögerungswert z_{Ist} aus den Sensorsignalen der Drehzahlsensoren **29** ermittelt.

[0049] Ein Ausführungsbeispiel zur Ermittlung des Fahrersollverzögerungswerts z_{int} anhand der vorgegebenen Umrechnungsvorschrift **37** ist nachstehend anhand von **Fig. 3** und **Fig. 4** erläutert. Die Umrechnungsvorschrift **37** umfasst einen im Voraus bestimmten Bezugswert **45** der Fahrerbremsanforderung **19** und einen damit verknüpften Bezugsverzögerungswert **46**, wobei als Fahrersollverzögerungswert z_{int} ein Anteil **47** an dem angenommenen Bezugsverzögerungswert **46** ermittelt wird, welcher dem Anteil der Fahrerbremsanforderung **19** an dem Bezugswert **45** der Fahrerbremsanforderung **19** zugeordnet ist. Die Umrechnungsvorschrift **37** legt dabei ein Umrechnungssaxiom fest. Beispielsweise kann angenommen werden, dass eine Fahrerbremsanforderung **19** mit einem Bezugswert **45** von 100% eine Fahrzeugverzögerung mit dem Bezugsverzögerungswert **46** von 100% g (10 m/s^2) bewirkt. Der Bezugswert **45** der Fahrerbremsanforderung **19** und der damit verknüpfte Bezugsverzögerungswert **46** bilden den Referenzpunkt auf einer Verhältnisskala, bei der für eine Fahrerbremsanforderung von 0% eine effektive Fahrzeugverzögerung von 0% g angenommen ist.

[0050] Mit der so getroffenen Festlegung im Sinne eines Umrechnungssaxioms wird in der Umrechnungsvorschrift **37** jedem Größenwert (Bremsdruck P-Soll) der Fahrerbremsanforderung **19** ein bestimmter Anteil **47** an dem Bezugswert **45** der Fahrerbremsanforderung **19**, das heißt ein entsprechender Prozentsatz, zugeordnet und mit verhältnismäßig entsprechenden Anteilen der Bezugsverzögerung **46** verknüpft. Der Wert des prozentualen Anteils **47** des Bezugsverzögerungswerts **46**, welcher die Größe des Fahrersollverzögerungswerts z_{int} bestimmt, wird gleich dem zuvor bestimmten Anteil **47** des Bezugswerts **45** der Fahrerbremsanforderung **19** angenommen. Wird die Fahrerbremsanforderung mit der physikalischen Größe Druck vorgegeben, nämlich hier einem Sollbremsdruck, so wird durch Division **49** des aktuellen Größenwerts P-Soll des Sollbremsdrucks und des Bezugswerts **45** dem vom Fahrer angeforderten Größenwert P-Soll jeweils ein bestimmter Anteil **47** an dem Bezugswert **45** der Fahrerbremsanforderung zugeordnet. Wird beispielsweise ein Anteil **47** an dem Bezugswert **45** der Fahrerbremsanforderung von 20% ermittelt, beispielsweise mit einem Sollbremsdruck von 2,0 bar, so wird in einer Verknüpfung **50** des Anteils **47** mit dem Bezugsverzögerungswert **46** entsprechend der Festlegung

der Umrechnungsvorschrift **37** ein Fahrersollverzögerungswert z_{int} mit der Dimension 20% g (etwa 2 m/s^2) bestimmt.

[0051] In einem Indexermittlungsschritt **39** wird ein aktueller Wert **40** des Bremsleistungsindex **34** ermittelt, indem der Fahrersollverzögerungswert z_{int} in Beziehung gesetzt wird mit dem gemessenen Ist-Verzögerungswert z_{Ist} . Der Bremsleistungsindex **34** wird dabei als Quotient des Fahrersollverzögerungswerts z_{int} und des Ist-Verzögerungswerts z_{Ist} angenommen. Beträgt der gemessene Ist-Verzögerungswert z_{Ist} beispielsweise 30% g, so ergibt sich im Indexermittlungsschritt **39** ein Bremsleistungsindex **34** aus Fahrersollverzögerungswert z_{int} (20% g)/Ist-Verzögerungswert (30% g) = 0,66. Ist der Bremsleistungsindex kleiner als 1, lässt sich daraus auf eine wirksamere Performance der Bremsanlage **1** schließen, als bei der Festlegung der Umrechnungsvorschrift **37** im Voraus angenommen wurde. Ist der Bremsleistungsindex größer als 1, ist die Performance der Bremsanlage **1** schlechter.

[0052] Im Normalbremsmodus werden bei weiteren Bremsungen fortlaufend jeweils aktuelle Werte **40** des Bremsleistungsindex **34** ermittelt. Der für den Drucksteuermodus bereitgehaltene Bremsleistungsindex **34** wird unter Berücksichtigung des aktuellen Werts **40** des Bremsleistungsindex **34** adaptiert. Mit jeder Bremsung wird daher der Bremsleistungsindex **34**, welcher für den Drucksteuermodus **24** bereitgehalten wird, feiner, genauer und aussagekräftiger adaptiert. Der Bremsleistungsindex **34** berücksichtigt dabei äußere und schwer ermittelbare Einflüsse auf das Bremsverhalten des Fahrzeugs **2**, beispielsweise die Straßenoberfläche, aber auch den Beladungszustand des Nutzfahrzeugs, welcher sich maßgeblich auf das Bremsverhalten auswirkt und Veränderungen des Reibwertes der Reibpartner der Radbremsen, die zum großen Teil temperaturbedingt sind.

[0053] In weiteren, nicht in **Fig. 2** dargestellten, Ausführungsbeispielen wird der Einfluss auf die Ermittlung der Fahrzeugverzögerung z_{Ist} , der von einer Fahrbahnneigung eines Gefälles oder einer Steigung herrührt, berücksichtigt, indem die Fahrzeugverzögerung z_{Ist} , die zu Beginn der Bremsung durch den Fahrer des Kraftfahrzeugs vorliegt, als ein Offsetwert erfasst und bei der Ermittlung des Bremsleistungsindex **34** berücksichtigend herausgerechnet wird.

[0054] Alternativ zur Berücksichtigung eines Offsetwerts wird in einem weiteren Ausführungsbeispiel ab Beginn der Bremsung durch den Fahrer des Kraftfahrzeugs die Ermittlung der Fahrzeugverzögerung z_{Ist} fortlaufend um den Fahrbahnneigungseinfluss aktualisiert, indem eine Änderung der Fahrbahnneigung während der Bremsung ermittelt und bei der Ermittlung der Fahrzeugverzögerung z_{Ist} berücksichtigt wird. Im Drucksteuermodus **24** wird die Fahrer-

bremsanforderung **19** beziehungsweise der die Fahrerbremsanforderung **19** repräsentierende Größenwert P-Soll, hier ein Bremsolldruck, eingelesen und im Umrechnungsschritt **33** mit dem bereitgehaltenen Bremsleistungsindex **34** unter Berücksichtigung der Umrechnungsvorschrift **37** verknüpft. Dabei wird sinngemäß in entgegengesetzter Richtung wie bei der Ermittlung des Bremsleistungsindex **34** im Normalbremsmodus **18** vorgegangen. Der die Fahrerbremsanforderung **19** repräsentierende Größenwert wird mit dem vorher adaptierten und die Fahrzeugverzögerungswirkung repräsentierenden Bremsleistungsindex **34** derart verknüpft, beispielsweise multipliziert, dass das Ergebnis ein Fahrersollverzögerungswert z-int in der gleichen Dimension wie der externe Sollverzögerungswert z-ext ist. Die Verknüpfung unter Berücksichtigung des Bremsleistungsindex **34** ist in dem Schaubild gemäß **Fig. 2** durch das Verknüpfungsglied **32** verdeutlicht.

[0055] Nach Verknüpfung des Fahrersollverzögerungswerts z-int mit dem externen Sollverzögerungswert z-ext durch das Verknüpfungsglied **32** zu einem resultierenden Sollverzögerungswert z-RES wird aus einem Vergleich des resultierenden Sollverzögerungswerts z-RES mit dem Ist-Verzögerungswert z-Ist ein Rückschluss auf den einzustellenden Bremsdruck P gezogen. Dabei wird vorteilhaft die Ist-Verzögerung mit einem Regelkreis **41** geregelt und dabei die Ist-Verzögerung z-Ist der resultierenden Sollverzögerung z-RES nachgeführt. Hierzu umfasst die Steuereinheit **21** einen Regelkreis **41**, wobei in dem Regelkreis **41** der Ist-Verzögerungswert z-Ist die Regelgröße, der resultierende Sollverzögerungswert z-RES die Führungsgröße und der Bremsdruck P die Stellgröße bildet. Der Ist-Verzögerungswert z-Ist wird mit dem resultierenden Sollverzögerungswert z-RES als Führungsgröße geregelt, da durch die Stellmaßnahmen durch Variation des Bremsdrucks die Ist-Verzögerung unmittelbar auf sich selbst zurückwirkt. Der Ist-Verzögerungswert z-Ist wird dabei mit dem resultierenden Soll-Verzögerungswert z-RES einem Soll-Wert/Ist-Wert-Vergleich **42** im Regelkreis **41** unterzogen und das Resultat des Soll-Wert/Ist-Wert-Vergleichs **42** einem Regler **38** vorgegeben, welcher anhand des Ergebnisses des Soll-Wert/Ist-Wert-Vergleichs **42** eine entsprechende Einstellung des Bremsdrucks P vornimmt.

Bezugszeichenliste

- 1** Bremsanlage
- 2** Kraftfahrzeug
- 3** Vorderachse
- 4** Hinterachse
- 5** Rad
- 6** Radbremse
- 7** Bremszylinder
- 8** Federspeicher
- 9** Bremspedal

- 10** Betriebsbremsventil
- 11** Bremsleitung
- 12** Druckmittelvorrat
- 13** erster Bremskreis
- 14** zweiter Bremskreis
- 15** zweiter Druckmittelvorrat
- 16** Relaisventil
- 17** Relaisventil
- 18** Normalbremsmodus
- 19** Fahrerbremsanforderung
- 20** Drucksteuerventil
- 21** Steuereinheit
- 22** Einlassventil
- 23** Auslassventil
- 24** Drucksteuermodus
- 25** 3/2-Wege-Ventil
- 26** Druckleitung
- 27** dritter Druckmittelvorrat
- 28** Doppelrückschlagventil
- 29** Drehzahlsensor
- 30** externe Bremsanforderung
- 31** Moduserfassungsschritt
- 32** Verknüpfungsglied
- 33** Umrechnungsschritt
- 34** Bremsleistungsindex
- 35** Speicher
- 36** Ermittlungsschritt
- 37** Umrechnungsvorschrift
- 38** Regler
- 39** Indexermittlungsschritt
- 40** aktueller Wert von **34**
- 41** Regelkreis
- 42** Soll-Wert/Ist-Wert-Vergleich
- 43** Bremssignalgeber
- 44** Bremsleitung
- 45** Bezugswert
- 46** Bezugsverzögerungswert
- 47** Anteil
- 48** Verhältnisskala
- 49** Division
- 50** Verknüpfung
- 51** Antiblockiersystem
- 52** dynamische Zustandsgröße
- 53** Messsignal
- 54** Längsbeschleunigungssensor
- P** Bremsdruck
- P-Soll** Größenwert
- z-Ist** Ist-Verzögerungswert
- z-int** Fahrersollverzögerungswert
- z-ext** externer Sollverzögerungswert
- Z-RES** resultierender Sollverzögerungswert

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 102009058154 A1 [0003]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einstellen von Bremsdrücken (P) an pneumatisch betätigten Radbremsen (6) eines Kraftfahrzeugs (2), wobei der Bremsdruck (P) in einem Normalbremsmodus (18) in Abhängigkeit einer Fahrerbremsanforderung (19) eingestellt wird und eine Steuereinheit (21) in einen Drucksteuermodus (24) während des Empfangs einer von der Fahrerbremsanforderung (19) unabhängigen externen Bremsanforderung (30), welche der Steuereinheit (21) als externer Sollverzögerungswert (z-ext) vorgegeben wird, den Bremsdruck P an den jeweiligen Radbremsen (6) entsprechend einem resultierenden Sollverzögerungswert (z-RES) der Fahrzeugverzögerung einstellt, wobei die Steuereinheit (21) den resultierenden Sollverzögerungswert (z-RES) unter Verknüpfung des externen Sollverzögerungswerts (z-ext) gemäß der externen Bremsanforderung (30) und einem der Fahrerbremsanforderung (19) entsprechenden Größenwert (P-Soll) ermittelt, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Normalbremsmodus (18) unter Berücksichtigung des Größenwerts (P-Soll) der Fahrerbremsanforderung (19) wenigstens einer Bremsung und eines gemessenen oder ermittelten Ist-Verzögerungswerts (z-Ist) der Fahrzeugverzögerung ein Bremsleistungsindex (34), welcher quantitativ die Bremswirkung der Radbremsen repräsentiert, ermittelt und für eine Berücksichtigung im Drucksteuermodus (24) bereitgehalten wird, wobei im Drucksteuermodus (24) der bereitgehaltene Bremsleistungsindex (34) mit dem Größenwert (P-Soll) der Fahrerbremsanforderung (19) verknüpft wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bremsleistungsindex (34) ermittelt wird, indem bei einer Bremsung des Kraftfahrzeugs (2) durch den Fahrer nach einer vorgegebenen Umrechnungsvorschrift (37) ein der Fahrerbremsanforderung (19) entsprechender Fahrersollverzögerungswert (z-int) einer Fahrzeugverzögerung bestimmt und mit dem Ist-Verzögerungswerts (z-Ist) der Fahrzeugverzögerung in Beziehung gesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bremsleistungsindex (34) als Quotient des Fahrersollverzögerungswerts (z-int) und des Ist-Verzögerungswerts (z-Ist) angenommen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umrechnungsvorschrift (37) einen im Voraus bestimmten Bezugswert (45) der Fahrerbremsanforderung (19) und einen damit verknüpften Bezugsverzögerungswert (46) umfasst und als Fahrersollverzögerungswert (z-int) ein Anteil (47) an dem Bezugsverzögerungswert (46) ermittelt wird, welcher nach der Umrechnungsvorschrift (37) dem entsprechenden Anteil (47) der Fahrerbremsanforde-

rung (19) an dem Bezugswert (45) der Fahrerbremsanforderung (19) zugeordnet ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der Umrechnungsvorschrift (37) jedem Größenwert (P-Soll) der Fahrerbremsanforderung (19) ein bestimmter Anteil (47) an dem Bezugswert (45) der Fahrerbremsanforderung (19) zugeordnet wird und mit verhältnismäßig entsprechenden Anteilen (47) der Bezugsverzögerung (46) verknüpft wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Drucksteuermodus (24) ein der Fahrerbremsanforderung (19) entsprechender Fahrersollverzögerungswert (z-int) ermittelt und mit dem Bremsleistungsindex (34) verknüpft wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrersollverzögerungswert (z-int) im Drucksteuermodus (24) aus einem die Fahrerbremsanforderung (19) repräsentierenden Größenwert (P-Soll) unter Einbeziehung der vorgegebenen Umrechnungsvorschrift (37) ermittelt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei weiteren Bremsungen des Kraftfahrzeugs (2) durch den Fahrer im Normalbremsmodus (18) jeweils aktuelle Werte (40) des Bremsleistungsindex (34) ermittelt werden und der für den Drucksteuermodus (24) bereitgehaltene Bremsleistungsindex (34) unter Berücksichtigung des aktuellen Werts (40) des Bremsleistungsindex (34) adaptiert wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ist-Verzögerungswert (z-Ist) mit dem resultierenden Sollverzögerungswert (z-RES) als Führungsgröße gesteuert oder geregelt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (21) dynamische Zustandsgrößen (52) der zu bremsenden Räder (5) auswertet und daraus den Ist-Verzögerungswert (z-Ist) ermittelt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ist-Verzögerungswert (z-Ist) auf der Grundlage dynamischer Zustandsgrößen (52) und dem Messsignal (53) eines Längsbeschleunigungssensors (54) ermittelt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (21) den Bremsdruck (P) an den Radbremsen (6) jeweils über ein Drucksteuerventil (20) steuert und Bremskreise (13, 14) der Drucksteuerventile (20) über Ansteuerung jeweils eines Aktivierungs-

ventils (25) pro Bremskreis (13, 14) mit einem Druckmittelvorrat (12, 15) verbindet.

13. Bremsanlage eines Kraftfahrzeugs (2) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11, mit pro Rad (5) einem Bremszylinder (7) und einem Drucksteuerventil (20), welche von einer Steuereinheit (21) steuerbar sind, sowie einem vom Fahrer des Kraftfahrzeugs (2) betätigbaren Betriebsbremsventil (10) und einem Bremssignalgeber (43), wobei die Bremsdrücke (P) in den Bremszylindern (7) in einem Normalbremsmodus (18) in Abhängigkeit einer Betätigung des Betriebsbremsventils (10) durch den Fahrer, und in einem Drucksteuermodus (24) über das jeweilige Drucksteuerventil (20) von der Steuereinheit (21) einstellbar sind, wobei die Steuereinheit (21) zum Empfang externer Sollverzögerungswerte (z-ext) einer von der Fahrerbremsanforderung (19) unabhängigen externen Bremsanforderung (30) sowie zur Umschaltung in den für diesen Fall vorgesehenen Drucksteuermodus (24) ausgebildet ist, wobei die Steuereinheit (21) Mittel zur Erfassung eines der Fahrerbremsanforderung (19) entsprechenden Größenwerts (P-Soll) und zur Verknüpfung des externen Sollverzögerungswerts (z-int) gemäß der externen Bremsanforderung (30) und dem der Fahrerbremsanforderung (19) entsprechenden Größenwert (P-Soll) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (21) Mittel zur Erfassung eines Ist-Verzögerungswerts (z-Ist) der aktuellen Fahrzeugverzögerung aufweist und derartig eingerichtet ist, dass im Normalbremsmodus (18) ein Bremsleistungsindex (34), welcher quantitativ die Bremswirkung der Radbremsen (6) repräsentiert, unter Berücksichtigung des Ist-Verzögerungswerts (z-Ist) und dem Größenwert (P-Soll) der Fahrerbremsanforderung (19) wenigstens einer Bremsung des Fahrzeugs durch den Fahrer ermittelbar ist und für die Berücksichtigung im Drucksteuermodus (24) bereitgehalten wird.

14. Bremsanlage nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch einen Regelkreis (41) zur Einstellung des Ist-Verzögerungswerts (z-Ist), wobei im Regelkreis (41) der Ist-Verzögerungswert (z-Ist) die Regelgröße, der resultierende Sollverzögerungswert (z-RES) die Führungsgröße und der Bremsdruck (P) die Stellgröße bildet, so dass der Ist-Verzögerungswert (z-Ist) an den resultierenden Soll-Verzögerungswert (z-RES) angleichbar ist.

15. Bremsanlage nach Anspruch 13 oder 14, gekennzeichnet durch ein Antiblockiersystem (51), wobei die Steuereinheit (21) dynamische Zustandsgrößen (52) der zu bremsenden Räder (5) auswertet und bei Vorliegen einer Blockierneigung den Bremsdruck (P) bestimmter Radbremsen (6) im Drucksteuermodus (24) steuert.

16. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drucksteuerventile (20) in einem oder mehreren Bremskreisen (13, 14) angeordnet sind, welche über jeweils ein Aktivierungsventil (25) mit einem Druckmittelvorrat (12, 15) verwendbar sind, wobei jedes Aktivierungsventil (25) elektrisch an die Steuereinheit (21) angeschlossen und durch die Steuereinheit (21) schaltbar ist, wobei die Drucksteuerventile (20) der Räder (5) einer Achse (3, 4) des Kraftfahrzeugs (2) über einen gemeinsamen Bremskreis (13, 14) mit einem Aktivierungsventil (25) mit einem Druckmittelvorrat (12, 15) verbunden sind.

17. Kraftfahrzeug mit einer Bremsanlage nach einem der Ansprüche 13 bis 16 zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

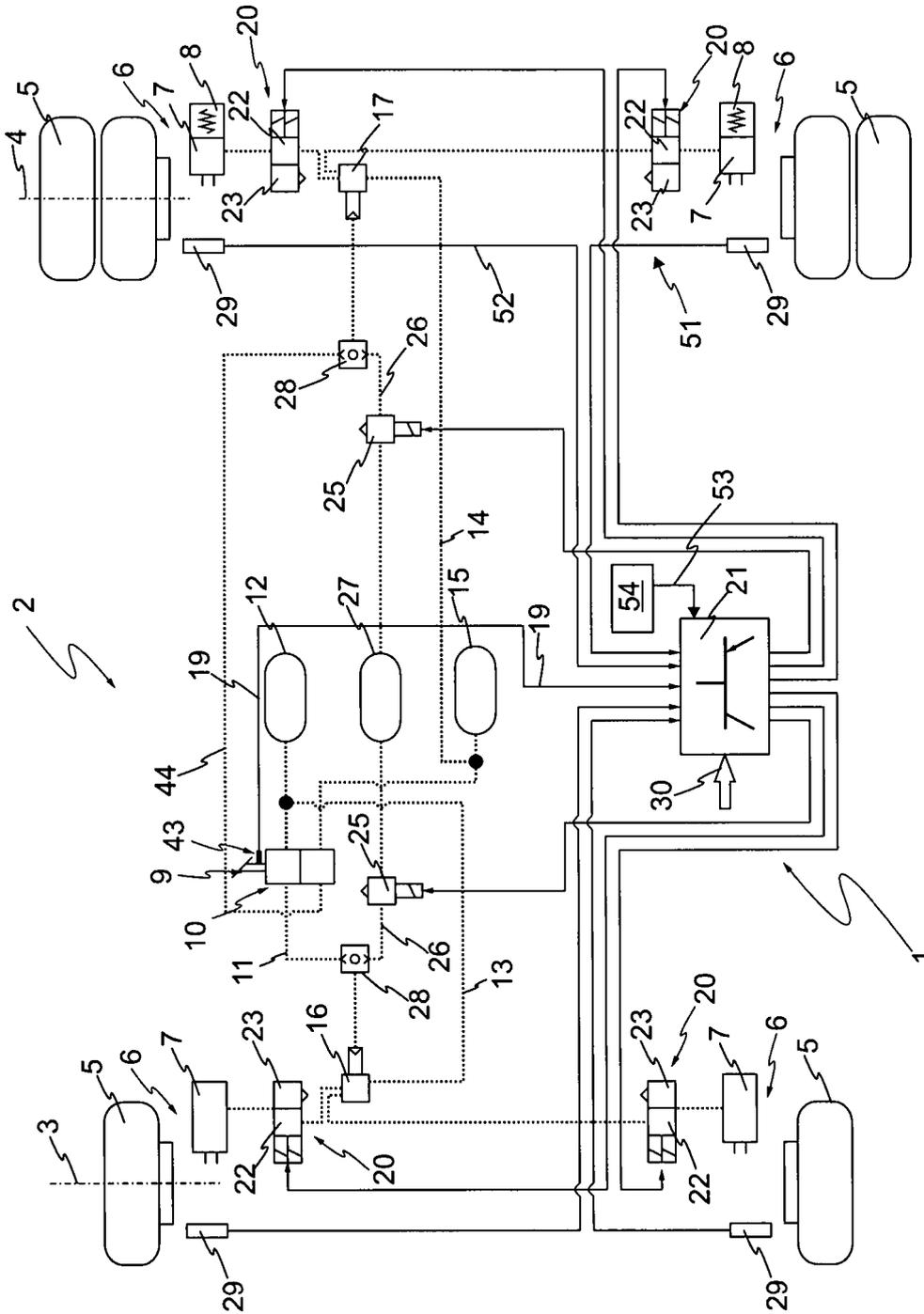


Fig. 1

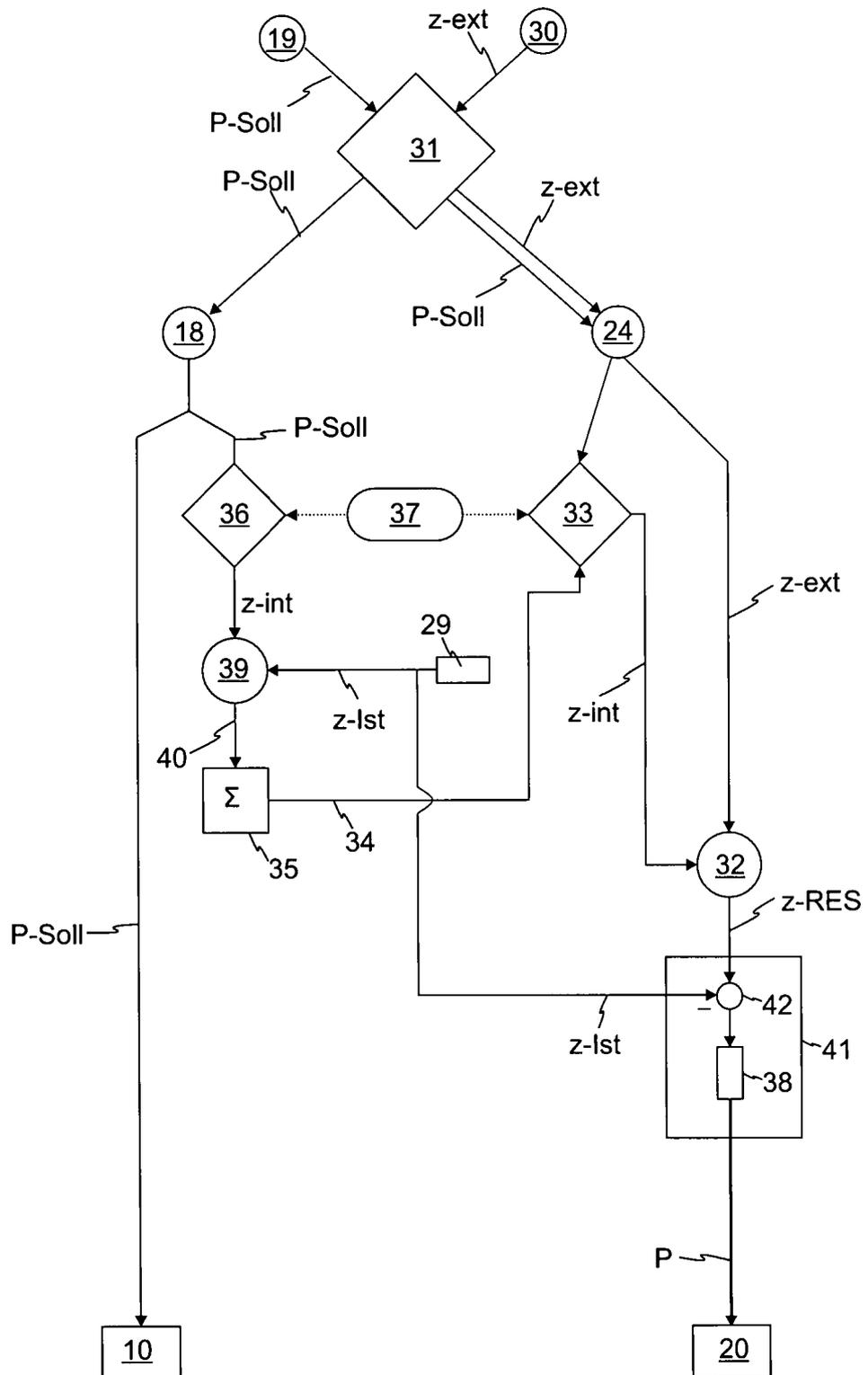


Fig. 2

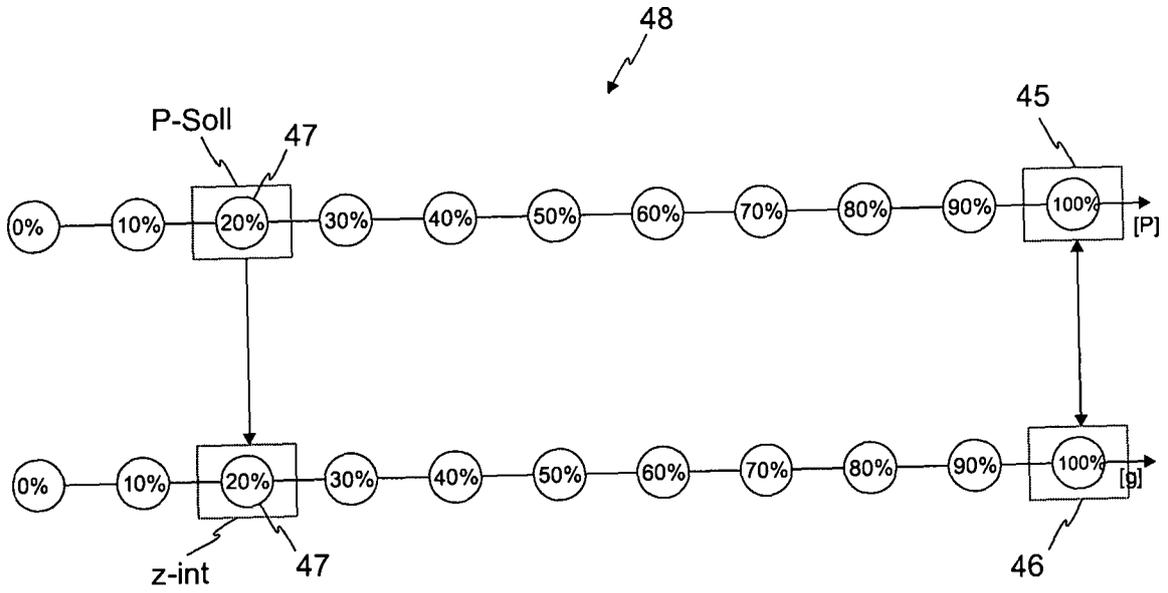


Fig. 3

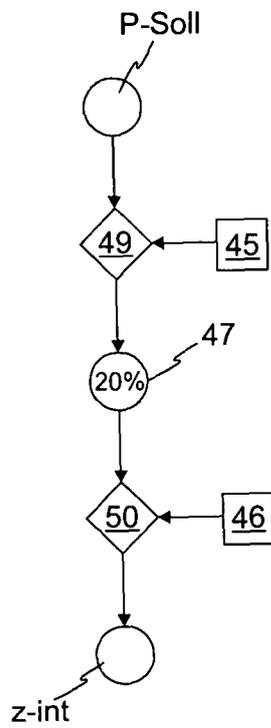


Fig. 4