



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 119 993.2**  
(22) Anmeldetag: **09.08.2022**  
(43) Offenlegungstag: **15.02.2024**

(51) Int Cl.: **B60L 7/26 (2006.01)**  
**B60L 7/10 (2006.01)**  
**B60T 13/74 (2006.01)**  
**B60T 8/17 (2006.01)**  
**B60T 8/171 (2006.01)**  
**B60T 8/172 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**ZF CV Systems Europe BV, Brüssel, BE**

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

(74) Vertreter:  
**Ohlendorf, Henrike, Dr. rer. nat. M.Sc., 30453  
Hannover, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**DE 10 2016 012 925 A1**

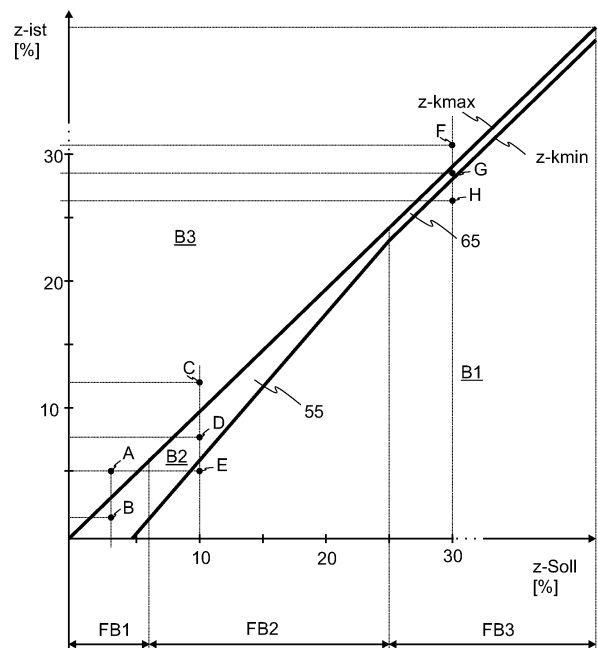
Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Verzögerung eines Fahrzeugespanns**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verzögerung eines Fahrzeugespanns mit einem Zugfahrzeug (5) und mindestens einem Anhängfahrzeug (6) mit Antiblockiersystem (36), wobei eine Zugfahrzeugbremsanlage (3) einen Bremsdruck (P) an den pneumatisch betätigbaren Radbremzen (13) des Zugfahrzeugs (5) unter Berücksichtigung einer angeforderten Wunschverzögerung (z-Soll) einstellt und einen Anhängerbremsdruck (P-A) für die Anhängerbremsanlage (4) wenigstens eines Anhängfahrzeuges (6) bereitstellt.

Das Zugfahrzeug (5) weist mindestens einen elektrischen Antrieb (44) auf, welcher unter Berücksichtigung des Vergleichs (43) des Fahrzeugverzögerungs-Istwerts (z-Ist) mit der Maximalverzögerung (z-Max) in einen Rekuperationsbetrieb (55) geschaltet wird und von der Zugfahrzeugbremsanlage (3) als Nutzbremse zur Verzögerung des Fahrzeugespanns (7) eingesetzt und derart abgestimmt mit den pneumatisch betätigbaren Radbremzen (13) des Zugfahrzeugs (5) und/oder des Anhängfahrzeuges (6) betätigt wird, dass ein Betriebspunkt (A, B, C, D, E, F, G, H) entsprechend der Wunschverzögerung (z-Soll) und dem Fahrzeugverzögerungs-Istwert (z-Ist) mit einer maximalen Kennung (z-kmax) für die Maximalverzögerung und einer minimalen Kennung (z-kmin) für die Maximalverzögerung verglichen (43) wird, welche sich zwischen ein Rekuperationsband (65) vorrangigen Rekuperationsbetriebs (55) einschließen, wobei innerhalb des Rekuperationsbands (65) die angeforderte Wunschverzögerung (z-Soll) vorrangig mittels Rekuperationsbetriebs (55) des elektrischen Antriebs bewirkt wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft gemäß Anspruch 1 ein Verfahren zur Verzögerung eines Fahrzeuggespanns mit einem Zugfahrzeug und mindestens einem Anhängerfahrzeug mit Antiblockiersystem.

**[0002]** Bei Nutzfahrzeugen werden die Räder in der Regel über pneumatisch betätigbare Radbremsen abgebremst, wobei jedes Teilfahrzeug eines Fahrzeuggespanns eine Bremsanlage aufweist. Die Zugfahrzeugbremsanlage bestimmt dabei den Bremsdruck für die Radbremsen des Zugfahrzeugs und stellt darüber hinaus einen Anhängerbremsdruck für die Anhängerbremsanlage bereit. Der Anhängerbremsdruck wird dabei in der Regel über einen Kuppelkopfbereitgestellt, an den der Bremskreis eines Anhängerfahrzeugs anschließbar ist.

**[0003]** Die vorliegende Erfindung setzt bei Anhängerfahrzeugen mit Antiblockiersystem an. Derartige Bremssysteme überwachen die Blockierneigung der Räder. Bei jeder Bremsung kann nämlich nur eine dem Fahrbahnreibwert entsprechende Bremskraft genutzt werden. Übersteigt die eingesteuerte Bremskraft aufgrund des anliegenden Bremsdrucks die maximal auf die Fahrbahn übertragbare Bremskraft an einem oder mehreren Rädern, beginnen diese zu blockieren, wodurch das Fahrzeug instabil werden kann. Das Antiblockiersystem überwacht permanent über Messsignale von Drehzahlsensoren das Drehverhalten jedes Rades beziehungsweise jeder Achse. Beispielsweise kann ein jeweiliger Radschlupf durch Vergleich der aus der Raddrehzahl ermittelten Radgeschwindigkeit mit einer errechneten oder ermittelten Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit erfolgen. Wird über den so ermittelten Radschlupf eine Blockierneigung des Rades erkannt, das heißt eine ABS-Schlupfgrenze ist erreicht oder überschritten, beeinflusst eine Bremselektronik der Bremsanlage den Bremsdruck an den betreffenden Rädern über Ansteuerung von Drucksteuerventilen. Moderne Drucksteuerventile, auch ABS-Ventile genannt, bestehen aus einem Einlassventil und einem Auslassventil, so dass der Bremsdruck bedarfsweise erhöht, gehalten oder gesenkt werden kann. In einem ersten Schritt wird nach Erkennung einer Blockierneigung eines Rades der Bremsdruck gesenkt, um anschließend den Bremsdruck des betreffenden Rades entlang der Schlupfgrenze zu regeln.

**[0004]** DE 10 2016 012 925 A1 offenbart ein gattungsgemäßes Verfahren zur Verzögerung eines Fahrzeuggespanns, wobei eine Zugfahrzeugbremsanlage einen Bremsdruck an den Radbremsen des Zugfahrzeugs entsprechend einer vom Fahrer vorgegebenen Wunschverzögerung einstellt und einen Anhängerbremsdruck für die Anhängerbremsanlage wenigstens eines Anhängerfahrzeugs bereitstellt.

Eine elektronische Bremssteuereinheit der Zugfahrzeugbremsanlage erfasst dabei einen aktuellen Fahrzeugverzögerungs-Istwert und vergleicht diesen laufend mit einer aktuell ermittelten Maximalverzögerung. Die Bremssteuereinheit der Zugfahrzeugbremsanlage ist dabei über eine Kommunikationsverbindung signalübertragend mit der jeweiligen Bremselektronik eines Anhängerfahrzeugs verbunden. In dem Fall, dass der Fahrzeugverzögerungs-Istwert die Maximalverzögerung erreicht oder überschreitet, limitiert die Bremssteuereinheit den Bremsdruck im Zugfahrzeug und informiert darüber die jeweilige Bremselektronik jedes Anhängerfahrzeugs durch Bereitstellung eines Informationssignals mit einer entsprechenden Limitierungsstatusinformation. Die jeweilige Bremselektronik einer Anhängerbremsanlage bestimmt bei Erkennung einer Limitierung des Bremsdrucks im Zugfahrzeug für jede Anhängerachse einen den Schlupf repräsentierenden dynamischen Schlupfgrößenwert und vergleicht die Anhängerachs-Schlupfgrößenwerte aller Anhängerachsen miteinander. Bei Empfang einer Limitierungsstatusinformation vom Zugfahrzeug steuert die Bremselektronik der Anhängerbremsanlage in einem für diese Situation vorgesehenen Limitierungsmodus die Drucksteuerventile der Anhängerachsen unter Berücksichtigung des Vergleichs der Anhängerachs-Schlupfgrößenwerte an. Bei dem bekannten Verfahren werden wenigstens an denjenigen Anhängerachsen mit den größeren Schlupfen gegenüber einer Regelachse mit dem aktuell geringsten Schlupf die Einlassventile der jeweiligen Drucksteuerventile geschlossen, so dass nur an den Radbremsen der Anhängerachse mit dem aktuell geringsten Schlupf aller Anhängerachsen eine Erhöhung des Anhängerbremsdrucks eine erhöhende Wirkung der Bremsleistung für die Verzögerung des Fahrzeuggespanns zeigen könnte. Da die Anhängerachs-Schlupfgrößenwerte der Anhängerachsen laufend miteinander verglichen werden und die Auswahl der Anhängerachse, an welcher die Einlassventile der Drucksteuerventile geöffnet bleiben, bei Vorliegen entsprechender Schlupfverhältnisse gegebenenfalls geändert wird, werden Schlupfunterschiede zwischen den Anhängerachsen ähnlich einer Differenzschlupfregelung (DSR) eines EBS-Bremssystems (EBS) ausgeglichen und dadurch einem relativen Überbremsen einzelner Anhängerachsen entgegengewirkt; auch wenn eine automatischlastabhängige Bremse (ALB) nicht installiert ist.

**[0005]** Bei dem bekannten Verfahren zur Verzögerung eines Fahrzeuggespanns ist der Bremssteuereinheit des Zugfahrzeugs zur Bestimmung der Maximalverzögerung ein Kennfeldspeicher zugeordnet, in welchem die zu berücksichtigenden Maximalverzögerungen als Kennlinien in Abhängigkeit der Wunschverzögerung abgespeichert sind. Durch die Berücksichtigung von Maximalverzögerungs-Kennlinien bei der Bestimmung der Maximalverzögerung

wird dem Fahrer durch die ausgesteuerte Bremswirkung der Beladungszustand des Fahrzeugs vermittelt, denn bei einer geringeren Beladung wird bei gleicher Wunschverzögerung stärker verzögert als bei einer hohen Beladung des Fahrzeugs. Nicht zuletzt aufgrund dieser Wirkung können die Maximalverzögerung-Kennlinien auch als „Feelingkurven“ bezeichnet werden. Die Feelingkurven-Verzögerung ist stets abhängig vom Fahrerbremswunsch, das heißt von der Größe der vom Fahrer (durch Betätigung eines Bremspedals) vorgegebenen Wunschverzögerung.

**[0006]** Bei modernen Fahrzeugen, so auch bei Zugfahrzeugen von Fahrzeuggespannen, werden zunehmend elektrische Antriebssysteme eingesetzt, beispielsweise als vollelektrischer Antrieb oder als Hybridsystem. Es ist dabei bekannt, zur Verzögerung des Fahrzeugs die elektrischen Antriebe in einen Rekuperationsbetrieb zu schalten. Bei der Rekuperation erfolgt bei einer Bremsung im Fahrbetrieb des Fahrzeugs eine Energierückgewinnung durch Umwandlung von kinetischer Energie des Fahrzeugs in elektrische Energie (Nutzenergie) unter Ausnutzung der Massenträgheit des bewegten Fahrzeugs. Der elektrische Antrieb wird dabei in einen Generatorbetrieb geschaltet und als Nutzbremse zur Verzögerung des Fahrzeugs eingesetzt.

**[0007]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, in das gattungsgemäße Verfahren zur Verzögerung eines Fahrzeuggespanns mit einem Zugfahrzeug und mindestens einem Anhängerfahrzeug mit Antiblockiersystem die Möglichkeit eines Rekuperationsbetriebs von elektrischen Antrieben als Nutzbremse zur Verzögerung des Fahrzeuggespanns zu integrieren.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

**[0009]** In der nachfolgenden Beschreibung wird unter einem Zugfahrzeug ein in einem Fahrzeuggespann vorausfahrendes Teilfahrzeug verstanden, welches ein Anhängerfahrzeug unmittelbar oder mittelbar über ein weiteres Anhängerfahrzeug zieht. Eine Zugfahrzeugbremsanlage stellt dabei einen Bremsdruck an den pneumatisch betätigbaren Radbremsen des Zugfahrzeugs unter Berücksichtigung einer angeforderten Wunschverzögerung ein und stellt einen Anhängerbremsdruck für die Anhängerbremsanlage des wenigstens einen Anhängerfahrzeugs bereit. Die Wunschverzögerung wird dabei von einem Fahrer des Zugfahrzeugs angefordert oder wird als so genannte „externe Bremsanforderung“, beispielsweise eines Fahrerassistenzsystems, beispielsweise eines XBR- oder RSC-Systems, vorgegeben. In einer weiteren Ausführungsform, bei der zeitgleich sowohl ein Fahrerbremswunsch als auch eine externe Bremsanforderung vorgegeben sind,

wird die bei der Bremsung zur Anwendung kommende Wunschverzögerung nach einer vorgegebenen Ermittlungsvorschrift in Abhängigkeit sowohl des Fahrerbremswunsches als auch der externen Bremsanforderung ermittelt. Die Ermittlungsvorschrift kann beispielsweise einen Addition-Modus vorsehen, bei dem die Wunschverzögerung des Fahrers und die externe Bremsanforderung addiert werden. Alternativ wird ein Maximum-Modus vorge schlagen, bei dem die jeweils quantitativ größere Bremsanforderung zur Bestimmung der Maximalverzögerung berücksichtigt wird.

**[0010]** Die Maximalverzögerung wird unter Berücksichtigung von Kennungen für die Maximalverzögerung (Feeling-Kurven) in Abhängigkeit der aktuell angeforderten Wunschverzögerung einem Kennfeldspeicher entnommen. Die Bremssteuereinheit vergleicht den aktuellen Fahrzeugverzögerungs-Istwert mit der Maximalverzögerung, die sich aus der Feeling-Kurve (Kennung) ergibt, und bestimmt in Abhängigkeit dieses Vergleichs den Bremsdruck an den Radbremsen des Zugfahrzeugs und den Anhängerbremsdruck, der zum Annähern des Fahrzeugverzögerungs-Istwerts an die Maximalverzögerung erforderlich ist.

**[0011]** Die Feelingkurven beziehungsweise Kennungen sind in weiteren vorteilhaften Ausführungsformen zusätzlich abhängig von einer ermittelten Fahrzeugmasse oder Achslasten. Es können auch von der Fahr- beziehungsweise Bremssituation abhängige unterschiedliche Feelingkurven zur Anwendung gelangen.

**[0012]** Die Erfindung bezieht sich auf Zugfahrzeuge, welche als Elektrofahrzeug ausgebildet sind oder einen Hybridantrieb aufweisen, also mindestens einen elektrischen Antrieb aufweisen, beispielsweise direkt an einer Achse oder Rad. Der elektrische Antrieb kann zur Bewirkung einer Bremsleistung zur Verzögerung des Fahrzeugs beziehungsweise Fahrzeuggespanns in einen Rekuperationsbetrieb geschaltet werden und wird dann von der Zugfahrzeugbremsanlage als Nutzbremse unter Wiedergewinnung von Energie, kinetische Energie des Fahrzeuggespanns in elektrische Energie, eingesetzt.

**[0013]** Gemäß der Erfindung wird der elektrische Antrieb im Rekuperationsbetrieb von der Zugfahrzeugbremsanlage derart abgestimmt mit den pneumatisch betätigbaren Radbremsen des Zugfahrzeugs und denen des Anhängerfahrzeugs betätigt, dass ein Betriebspunkt entsprechend der Wunschverzögerung und dem Fahrzeugverzögerungs-Istwert mit einer maximalen Kennung für die Maximalverzögerung und einer minimalen Kennung für die Maximalverzögerung verglichen wird. Der Betriebspunkt sei dabei ein bestimmter Punkt im Kennfeld von Wunschverzögerung und Fahrzeugverzögerung

rungs-Istwert. In dem Kennfeld stellt die Kennung (Feeling-Kurve) eine optimierte Kurve für die ideale Maximalverzögerung unter Berücksichtigung der Systemeigenschaften und einwirkenden äußeren Einflüsse und Parameter dar. Für die Verzögerung eines Fahrzeugs mit Rekuperationsbetrieb sind daher erfindungsgemäß zwei Feeling-Kurven vorgesehen, welche zwischen sich ein Rekuperationsband vorrangigen Rekuperationsbetriebs einschließen. Die maximale Kennung für die Maximalverzögerung und die minimale Kennung für die Maximalverzögerung sind dabei so aufeinander abgestimmt, dass innerhalb des Rekuperationsbands die angeforderte Wunschverzögerung wenigstens vorrangig mittels Rekuperationsbetriebs des elektrischen Antriebs bewirkt wird. Anders ausgedrückt wird innerhalb des Rekuperationsbands die verzögernde Wirkung der im Rekuperationsbetrieb vom rollenden Fahrzeugespann angetriebenen elektrischen Antriebe genutzt, um die angeforderte Verzögerung des Fahrzeugespanns umzusetzen. Bei Vorliegen einer Wunschverzögerung werden die elektrischen Antriebe in den Rekuperationsbetrieb geschaltet, wenn und solange ein Betriebspunkt entsprechend Wunschverzögerung und Verzögerungs-Istwert innerhalb des Rekuperationsbands gegeben ist. Außerhalb des Rekuperationsbands wird der Verzögerung des Fahrzeugespanns mittels der pneumatischen Radbremsen Vorrang gegeben.

**[0014]** Im Rekuperationsbetrieb wird die Bremsleistung zur Verzögerung des Fahrzeugespanns vorrangig über den als Nutzbremse eingesetzten elektrischen Antrieb (oder mehrerer elektrischer Antriebe) aufgebracht. Erst wenn die Bremsleistung der als Generator im Rekuperationsbetrieb laufenden elektrischen Antriebe für die angeforderte Wunschverzögerung nicht ausreicht, schaltet die Bremssteuereinheit des Zugfahrzeugs weitere Bremsleistung über die pneumatischen Radbremsen hinzu. Hierzu werden die Radbremsen des Zugfahrzeugs und/oder die Radbremsen des Anhängers entsprechend der vorgesehenen Verzögerungsstrategie der Bremssteuereinheit über Steuerung des Bremsdrucks im Zugfahrzeug und/oder des Anhängerbremsdrucks und gegebenenfalls Instruktion einer Bremselektronik des Anhängers angesteuert.

**[0015]** In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden im Rekuperationsbetrieb, bei Einsatz der elektrischen Antriebe als Nutzbremse, in der Betriebsbremsanlage des Anhängers an den Radbremsen zugeordneten Drucksteuerventilen die Einlassventile geschlossen, so dass durch die Drucksteuerventile kein oder kein weiterer Bremsdruck in die den jeweiligen Drucksteuerventilen zugeordneten Bremszylinder eingesteuert wird. Die Verzögerung des Fahrzeugespanns erfolgt dann

über die Zugfahrzeugbremsanlage bei maximal möglicher Rekuperationsarbeit der elektrischen Antriebe.

**[0016]** Die Radbremsen des Anhängers werden vorteilhaft indirekt durch Ansteuerung eines Anhänger-Drucksteuerventils betätigt, welches das Anhänger-Kontrollventil ansteuert. Das Anhänger-Drucksteuerventil ist ähnlich den Drucksteuerventilen der Radbremsen aufgebaut. Durch die indirekte Ansteuerung über das Anhänger-Drucksteuerventil kann die Bremssteuereinheit vom Zugfahrzeug aus die Betätigung der Radbremsen des Anhängers beeinflussen und einstellen.

**[0017]** In den bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung kommuniziert die Bremssteuereinheit des Zugfahrzeugs über eine Kommunikationsverbindung mit der jeweiligen Bremselektronik eines Anhängers und teilt der Bremselektronik in Abhängigkeit des Vergleichs des Fahrzeugverzögerungs-Istwerts mit der Maximalverzögerung ein Informationssignal mit. Im Rekuperationsbetrieb der elektrischen Antriebe übermittelt die Bremssteuereinheit der Bremselektronik des Anhängers ein Informationssignal mit dem Hinweis auf den aktuellen Rekuperationsbetrieb und veranlasst fallweise ein Schließen und Öffnen der Einlassventile der Drucksteuerventile des Anhängers.

**[0018]** Ist die Zugfahrzeugbremsanlage mit einem Antiblockiersystem (ABS) ausgestattet, werden die Drucksteuerventile der Radbremsen des Zugfahrzeugs zwecks Schließens der jeweiligen Einlassventile von der Bremssteuereinheit angesteuert. Erst wenn die Bremssteuereinheit beim Vergleich des Fahrzeugverzögerungs-Istwerts (z-Ist) mit einer maximalen Kennung für die Maximalverzögerung und einer minimalen Kennung für die Maximalverzögerung ermittelt, dass zusätzliche Bremsleistung über die Rekuperationsbremsleistung hinaus benötigt wird, werden entsprechende Steuersignale für die Drucksteuerventile bestimmt und diese den jeweiligen Drucksteuerventilen des Zugfahrzeugs zugeleitet.

**[0019]** Ist das Zugfahrzeug mit einem elektronischen Bremssystem (EBS) ausgestattet, werden bei Bremsungen mit Rekuperationsbetrieb der elektrischen Antriebe den Druckmodulatoren an den Radbremsen der Räder oder Achsen keine Solldrücke vorgegeben. Erst wenn bei einer Bremsung zusätzliche Bremsleistung über die des vorrangigen Rekuperationsbetriebs der elektrischen Antriebe hinaus von der Bremssteuereinheit des elektronischen Bremssystems (EBS) ermittelt wurde, werden den Druckmodulatoren entsprechende Solldrücke unter Berücksichtigung der aktuell durch Rekuperation erbrachten Bremsleistung vorgegeben.

**[0020]** Das Rekuperationsband wird vorzugsweise in einem unteren Bremsbereich von Wunschverzögerungen des Fahrzeuggespanns unterhalb einer bestimmten Wunschverzögerung breiter vorgegeben als im oberen Wunschbremsbereich bis zur maximalen Wunschverzögerung, wodurch eine effektive bzw. effektivere Rekuperationsarbeit der elektrischen Antriebs-Motoren des Zufahrzeugs gewährleistet ist. Für den oberen Wunschbremsbereich ist zweckmäßig zur Abgrenzung vom unteren Bremsbereich mit erweitertem Rekuperationsband ein bestimmter Grenzwert der Wunschverzögerung vorgegeben, beispielsweise von 20% bis 30 %, insbesondere 25%, der Erdbeschleunigung ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ). Der untere Wunschbremsbereich reicht somit bis zu einem Anteil von 20-30% der maximalen Wunschverzögerung. In dem breiteren Rekuperationsband im unteren Wunschbremsbereich beschreibt die Kennung für die Maximalverzögerung einen Bereich, in welchem die angeforderte Wunschverzögerung durch Schaltung der elektrischen Antriebe in den Rekuperationsbetrieb erbracht wird und gerade noch akzeptiert wird, ohne dass das Regelungssystem der pneumatischen Bremsanlagen des Zugfahrzeugs und/oder des Anhängerfahrzeugs mittels pneumatischer Radbremsen aktiv eingreift durch Erhöhung der Verzögerung des Fahrzeuggespanns durch Aussteuerung von Bremsdrücken.

**[0021]** Von den beiden Feelingkurven für die erfindungsgemäße Einbindung der Bremsleistung rekuperierender elektrischer Antriebe in die Erbringung der geforderten Verzögerung des Fahrzeuggespanns kann die maximale Kennung für die Maximalverzögerung beispielsweise identisch mit dem Verlauf der Wunschverzögerung gesetzt sein, das heißt in einem Diagramm „Fahrzeugverzögerungs-Istwert (z-Ist) in Abhängigkeit der Wunschverzögerung (z-Soll)“ linear verlaufen. Die minimale Kennung für die Maximalverzögerung, welche im Diagramm das Rekuperationsband zu kleineren Fahrzeugverzögerungs-Istwerten (z-Ist) in Abhängigkeit der Wunschverzögerung (z-Soll) hin begrenzt, ist im oberen Wunschbremsbereich mit einer konstanten Abweichung von der maximalen Kennung von beispielsweise 2% der Erdbeschleunigung vorgegeben. Auf diese Weise ist eine Toleranz installiert, welche insbesondere dem Zweck einer Schalthysterese von Bremssystemzuständen dient.

**[0022]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die jeweilige Bremselektronik einer Anhängerbremsanlage dazu eingerichtet, bei einer Verzögerung (Bremsung) des Fahrzeuggespanns über pneumatisch betätigbare Radbremsen des Zugfahrzeugs und/oder der Radbremsen des Anhängerfahrzeugs Messsignale von Drehzahlsensoren der Räder des Anhängerfahrzeugs zu erfassen und in Abhängigkeit der Messsignale den Bremsdruck an den Radbremsen des Anhängerfahrzeugs durch

Ansteuerung von den Radbremsen zugeordneten Drucksteuerventilen einzustellen. Dabei bestimmt die Bremselektronik des Anhängerfahrzeugs anhand der Messsignale von Drehzahlsensoren der Räder des Anhängerfahrzeugs für jede Anhängerachse einen den Schlupf repräsentierenden dynamischen Anhängerachs-Schlupfgrößenwert, vergleicht Anhängerachs-Schlupfgrößenwerte aller Anhängerachsen miteinander und stellt den oder die Anhängerachs-Schlupfgrößenwert(e) abhängig von dem Vergleich auf einen vorgegebenen Differenzschlupfwert zwischen Anhängerachsen ein. Als Anhängerachs-Schlupfgrößenwert, also als Schlupfgrößenwert, der den Schlupf der jeweiligen Anhängerachse repräsentiert, wird dabei der jeweilige Schlupfwert der Anhängerachse oder besonders vorteilhaft die jeweilige Geschwindigkeit der Anhängerachse ermittelt. Unterschiedliche Geschwindigkeiten der Anhängerachsen gehen dabei mit jeweils unterschiedlichem Schlupfwert einher, wobei eine höhere Achsgeschwindigkeit auf einen geringeren Schlupfwert an der betreffenden Achse schließen lässt. Dabei wird während des Rekuperationsbetriebs der elektrischen Antriebe im Zugfahrzeug eine ergänzende Bremsleistung zusätzlich zur Bremsleistung aufgrund der Rekuperation eingestellt.

**[0023]** Besonders vorteilhaft ist eine Ausgestaltung, bei der die Bremssteuereinheit der Zugfahrzeugbremsanlage über eine Kommunikationsverbindung mit der jeweiligen Bremselektronik eines Anhängerfahrzeugs kommuniziert und in Abhängigkeit des Vergleichs des Fahrzeugverzögerungs-Istwerts mit der Maximalverzögerung der Bremselektronik des Anhängerfahrzeugs ein Informationssignal mitteilt.

**[0024]** Die jeweilige Bremselektronik einer Anhängerbremsanlage empfängt das Informationssignal des Zugfahrzeugs und bestimmt anhand der Messsignale von Drehzahlsensoren der Räder des betreffenden Anhängerfahrzeugs für jede Anhängerachse einen dem Schlupf repräsentierenden dynamischen Schlupfgrößenwert.

**[0025]** In einem Unterbremsmodus, in welchem der Fahrzeugverzögerungs-Istwert die minimale Kennung für die Maximalverzögerung nicht erreicht, fordert die Bremssteuereinheit der Zugfahrzeugbremsanlage von der Bremselektronik der Anhängerbremsanlage über die Kommunikationsverbindung die Mitteilung von Anhänger-Schlupfgrößenwerten an, vergleicht den mitgeteilten Anhänger-Schlupfgrößenwert des Anhängerfahrzeugs mit mindestens einem Zugfahrzeug-Schlupfgrößenwert des Zugfahrzeugs und führt bei einem Anhänger-Schlupfgrößenwert des Anhängerfahrzeugs, welcher einen geringeren Schlupfwert indiziert als der Zugfahrzeug-Schlupfgrößenwert des Zugfahrzeugs, den Anhänger-Schlupfgrößenwert durch Erhöhung des dem Anhängerfahrzeug durch das Zugfahrzeug

bereitgestellten Anhängerbremsdrucks für die Anhängerbremsanlage dem Zugfahrzeug-Schlupfgrößenwert nach. Die Bremselektronik des Anhängerfahrzeugs vergleicht demnach die Schlupfgrößenwerte aller Anhängerachsen miteinander und nutzt die Kommunikationsverbindung zur Mitteilung von Information an die Bremssteuereinheit der Zugfahrzeugbremsanlage.

**[0026]** Anders ausgedrückt wird von der Bremssteuereinheit des Zugfahrzeugs der Wert des Anhängerbremsdrucks in einem derartigen Maß erhöht, dass der Anhänger-Schlupfgrößenwert des Anhängerfahrzeugs sich dem aktuellen Zugfahrzeug-Schlupfgrößenwert des Zugfahrzeugs annähert und gegebenenfalls erreicht. Als Schlupfgrößenwert wird vorteilhaft die Achsgeschwindigkeit herangezogen und betrachtet, wobei eine höhere Achsgeschwindigkeit den geringeren Schlupf indiziert und umgekehrt. Wird also für das Anhängerfahrzeug eine höhere Achsgeschwindigkeit mit einer Achsgeschwindigkeit des Zugfahrzeugs verglichen, so indiziert dies einen geringeren Schlupf bei dem Anhängerfahrzeug und ein Unterbremsen. Im Unterbremsmodus würde dann der Wert der Achsgeschwindigkeit des Anhängerfahrzeugs mittels Erhöhung des Anhängerbremsdrucks dem Wert der in den Vergleich eingestellten Achsgeschwindigkeit des Zugfahrzeugs nachgeführt. Der Einfluss der Bremssteuereinheit des Zugfahrzeugs auf die quantitative Einstellung des am Kupplungskopf des Zugfahrzeugs für die Anhängerbremsanlage bereitgestellten Anhängerbremsdrucks ist über eine Ansteuerung des Anhänger-Drucksteuerventils durch die Bremssteuereinheit gegeben, wobei der vom Anhänger-Drucksteuerventil angesteuerte Druck das Anhänger-Kontrollventil ansteuert, das über den Kupplungskopf dem Anhängerfahrzeug den Anhängerbremsdruck zur Verfügung stellt.

**[0027]** Die Kommunikationsverbindung zwischen Zugfahrzeug und Anhängerfahrzeug zur wechselseitigen Datenübertragung ist vorteilhaft ein CAN-Bus. Die Datenübertragung kann auch kabellos erfolgen.

**[0028]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** ein pneumatisches und elektrisches Schema eines Ausführungsbeispiels einer Kombination von Bremsanlagen eines Fahrzeugespanns,

**Fig. 2** ein Flusschaubild eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Verzögern des Fahrzeugespanns gemäß **Fig. 1**,

**Fig. 3** einen Ausschnitt des Flusschaubildes mit einer Ausführung bei sowohl Fahrerbremswunsch als auch externer Bremsanforderung,

**Fig. 4** eine grafische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer minimalen Kennung und einer maximalen Kennung für die Maximalverzögerung zur Durchführung des Verfahrens nach **Fig. 2** oder **Fig. 3**.

**[0029]** **Fig. 1** zeigt einen elektrisch-pneumatischen Plan einer Kombination von pneumatischen Bremsanlagen 3, 4 der Nutzfahrzeuge 5, 6 eines Fahrzeugespanns 7, nämlich eines Zugfahrzeugs 5 mit im Ausführungsbeispiel einem Anhängerfahrzeug 6. Elektrische Leitungen sind mit Volllinien und pneumatische Leitungen mit punktierten Linien dargestellt. Das Zugfahrzeug 5 umfasst im gezeigten Ausführungsbeispiel zwei Achsen, nämlich eine Vorderachse 8 und eine Hinterachse 9, an denen jeweils beidseitig Räder 10 angeordnet sind. Das Anhängerfahrzeug 6 weist ebenfalls zwei Anhängerachsen 11, 12 mit jeweils Rädern 10 auf. Zum Abbremsen der Räder 10 ist jedem Rad 10 eine Radbremse 13 zugeordnet, welche pneumatisch über Bremszylinder 14 betätigbar sind. Die Radbremsen 13 -hier des Zugfahrzeugs 5- üben entsprechend dem jeweils im Bremszylinder 14 anliegenden pneumatischen Bremsdruck P eine Bremskraft auf das drehende Rad 10 aus.

**[0030]** In der Fahrerkabine des Zugfahrzeugs 5 ist ein Bremspedal 15 angeordnet, welches an ein Betriebsbremsventil 16 gekoppelt ist. Der Fahrer des Zugfahrzeugs 5 kann durch Betätigen des Bremspedals 15 pneumatischen Druck zu den Bremszylindern 14 durchschalten und somit die Radbremsen 13 betätigen. Hierzu beherrscht das Betriebsbremsventil 16 pneumatische Bremsleitungen 17, 18 zwischen Druckmittelvorräten 19, 20 und den Bremszylindern 14.

**[0031]** Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Radbremsen 13 der Vorderachse 8 einem gemeinsamen ersten Bremskreis 21 zugeordnet, während die Radbremsen 13 der Hinterachse 9 über einen zweiten Bremskreis 22 betätigbar sind. Der erste Druckmittelvorrat 19 ist dabei dem ersten Bremskreis 21 zugeordnet und über die Bremsleitung 17 an die Bremszylinder 14 der Vorderachse 8 angeschlossen. Der zweite Bremskreis 22 der Hinterachse 9 wird über einen zweiten Druckmittelvorrat 20 mit Druckmittel versorgt. Der zweite Bremskreis 22 ist analog dem ersten Bremskreis 21 aufgebaut, das heißt, dass die Bremsleitung 18 zwischen dem zweiten Druckmittelvorrat 20 zu den Radbremsen 13 der Hinterachse 9 über das Betriebsbremsventil 16 freigebbar ist und daher der Bremsdruck P in Abhängigkeit von der Stellung des Bremspedals 15 einstellbar ist.

**[0032]** Das Zugfahrzeug 5 umfasst elektrische Antriebe 44, wobei im gezeigten Ausführungsbeispiel jedem Hinterrad des Zugfahrzeugs 5 ein elektrischer Antrieb 44 zugeordnet ist. Die elektrischen

Antriebe 44 werden jeweils aus einem Energiespeicher 46 mit elektrischer Energie gespeist. Die elektrischen Antriebe 44 können in einen Rekuperationsbetrieb 55 (Fig. 2) geschaltet werden, wobei bei einer Fahrt des Fahrzeuggespanns 7 die elektrischen Antriebe 44 die kinetische Energie des Fahrzeuggespanns 7 durch die die elektrischen Antriebe antreibenden Drehbewegungen der Hinterräder in elektrische Energie umwandeln, die in die Energiespeicher 46 einspeist wird. Im Rekuperationsbetrieb 55 wirken die elektrischen Antriebe 44 auf das Fahrzeuggespann 7 verzögernd ein und werden gezielt als Nutzbremse zur Verzögerung des Fahrzeuggespanns 7 eingesetzt.

**[0033]** Die Zugfahrzeugbremsanlage 3 umfasst einen Kupplungskopf 23, an den die Anhängerbremsanlage 4 des Anhängers 6 ankuppelbar ist. Über den Kupplungskopf 23 stellt die Zugfahrzeugbremsanlage 3 einen pneumatischen Anhängerbremsdruck P-A für die Anhängerbremsanlage 4 bereit. Dabei ist dem Kupplungskopf 23 ein Anhänger-Kontrollventil 24 zugeordnet, welches die Verbindung zwischen einem dritten Druckmittelvorrat 25 und dem pneumatischen Kupplungskopf 23 beherrscht. Die Anhängerbremsanlage 4 weist einen Anhängerbremskreis 26 auf, in dem der vom Zugfahrzeug 5 bereitgestellte Anhängerbremsdruck P-A herrscht und zu allen Radbremsen 13 des Anhängers 6 durchschaltbar ist.

**[0034]** Sowohl in der Zugfahrzeugbremsanlage 3 als auch in der Anhängerbremsanlage 4 ist jedem Bremszylinder 14 ein Drucksteuerventil 27 vorgeschaltet, welche elektrisch ansteuerbar sind. Zum Empfang von Steuersignalen 28, 29 sind die Drucksteuerventile 27 der Zugfahrzeugbremsanlage 3 mit einer Bremssteuereinheit 30 verbunden. Die Drucksteuerventile 27 der Anhängerbremsanlage 4 sind mit einer Bremslektronik 31 verbunden. Die Drucksteuerventile 27 sind jeweils eine Kombination von wenigstens zwei Magnetventilen, nämlich einen Einlassventil 32 und einem Auslassventil 33. Das Einlassventil 32 dient dabei prinzipiell zur Druckerhöhung beziehungsweise zum Halten des Drucks im jeweiligen Bremszylinder 14, während das Auslassventil 33 zur Reduzierung des Bremsdrucks geöffnet wird und den jeweils angeschlossenen Bremszylinder 14 entlüftet. Das Einlassventil 32 und das Auslassventil 33 sind vorzugsweise 2/2-Wegeventile.

**[0035]** Die Bremssteuereinheit 30 und die Bremslektronik 31 sind dazu ausgebildet und vorgesehen, bedarfsweise den Bremsdruck im jeweiligen Fahrzeug zu beeinflussen. Hierzu wird in jedem Fahrzeug das Drehverhalten der Räder 10 überwacht. Jedem Rad 10 des Zugfahrzeugs 5 und jedem Rad 10 des Anhängers 6 ist dabei jeweils ein Drehzahlsensor 34 zugeordnet, welcher Messsignale 35 mit Aussage über das Drehverhalten des jeweiligen

Rades 10 erzeugt. Die Drehzahlsensoren 34 der Zugfahrzeugbremsanlage 3 sind mit der Bremssteuereinheit 30 verbunden und die Drehzahlsensoren 34 der Anhängerbremsanlage 4 mit der Bremslektronik 31. Die Bremssteuereinheit 30 wertet die Messsignale 35 der Drehzahlsensoren 34 der Zugfahrzeugbremsanlage 3 aus.

**[0036]** Die Auswertung der Messsignale 35 der Drehzahlsensoren 34 erfolgt für eine oder mehrere Bremsmanagementfunktionen oder Stabilitätsfunktionen wie beispielsweise einer Antiblockierfunktion. Die Bremssteuereinheit 30 empfängt außerdem eine Fahrerwunschinformation 53, aus welcher die Bremssteuereinheit 30 die angeforderte Wunschverzögerung (Bezugszeichen „z-Soll“ in Fig. 2) herleitet. Hierzu ist im gezeigten Ausführungsbeispiel ein Bremssignalgeber 39 vorgesehen, welcher beispielsweise für eine Wegmessung oder Kraftmessung an ein Bauteil des Betriebsbremsventils 16 oder an das Bremspedal 15 im Fahrerhaus gekoppelt ist. In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird zur Bereitstellung der Fahrerwunschinformation 53, welche die umzusetzende Wunschverzögerung repräsentiert, ein vom Fahrer über das Bremspedal 15 und dem Betriebsbremsventil 16 ausgesteuerter Bremsdruck in einer der Bremsleitungen 17, 18 durch einen Drucksensor sensiert. Anders ausgedrückt gibt der Fahrer durch die Betätigung des Bremspedals 15 seinen Bremswunsch vor, welcher der Bremssteuereinheit 30 über ein Signal mit der Fahrerwunschinformation 53 mitgeteilt wird, welches quantitativ der Wunschverzögerung z-Soll entspricht.

**[0037]** In einem hier nicht dargestellten, aber in Fig. 2 berücksichtigten Ausführungsbeispiel, wird die Wunschverzögerung z-Soll alternativ oder sogar zusätzlich zu der Fahrerwunschinformation 53, als externe Bremsanforderung 66 vorgegeben, beispielsweise von einem Fahrerassistenzsystem 68. Die Maximalverzögerung z-Max wird nach Kennungen („Feeling-Kurven“) bestimmt, welche in einem der Bremssteuereinheit 30 zugeordneten Kennfeldspeicher 37 abgelegt sind. Die Kennungen sind in Abhängigkeit wenigstens der Wunschverzögerung z-Soll abgespeichert und können auch weitere Fahrzeugzustandsparameter berücksichtigen, beispielsweise die Masse m oder den Beladungszustand des Fahrzeuggespanns 7.

**[0038]** Die Betätigung des Anhänger-Kontrollventils 24 erfolgt durch eine Betätigung des Betriebsbremsventiles 16 mittels des Bremspedales 15 durch den Fahrer oder obliegt unabhängig von einer Betätigung des Betriebsbremsventiles 16 durch den Fahrer der Bremssteuereinheit 30 der Zugfahrzeugbremsanlage 3. Für die Betätigung und Steuerung des Anhänger-Kontrollventils 24 verfügt die Zugfahrzeugbremsanlage 3 über einen vierten Bremskreis 59 mit einem vierten Druckmittelvorrat 60. Der vierte Bremskreis

59 weist ein 3/2-Wegeventil, ein Doppelrückschlagventil und ein zusätzliches Anhänger-Drucksteuerventil 38 auf, welches über eine Druckleitung 58 auf das Anhänger-Kontrollventil 24 wirkt. Das zusätzliche Anhänger-Drucksteuerventil 38 ist analog den Drucksteuerventilen 27 aufgebaut, welche den Radbremsen 13 vorgeschaltet sind. Das Einlassventil 32 und das Auslassventil 33 des Anhänger-Drucksteuerventils 38 werden von der Bremssteuereinheit 30 der Zugfahrzeugbremsanlage 3 mit Steuersignalen 28, 29 angesteuert. Auf diese Weise werden die Radbremsen 13 des Anhängers 6 von der Bremssteuereinheit 30 betätigt, nämlich indirekt betätigt durch Ansteuerung des Anhänger-Drucksteuerventils 38, welches das Anhänger-Kontrollventil 24 ansteuert.

**[0039]** Über das zusätzliche Anhänger-Drucksteuerventil 38 kann die Bremssteuereinheit 30 den Anhängerbremsdruck P-A beeinflussen und einstellen, welcher über den pneumatischen Kupplungskopf 23 für die Anhängerbremsanlage 4 bereitgestellt wird.

**[0040]** Die Bremselektronik 31, die Drehzahlsensoren 34 und die Drucksteuerventile 27 der Anhängerbremsanlage 4 sind die wesentlichen Elemente eines Antiblockiersystems (Bezugszeichen 36 in **Fig. 2**) des Anhängers 6. Die Bremselektronik 31 überwacht über die Drehzahlsensoren 34 beziehungsweise die Auswertung deren Messsignale 35 die Blockierneigung der einzelnen Räder. Bei Feststellen einer Blockierneigung eines oder mehrerer Räder wirkt die Bremselektronik 31 durch Ansteuerung eines oder mehrerer Drucksteuerventile 27 und Regelung der Bremsdrücke entlang der Schlupfgrenze einem Blockieren der Räder entgegen. Die Bremselektronik 31 steuert bei Feststellen einer Blockierneigung die Drucksteuerventile 27 an und verändert so den dort jeweils auf die Radbremsen 13 wirkenden Anhängerbremsdruck P-A.

**[0041]** Die Bremssteuereinheit 30 im Zugfahrzeug 5 ist über eine Kommunikationsverbindung 48 signalübertragend mit der jeweiligen Bremselektronik 31 eines jeweiligen Anhängers 6 des Fahrzeuggespanns 7 verbunden. Über die Kommunikationsverbindung 48 kann die Bremssteuereinheit 30 der Bremselektronik 31 ein Informationssignal 45 mit einer Information, Anweisung oder Anforderung zuleiten. Die Bremselektronik 31 nutzt die Kommunikationsverbindung 48, um der Bremssteuereinheit 30 im Zugfahrzeug 5 Information über aktuelle Schlupfgrößenwerte  $v_{Afz}$  des Anhängers 6 mitzuteilen. Die Kommunikationsverbindung 48 ist beispielsweise eine CAN-Verbindung.

**[0042]** Ein Ausführungsbeispiel der Betriebsweise der Kombination von Zugfahrzeugbremsanlage 3 und Anhängerbremsanlage 4 ist nachstehend

anhand von **Fig. 2** und **Fig. 4** näher erläutert. Sowohl die Bremssteuereinheit 30 der Zugfahrzeugbremsanlage 3 als auch die Bremselektronik 31 der Anhängerbremsanlage 4 sind zur Auswertung 40 der Messsignale 35 der Drehzahlsensoren 34 konfiguriert, welche einer Druckbestimmung 41 zugrunde gelegt werden. Entsprechend der Druckbestimmung beziehungsweise Bestimmung des Bremsdrucks werden entsprechende Steuersignale 28, 29 für die betroffenen Drucksteuerventile 27 erzeugt, um den Bremsdruck P, P-A im jeweiligen Nutzfahrzeug bedarfsweise einzustellen. Bei der Auswertung 40 wird jeweils ein Schlupfgrößenwert  $vZ1$ ,  $vZ2$ ,  $vA1$ ,  $vA2$  bestimmt, welcher den Schlupf der jeweiligen Fahrzeugachse repräsentiert. Die Schlupfgrößenwerte sind dabei jeweils in der gleichen Dimension ermittelt, damit die Schlupfgrößenwerte unterschiedlicher Achsen vergleichbar sind. Im gezeigten Ausführungsbeispiel werden als Schlupfgrößenwerte die jeweiligen Achsgeschwindigkeiten ermittelt.

**[0043]** Die Bremssteuereinheit 30 der Zugfahrzeugbremsanlage 3 ist dazu ausgebildet, den Betriebspunkt während der Verzögerung des Fahrzeuggespanns unter Berücksichtigung der Wunschverzögerung z-Soll zu bestimmen und eine geeignete Bremsstrategie einzustellen. Dabei ist eine Verzögerung über gezielte Ansteuerung der Radbremsen und/oder eine Verzögerung unter Nutzung der auf das Fahrzeuggespann einwirkenden verzögernden Wirkung der elektrischen Antriebe 44 im Rekuperationsbetrieb 55 einstellbar. Im Rekuperationsbetrieb 55 werden die elektrischen Antriebe 44 gezielt elektrisch als Generator geschaltet und wandeln so die kinetische Energie des Fahrzeuggespanns durch die drehende Antriebswirkung der Räder/Achsen des Fahrzeugs auf die elektrischen Antriebe 44 als Generator geschaltet in elektrische Energie um.

**[0044]** Die Bremssteuereinheit 30 ist zur Erfassung 42 eines aktuellen Fahrzeugverzögerungs-Istwerts z-Ist ausgebildet und liest zur quantitativen Beeinflussung der Verzögerung den Kennfeldspeicher 37 in Abhängigkeit der aktuell vom Fahrer über den Bremssignalgeber 39 erfassten vorgegebenen Wunschverzögerung z-Soll aus. Im Kennfeldspeicher 37 sind Kennungen zur Bestimmung der Maximalverzögerung z-Max abgespeichert. Die Kennungen, die auch als „Feelingkurven“ bezeichnet werden, beschreiben einen Zusammenhang zwischen der Wunschverzögerung und dem Ist-Verzögerungswert und geben eine jeweils optimierte Maximalverzögerung vor. Im Ausführungsbeispiel sind die Kennungen auch in Abhängigkeit von der Fahrzeugmasse m optimiert und berücksichtigen so den Beladungszustand des Fahrzeugs.

**[0045]** **Fig. 3** zeigt einen Ausschnitt des Flusschaubildes gemäß **Fig. 2** für die Situation, dass



gleichzeitig der Fahrer des Fahrzeugs eine Verzögerung des Fahrzeugs durch eine Betätigung des Betriebsbremsventils anfordert, die als Fahrerwunschinformation 53 durch den Bremssignalgeber 39 quantitativ vorgegeben ist, und außerdem eine externe Bremsanforderung 66 vorliegen. Mit anderen Worten muss die Wunschverzögerung z-Soll sowohl die Fahrerwunschinformation 53 als auch die externe Bremsanforderung 66 berücksichtigen. Für diesen Fall ist eine Ermittlungsvorschrift 67 eingerichtet, nach der die Wunschverzögerung z-Soll unter Berücksichtigung der Fahrerwunschinformation und externer Bremsanforderung 66 bestimmt wird. In einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel sieht die Ermittlungsvorschrift 67 einen Addition-Modus vor, bei dem der Fahrerbremswunsch 53 des Fahrers und die externe Bremsanforderung 66 addiert werden und auf diese Weise die Wunschverzögerung z-Soll zwecks Bestimmung der Maximalverzögerung z-Max ermittelt wird. Alternativ ist durch die Ermittlungsvorschrift 67 ein Maximum-Modus eingerichtet, bei dem die jeweils quantitativ größere Bremsanforderung, also entweder die Fahrerwunschinformation 53 gemäß dem Bremssignalgeber 39 oder die externe Bremsanforderung 66 zur Ermittlung der Wunschverzögerung z-Soll und letztlich der Bestimmung der Maximalverzögerung z-Max berücksichtigt wird.

**[0046]** Um eine optimale Ausnutzung der Bremskapazität des elektrischen Antriebs zu gewährleisten, sind im Kennfeldspeicher 37 sowohl eine maximale Kennung z-kmax für die Maximalverzögerung als auch eine minimale Kennung z-kmin für die Maximalverzögerung abgespeichert. Stellt die Bremssteuereinheit 30 fest, dass die nachfolgend dargestellten Voraussetzungen für eine effiziente Verzögerung bei Rekuperation gegeben sind, erfolgt eine Einschaltung des Rekuperationsbetriebs 64 der elektrischen Antriebe 44. Im Rekuperationsbetrieb 55 werden die elektrischen Antriebe 44 von der Zugfahrzeugbremsanlage 3 als Nutzbremse zur Verzögerung des Fahrzeuggespanns eingesetzt und abgestimmt mit den pneumatisch betätigbaren Radbremsen 13 des Zugfahrzeugs 5 und des Anhängerfahrzeugs 6 betätigt. Dabei wird ein Betriebspunkt entsprechend der Wunschverzögerung z-Soll und dem Fahrzeugverzögerungs-Istwert z-Ist mit der maximalen Kennung z-kmax für die Maximalverzögerung und der minimalen Kennung z-kmin für die Maximalverzögerung verglichen 64. Insbesondere wird beim Vergleich 64 mit den Kennungen z-kmax, z-kmin geprüft, ob sich der Betriebspunkt innerhalb des Bereichs zwischen den Kennungen z-kmax, z-kmin befindet. Dieser durch die Kennungen z-kmax, z-kmin begrenzte Bereich wird nachstehend auch als Rekuperationsband 65 bezeichnet. Anders ausgedrückt schließen die maximale Kennung z-kmax für die Maximalverzögerung und die minimale Kennung z-kmin für die Maximalverzögerung zwischen sich

das Rekuperationsband 65 (**Fig. 4**) vorrangigen Rekuperationsbetriebs 55 ein. Dabei wird innerhalb des Rekuperationsbands 65 die angeforderte Wunschverzögerung z-Soll mittels Rekuperationsbetriebs 55 des elektrischen Antriebs bewirkt. Erst wenn die Bremssteuereinheit 30 feststellt, dass die angeforderte Wunschverzögerung z-Soll durch den Fahrzeugverzögerungs-Istwert z-Ist nicht erreicht wird beziehungsweise werden kann, wird im Rekuperationsbetrieb 55 die erforderliche beziehungsweise noch erforderliche Bremsleistung durch Ansteuerung von pneumatischen Radbremsen bewirkt.

**[0047]** In einem Ermittlungsschritt 63 bestimmt die Bremssteuereinheit, in welchen der durch die Kennungen definierten Betriebsbremsbereiche B1, B2, B3 (**Fig. 4**) der erfasste Fahrzeugverzögerungs-Istwert z-Ist fällt. Als Ergebnis des Ermittlungsschritts 63 wird die erforderliche Bremsleistung ausschließlich im Rekuperationsbetrieb 55 erbracht oder zusätzlich zum Rekuperationsbetrieb 55 über die pneumatischen Bremsanlagen, wobei der Betriebsbremsbereich B3 als Überbremsmodus 2 und der Betriebsbremsbereich B1 als Unterbremsmodus 1 definiert ist.

**[0048]** Zur Ansteuerung der pneumatischen Radbremsen vergleicht 43 die Bremssteuereinheit 30 die Maximalverzögerung z-Max mit dem Fahrzeugverzögerungs-Istwert z-Ist.

**[0049]** Die Kennung der Maximalverzögerung z-Max entspricht im gezeigten Ausführungsbeispiel der maximalen Kennung z-kmax, welche auch im Ermittlungsschritt 63 bei der Entscheidung über die Einschaltung des Rekuperationsbetriebs 55 herangezogen wird. Sie hat einen im Wesentlichen linearen Verlauf, wie in **Fig. 3** dargestellt ist.

**[0050]** Anhand des Vergleichs 43 wird zwischen einer Verzögerungsstrategie im Unterbremsmodus 1 und einer Verzögerungsstrategie im Überbremsmodus 2 unterschieden. Der Unterbremsmodus 1 ist dadurch definiert, dass der Fahrzeugverzögerungs-Istwert z-Ist die Maximalverzögerung z-Max nicht erreicht. Wird der Unterbremsmodus 1 aktiviert, fordert die Bremssteuereinheit 30 der Zugfahrzeugbremsanlage 3 von der Bremselektronik 31 der Anhängerbremsanlage 4 über die Kommunikationsverbindung 48 und ein entsprechendes Informationssignal 45 die Mitteilung von Schlupfgrößenwerten vA1, vA2, vAfz an (Anforderung 57).

**[0051]** Die Bremselektronik 31 bestimmt nach Empfang 52 eines Informationssignals 45 mit einer solchen Anforderung 57 von Schlupfgrößenwerten im Unterbremsmodus 1 aus den Anhängerachs-Schlupfgrößenwerten vA1, vA2 aller Anhängerachsen des von ihr gesteuerten Antiblockiersystems 36

und teilt die Schlupfgrößenwerte oder einen Mittelwert über die Kommunikationsverbindung 48 der Bremssteuereinheit 30 mit.

**[0052]** Der Anhänger-Schlupfgrößenwert  $v_{Afz}$ , das heißt der Mittelwert der Anhängerachs-Schlupfgrößenwerte  $v_{A1}$ ,  $v_{A2}$ , wird mit dem Mittelwert der Zugfahrzeugachs-Schlupfgrößenwerte des Zugfahrzeugs verglichen 50. Wird beim Vergleich 50 des Anhänger-Schlupfgrößenwerts  $v_{Afz}$  mit dem Zugfahrzeug-Schlupfgrößenwert  $v_{Zfz}$  ein geringerer Schlupf beim Anhängfahrzeug 6 festgestellt, so wird daraus der Rückschluss gezogen, dass das Bremsverhalten des Anhängfahrzeuges maßgeblich dafür ist, dass das Fahrzeuggespann unterbremst. Im Fall der Betrachtung der Achsgeschwindigkeit als Schlupfgrößenwert wird also bei größerem Mittelwert der Achsgeschwindigkeiten am Anhängfahrzeug dieser Mittelwert als Anhänger-Schlupfgrößenwert  $v_{Afz}$  des Anhängfahrzeuges 6 durch Erhöhung des dem Anhängfahrzeug 6 durch das Zugfahrzeug 5 bereitgestellten Anhängerbremstdrucks P-A für die Anhängerbremsanlage 4 dem Mittelwert der Achsgeschwindigkeiten am Zugfahrzeug, das heißt dem Zugfahrzeug-Schlupfgrößenwert  $v_{Zfz}$  des Zugfahrzeugs 5, nachgeführt. Zu diesem Zweck wird eine Erhöhung 61 des Anhängerbremstdrucks ermittelt und entsprechende Steuerinformation für das Anhänger-Drucksteuerventil 38 aus einem Kennfeldspeicher 62 entnommen und mit der Steuerinformation das Anhänger-Drucksteuerventil 38 zur Bewirkung der Erhöhung des Anhängerbremstdrucks P-A durch das Anhänger-Kontrollventil 24 angesteuert.

**[0053]** Im Überbremsmodus 2, das heißt bei größerem Fahrzeugverzögerungs-Istwert  $z_{Ist}$  als der gegebenen Maximalverzögerung  $z_{Max}$ , wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Verzögerungsstrategie gewählt, bei welcher in der Zugfahrzeugbremsanlage 3 der Bremsdruck P limitiert wird und der Bremselektronik 31 des Anhängfahrzeuges 6 ein Informationssignal 45 mit einer Limitierungsstatusinformation 56 zugeleitet. Die Limitierungsstatusinformation 56 informiert die Bremselektronik 31 des Anhängfahrzeuges 6 darüber, dass an den Radbremsen des Zugfahrzeugs der Bremsdruck limitiert wurde. Empfängt die Bremselektronik 31 der Anhängerbremsanlage 4 die Limitierungsstatusinformation 56, so werden bis zur Veränderung dieser Situation an allen Radbremsen des Anhängfahrzeuges 6 an den den Radbremsen zugeordneten Drucksteuerventilen 27 die Einlassventile 32 geschlossen.

**[0054]** Beim Vergleich 43 des Betriebspunkts entsprechend der Wunschverzögerung  $z_{Soll}$  und dem Fahrzeugverzögerungs-Istwert  $z_{Ist}$  mit der maximalen Kennung  $z_{kmax}$  für die Maximalverzögerung und der minimalen Kennung  $z_{kmin}$  für die Maximalverzögerung stellt die Bremssteuereinheit 30 fest, ob der Betriebspunkt A, B, C, D, E, F, G, H innerhalb des

für den Rekuperationsbetrieb 55 vorgesehenen Rekuperationsbands 65 der Kennungen liegt. Ist das nicht der Fall, so wird von der Bremssteuereinheit 30 im Rekuperationsbetrieb 55 ermittelt, ob und welche Bremsleistung zusätzlich zu der das Fahrzeuggespann bremsenden Wirkung der in den Rekuperationsbetrieb geschalteten elektrischen Antriebe über die pneumatischen Radbremsen zu erbringen ist.

**[0055]** Fig. 4 zeigt eine graphische Darstellung des von Wunschverzögerung  $z_{Soll}$  und Fahrzeugverzögerungs-Istwert  $z_{Ist}$  aufgespannten Bremsbetriebsfeldes, welches von der minimalen Kennung  $z_{kmin}$  für die Maximalverzögerung und der maximalen Kennung  $z_{kmax}$  für die Maximalverzögerung in drei Bremsbetriebsfeldbereiche B1, B2, B3 geteilt ist. Die maximale Kennung  $z_{kmax}$  für die Maximalverzögerung hat einen linearen Verlauf und entspricht der Feeling-Kurve für die Maximalverzögerung bei herkömmlichen Steuerungen von Betriebsbremsanlagen mit pneumatisch betätigten Radbremsen. Die minimale Kennung  $z_{kmin}$  für die Maximalverzögerung liegt unterhalb der maximalen Kennung  $z_{kmax}$ , das heißt mit vergleichsweise niedrigeren Werten für die Maximalverzögerung. Die maximale Kennung  $z_{kmax}$  und die minimale Kennung  $z_{kmin}$  schließen zwischen sich ein Rekuperationsband 65 vorrangigen Rekuperationsbetriebs ein, wobei innerhalb des Rekuperationsbands 65 die angeforderte Wunschverzögerung  $z_{Soll}$  vorrangig mittels Rekuperationsbetriebs 55 des elektrischen Antriebs bewirkt wird.

**[0056]** Die drei Bremsbetriebsfeldbereiche B1, B2, B3 unterscheiden verschiedene Bremssituationen des Fahrzeuggespanns. Im Bremsbetriebsfeldbereich B3 ist der Fahrzeugverzögerungs-Istwert  $z_{Ist}$  größer als die von der Bremssteuereinheit 30 des Zugfahrzeugs ermittelte und zur Verzögerung des Fahrzeuggespanns geforderten Wunschverzögerung  $z_{Soll}$ , was bedeutet, dass das Fahrzeug überbremst. Für diesen Fall wird als Verzögerungsstrategie der Überbremsmodus 2 gewählt. In den Bremsbetriebsfeldbereichen B1, B2 unterbremst das Fahrzeug im Verhältnis zu der von der Bremssteuereinheit 30 des Zugfahrzeugs ermittelten und zur Verzögerung des Fahrzeuggespanns geforderten Wunschverzögerung  $z_{Soll}$ . Der Bremsbetriebsfeldbereich B1 ist durch die minimale Kennung  $z_{kmin}$  begrenzt, welche für die Wahl der Verzögerungsstrategie eine unterste Grenze bildet, ohne dass ein aktives Eingreifen und Bereitstellen von Bremsleistung über die pneumatisch betätigten Radbremsen des Zugfahrzeugs und/oder des Anhängfahrzeuges vorrangig oder zusätzlich erfolgen soll. Mit anderen Worten begrenzt die minimale Kennung  $z_{kmin}$  einen Bereich, in welchem die angeforderte Wunschverzögerung  $z_{Soll}$  durch Schaltung der elektrischen Antriebe in den Rekuperationsbetrieb

erbracht wird und die gerade noch akzeptiert wird, ohne dass das Regelungssystem der pneumatischen Bremsanlagen des Zugfahrzeugs und/oder des Anhängers mittels pneumatischer Radbremsen aktiv eingreift durch Erhöhung der Verzögerung des Fahrzeuges durch Aussteuerung von Bremsdrücken.

**[0057]** Der Bremsbetriebsfeldbereich B2 zwischen den beiden anderen Bremsbetriebsfeldbereichen B1, B3 fällt mit dem Rekuperationsband 65 zusammen, welches durch die minimale Kennung  $z_{\text{kmin}}$  und die maximale Kennung  $z_{\text{kmax}}$  bestimmt und begrenzt ist. Ist der mögliche Wertebereich der Wunschverzögerung  $z_{\text{Soll}}$  bis zu einer maximalen Wunschverzögerung von 100% (100% entspricht der Erdbeschleunigung  $[g]$  von  $9,81 \text{ m/s}^2$ ) angegeben, wie in **Fig. 3**, so sei der Wertebereich der Wunschverzögerung in drei Wunschbremsbereiche FB1, FB2, FB3 geteilt. Das Rekuperationsband 65 ist dabei in einem unteren Wunschbremsbereich FB2 mit geringeren Wunschverzögerungen  $z_{\text{Soll}}$  als einer bestimmten Wunschverzögerung breiter vorgegeben als im oberen Wunschbremsbereich FB3 bis zur maximalen Wunschverzögerung von 100%. Der Wert zur Trennung des unteren Wunschbremsbereichs FB2 vom oberen Wunschbremsbereich FB3 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel auf den vorteilhaften Wert von 25% der maximal möglichen Wunschverzögerung bestimmt.

**[0058]** Im oberen Wunschbremsbereich FB3 liegt die minimale Kennung  $z_{\text{kmin}}$  etwa parallel zur maximalen Kennung  $z_{\text{kmax}}$  mit einem Abstand von etwa 2% (2%g), wobei die Abweichung der Kennungen im Wesentlichen dem Zweck einer Schalthysterese von Betriebszuständen des Bremssystems dient.

**[0059]** Innerhalb des breiteren Bereichs des Rekuperationsbandes 65 ist eine Verzögerung des Fahrzeugs vorrangig mit der Verzögerungswirkung der elektrischen Antriebe 44 im Rekuperationsbetrieb 55 vorgesehen. Unter vorrangiger Verzögerung des Fahrzeugs über den Rekuperationsbetrieb 55 ist dabei zu verstehen, dass die elektrischen Antriebe 44 in den Rekuperationsbetrieb 55 geschaltet werden und ausschließlich eine zusätzliche Bremsleistung, welche zum Anheben des Fahrzeugverzögerungs-Istwertes  $z_{\text{Ist}}$  als erforderlich ermittelt wird, beim Vergleich mit der Maximalverzögerung, über die pneumatischen Radbremsen und Aussteuerung entsprechender Bremsdrücke, erfolgt.

**[0060]** Unterhalb des unteren Wunschbremsbereichs FB2 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel optional ein erster Wunschbremsbereich FB1 für den Bremsbeginn vorgesehen, welcher von 0%g bis zu einer Schwelle von beispielsweise 6%g, das heißt 6% der Erdbeschleunigung  $[g]$ , reicht. Im Bremsbetriebsfeldbereich FB1 für den Bremsbeginn ist (noch)

keine Bewertung der vorliegenden Bremssituation vorgesehen, das heißt eine Ermittlung 64 (**Fig. 2**), in welchem der drei Betriebsbremsbereiche B1, B2, B3 der aktuell ermittelte Fahrzeugverzögerungs-Istwert  $z_{\text{Ist}}$  liegt. Im ersten Wunschbremsbereich FB1 für den Bremsbeginn werden die pneumatischen Betriebsbremsen vollständig vom Eingriff in die Verzögerung zurückgehalten. Die Rekuperation der elektrischen Antriebe hat dabei Vorrang vor einer genau geregelten Fahrzeugverzögerung über Aussteuerung von Bremsdrücken für die pneumatischen Radbremsen.

**[0061]** In **Fig. 4** sind beispielhaft zur weiteren Erläuterung der Integration der Bremswirkung während der Rekuperation der elektrischen Antriebe verschiedene Betriebspunkte A, B, C, D, E, F, G, H angegeben.

**[0062]** Betriebspunkt A betrifft eine Bremssituation zu Beginn einer Bremsung und liegt im ersten Wunschbremsbereich FB1, welcher für den Bremsbeginn noch unterhalb des unteren Wunschbremsbereichs FB2 von 0%g bis zu einer Schwelle von beispielsweise 6%g vorgesehen ist. Im Betriebspunkt A überbremst das Fahrzeug, das heißt der Fahrzeugverzögerungs-Istwert  $z_{\text{Ist}}$  ist größer als die Maximalverzögerung gemäß der maximalen Kennung  $z_{\text{kmax}}$  für die Maximalverzögerung  $z_{\text{Max}}$ . Auftreten kann diese Bremssituation beispielsweise, wenn das Fahrzeugespannung leistungsstarke elektrische Antriebe aufweist und gleichzeitig wenig Masse hat. Im Betriebspunkt A erfolgt kein Eingriff in die pneumatische Betätigung der Radbremsen und die Verzögerung wird ausschließlich über die Wirkung der elektrischen Antriebe im Rekuperationsbetrieb 55 umgesetzt. Vorteilhaft fordert die Bremssteuereinheit 30 die Steuerung der elektrischen Antriebe 44 dazu auf, die Kuperationsarbeit zu verringern.

**[0063]** Betriebspunkt 6 liegt ebenso wie Betriebspunkt A im ersten Wunschbremsbereich FB1 für den Bremsbeginn, jedoch ohne dass ein Überbremsen des Fahrzeugs gegeben ist. Eine Regelung der Fahrzeugverzögerung über die Betätigung der Radbremsen erfolgt auch hier nicht, ebenfalls keine Regelung des Differenzschlupfs im Zugfahrzeug, allerdings des Differenzschlupfs zwischen den Teilfahrzeugen des Fahrzeugespanns, also wenigstens zweier Räder, nämlich eines des Zugfahrzeugs und eines des Anhängers.

**[0064]** Betriebspunkt C liegt im unteren Wunschbremsbereich FB2, in dem die meisten Bremsvorgänge im praktischen Fahrbetrieb liegen dürften. Dabei liegt im Betriebspunkt C ein Zustand vor, in dem das Fahrzeug überbremst. Dabei greift die Bremssteuereinheit in den Bremsvorgang durch Einstellung der Bremsdrücke und des Anhängerbremsdrucks ein und veranlasst unter Kommunikation mit

der Bremselektronik der Anhängerbremsanlage die Durchführung der vorgesehenen Regelungen, das heißt der Fahrzeugverzögerung, der Schlupfregelung und(oder einer Differenzschlupfregelung.

**[0065]** Betriebspunkt D liegt ebenso wie Betriebspunkt C im unteren Wunschbremsbereich FB2, wobei allerdings kein Überbremsen gegeben ist. Der Vergleich mit den Kennung  $z-k_{min}$ ,  $z-k_{max}$  ergibt, dass der ermittelte Fahrzeugverzögerungswert  $z$ -Ist im Bereich des Bremsbetriebsfelds B2 liegt, für den ein Rekuperationsbetrieb vorgesehen ist. Eine Regelung der Fahrzeugverzögerung über die pneumatischen Radbremsen ist für Betriebspunkt D nicht vorgesehen. Aktiv ist allerdings eine Schlupfregelung der Räder. Ist noch keine vorgesehene Erhöhung des Bremsdrucks an einem betroffenen Rad erfolgt, so kann die Bremssteuereinheit 30 an die Steuereinheit der elektrischen Antriebe 44 eine Aufforderung herausgeben, die momentane Rekuperationsarbeit nicht weiter zu erhöhen.

**[0066]** Betriebspunkt E liegt im Wunschbremsbereich FB2 mit Rekuperationsbetrieb, wobei ein Unterbremsen des Fahrzeugs gegeben ist und die vorgesehenen Maßnahmen für die Regelungen im Unterbremsmodus 1 veranlasst werden.

**[0067]** Betriebspunkt F liegt im oberen Wunschbremsbereich FB3, wobei Eingriffe der Bremssteuereinheit 30 in die Einstellung der Bremsdrücke zur Umsetzung der Regelungen Vorrang vor dem Ziel einer effektiven Rekuperation der elektrischen Antriebe eingeräumt wird. Da Betriebspunkt F zugleich im Bremsbetriebsfeld B3 liegt und damit oberhalb der maximalen Kennung  $z-k_{max}$  für die Maximalverzögerung sendet die Bremssteuereinheit 30 über die Kommunikationsverbindung 48 an die Bremselektronik 31 eine Aufforderung, die Einlassventile 32 der den Radbremsen 13 zugeordneten Drucksteuerventile 27 der Anhängerbremsanlage 4 zu schließen.

**[0068]** Betriebspunkt G liegt im Bereich zwischen den Kennungen  $z-k_{min}$ ,  $z-k_{max}$ , wobei weder ein Unterbremsen noch ein Überbremsen anzunehmen ist. Im Betriebspunkt G wird ein Toleranzbereich der vorgesehenen Regelungen angenommen, in welchem (noch) keine Eingriffe in Differenzschlupfregelungen entsprechend dem Unterbremsmodus 1 oder dem Überbremsmodus 2 (**Fig. 2**) erfolgen.

**[0069]** Betriebspunkt H bezeichnet eine Bremssituation, in der die minimale Kennung  $z-k_{min}$  für die Maximalverzögerung unterschritten ist und ein Unterbremsen des Fahrzeugs angenommen wird. Bei Unterschreiten der minimalen Kennung  $z-k_{min}$  fordert die Bremssteuereinheit 30 der Zugfahrzeugbremsanlage jede Bremselektronik 31 einer jeweiligen Anhängerbremsanlage dazu auf, die bis dahin

geschlossenen Einlassventile der Drucksteuerventile wieder zu öffnen.

Bezugszeichenliste (Bestandteil der Beschreibung)

1	Unterbremsmodus
2	Überbremsmodus
3	Zugfahrzeugbremsanlage
4	Anhängerbremsanlage
5	Zugfahrzeug
6	Anhängefahrzeug
7	Fahrzeuggespann
8	Vorderachse
9	Hinterachse
10	Rad
11	Anhängerachse
12	Anhängerachse
13	Radbremse
14	Bremszylinder
15	Bremspedal
16	Betriebsbremsventil
17	Bremsleitung
18	Bremsleitung
19	Druckmittelvorrat
20	Druckmittelvorrat
21	Erster Bremskreis
22	Zweiter Bremskreis
23	Kupplungskopf
24	Anhänger-Kontrollventil
25	Druckmittelvorrat
26	Anhängerbremskreis
27	Drucksteuerventil
28	Steuersignal
29	Steuersignal
30	Bremssteuereinheit
31	Bremselektronik
32	Einlassventil
33	Auslassventil
34	Drehzahlsensor
35	Messsignal
36	Antiblockiersystem
37	Kennfeldspeicher

38	Anhänger-Drucksteuerventil	vAfz	Anhänger-Schlupfgrößenwert
39	Bremssignalgeber	vZ1	Zugfahrzeugachs-Schlupfgrößenwert (Vorderachse)
40	Auswertung		
41	Druckbestimmung	vZ2	Zugfahrzeugachs-Schlupfgrößenwert (Hinterachse)
42	Erfassung	vZfz	Zugfahrzeug-Schlupfgrößenwert
43	Vergleich	z-Ist	Fahrzeugverzögerungs-Istwert
44	Elektrischer Antrieb	z-Max	Maximalverzögerung
45	Informationssignal	z-Soll	Wunschverzögerung
46	Energiespeicher (Akku)	z-kmin	minimale Kennung für die Maximalverzögerung
47	Anpassung Anhängerdruck		
48	Kommunikationsverbindung (CAN)	z-kmax	maximale Kennung für die Maximalverzögerung
49	Vergleich der Anhängerachs-Schlupfgrößenwerte	m	Masse
50	Vergleich der Schlupfgrößenwerte	B1	Bremsbetriebsfeldbereich
51	Mittelwertbestimmung für das Zugfahrzeug	B2	Bremsbetriebsfeldbereich
		B3	Bremsbetriebsfeldbereich
52	Empfang	FB1	Erster Wunschbremsbereich
53	Fahrerwunschinformation	FB2	Unterer Wunschbremsbereich
54	Mittelwertbestimmung für das Anhängfahrzeug	FB3	Oberer Wunschbremsbereich
55	Rekuperationsbetrieb		
56	Limitierungsstatusinformation		
57	Anforderung von Anhängerachs-Schlupfgrößenwerten		
58	Druckleitung		
59	Vierter Bremskreis		
60	Druckmittelvorrat		
61	Erhöhung des Anhängerbremsdrucks		
62	Kennfeldspeicher		
63	Ermittlungsschritt		
64	Einschaltung Rekuperationsbetrieb		
65	Rekuperationsband		
66	externe Bremsanforderung		
67	Ermittlungsvorschrift		
68	Fahrerassistenzsystem		
P	Bremsdruck (Radbremsen Zugfahrzeug)		
P-A	Anhängerbremsdruck		
vA1	Anhängerachs-Schlupfgrößenwert (Regelachse)		
vA2	Anhängerachs-Schlupfgrößenwert (Anhängerschaft)		

**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 102016012925 A1 [0004]

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Verzögerung eines Fahrzeugespanns (7) mit einem Zugfahrzeug (5) und mindestens einem Anhängfahrzeug (6) mit Antiblockiersystem (36), wobei eine Zugfahrzeugbremsanlage (3) einen Bremsdruck (P) an den pneumatisch betätigbaren Radbremsen (13) des Zugfahrzeugs (5) unter Berücksichtigung einer angeforderten Wunschverzögerung (z-Soll) einstellt und einen Anhängerbremsdruck (P-A) für die Anhängerbremsanlage (4) wenigstens eines Anhängfahrzeuges (6) bereitstellt, wobei eine elektronische Bremssteuereinheit (30) der Zugfahrzeugbremsanlage (3)

- einen aktuellen Fahrzeugverzögerungs-Istwert (z-Ist) erfasst (42),
- den Fahrzeugverzögerungs-Istwert (z-Ist) laufend mit wenigstens einer Maximalverzögerung (z-Max) vergleicht, welche unter Berücksichtigung einer Kennung für die Maximalverzögerung (z-Max) in Abhängigkeit einer aktuell angeforderten Wunschverzögerung (z-Soll) einem Kennfeldspeicher (37) entnommen wird und in Abhängigkeit des Vergleichs (43) den Bremsdruck (P) an den Radbremsen (13) des Zugfahrzeugs (5) und den Anhängerbremsdruck (P-A) bestimmt, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Zugfahrzeug (5) mindestens einen elektrischen Antrieb (44) aufweist, welcher unter Berücksichtigung des Vergleichs (43) des Fahrzeugverzögerungs-Istwerts (z-Ist) mit der Maximalverzögerung (z-Max) in einen Rekuperationsbetrieb (55) geschaltet wird und von der Zugfahrzeugbremsanlage (3) als Nutzbremse zur Verzögerung des Fahrzeugespanns (7) eingesetzt und derart abgestimmt mit den pneumatisch betätigbaren Radbremsen (13) des Zugfahrzeugs (5) und/oder des Anhängfahrzeuges (6) betätigt wird, dass ein Betriebspunkt (A, B, C, D, E, F, G, H) entsprechend der Wunschverzögerung (z-Soll) und dem Fahrzeugverzögerungs-Istwert (z-Ist) mit einer maximalen Kennung (z-kmax) für die Maximalverzögerung und einer minimalen Kennung (z-kmin) für die Maximalverzögerung verglichen (43) wird, welche zwischen sich ein Rekuperationsband (65) vorrangigen Rekuperationsbetriebs (55) einschließen, wobei innerhalb des Rekuperationsbands (65) die angeforderte Wunschverzögerung (z-Soll) vorrangig mittels Rekuperationsbetriebs (55) des elektrischen Antriebs bewirkt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Radbremsen (13) des Anhängfahrzeuges (6) von der Bremssteuereinheit (30) der Zugfahrzeugbremsanlage (3) betätigt werden durch Ansteuerung eines Anhänger-Drucksteuerventils (38), welches das Anhänger-Kontrollventil (24) ansteuert.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wunschverzögerung (z-Soll) in Abhängigkeit der vom Fahrer vorgegebenen Fahrerwunschinformation (53) ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wunschverzögerung (z-Soll) in Abhängigkeit einer externen Bremsanforderung (66) bestimmt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wunschverzögerung (z-Soll) bei Vorliegen sowohl einer vom Fahrer vorgegebenen Fahrerwunschinformation (53) als auch einer externen Bremsanforderung (66) nach einer festgelegten Ermittlungsvorschrift (67) aus vorgegebener Fahrerwunschinformation (53) und externer Bremsanforderung (66) bestimmt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rekuperationsband (65) in einem unteren Wunschbremsbereich (FB2) mit geringeren Wunschverzögerungen (z-soll) als einer bestimmten Wunschverzögerung breiter vorgegeben ist als im oberen Wunschbremsbereich (FB3) bis zur maximalen Wunschverzögerung.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der untere Wunschbremsbereich (FB2) bis zu einem Anteil von 20-30% der maximalen Wunschverzögerung reicht.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Verzögerung des Fahrzeugespanns (7) über pneumatisch betätigbare Radbremsen (13) des Zugfahrzeugs (5) und/oder der Radbremsen (13) des Anhängfahrzeuges (6) die jeweilige Bremslektronik (31) einer Anhängerbremsanlage (4)

- Messsignale (35) von Drehzahlsensoren (34) der Räder (10) des Anhängfahrzeuges (6) erfasst und in Abhängigkeit der Messsignale (35) den Bremsdruck (P-A) an den Radbremsen (13) des Anhängfahrzeuges (6) durch Ansteuerung von Drucksteuerventilen (27) einstellt,

- anhand der Messsignale (35) von Drehzahlsensoren (34) der Räder (10) des Anhängfahrzeuges (6) für jede Anhängerachse (11, 12) einen den Schlupf repräsentierenden dynamischen Anhängerachs-Schlupfgrößenwert (vA1, vA2) bestimmt und

- Anhängerachs-Schlupfgrößenwerte (vA1, vA2) aller Anhängerachsen (11, 12) miteinander vergleicht (49) und abhängig von dem Vergleich (49) und auf einen vorgegebenen Differenzschlupfwert einstellt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bremssteuereinheit (30) der Zugfahrzeugbremsanlage (3) über eine Kommu-

nikationsverbindung (48) mit der jeweiligen Brems-elektronik (31) einer Anhängfahrzeugbremsanlage (4) kommuniziert und in Abhängigkeit des Ver-gleichs (43) des Fahrzeugverzögerungs-Istwert (z-Ist) mit der Maximalverzögerung (z-Max) der Brems-elektronik (31) ein Informationssignal (45) mitteilt, wobei in einem Unterbremsmodus (1), in welchem der Fahrzeugverzögerungs-Istwert (z-Ist) die mini-male Kennung (z-kmin) für die Maximalverzögerung nicht erreicht, die Bremssteuereinheit (30) der Zug-fahrzeugbremsanlage (3) von der Bremselektronik (31) der Anhängerbremsanlage (4) über die Kom-munikationsverbindung (48) die Mitteilung von Anhänger-Schlupfgrößenwerten (vAfz) anfordert (57), den mitgeteilten Anhänger-Schlupfgrößenwert (vAfz) des Anhängfahrzeugs (6) mit mindestens einem Zugfahrzeug-Schlupfgrößenwert (vZ1, vZ2, vZfz) des Zugfahrzeugs (5) vergleicht (50) und bei einem Anhänger-Schlupfgrößenwert (vAfz) des Anhängfahrzeugs (6), welcher einen geringeren Schlupfgrößenwert indiziert als der Zugfahrzeug-Schlupfgrößenwert (vZfz) des Zugfahrzeugs (5), den Anhänger-Schlupfgrößenwert (vA1, vA2, vAfz) durch Erhöhung des bereitgestellten Anhänger-bremsdrucks (P-A) für die Anhängerbremsanlage (4) dem Zugfahrzeug-Schlupfgrößenwert (vZ1, vZ2, vZfz) nachführt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Verzögerung des Fahrzeuggespanns (7) innerhalb des Rekuperationsbands (65) Einlassven-tile (32) der den Radbremsen (13) zugeordneten Drucksteuerventile (27) der Anhängerbremsanlage (4) geschlossen werden.

11. Fahrzeuggespann (7) mit einem Zugfahr-zeug (5) und mindestens einem Anhängfahrzeug (6) mit Antiblockiersystem (36), wobei eine Zugfahr-zeugbremsanlage (3) einen Bremsdruck (P) an den pneumatisch betätigbaren Radbremsen (13) des Zugfahrzeugs (5) unter Berücksichtigung einer angeforderten Wunschverzögerung (z-Soll) einstellt und/oder einen Anhängerbremsdruck (P-A) für die Anhängerbremsanlage (4) wenigstens eines Anhän-gefahrzeugs (6) bereitstellt gekennzeichnet und/o-der geeignet zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

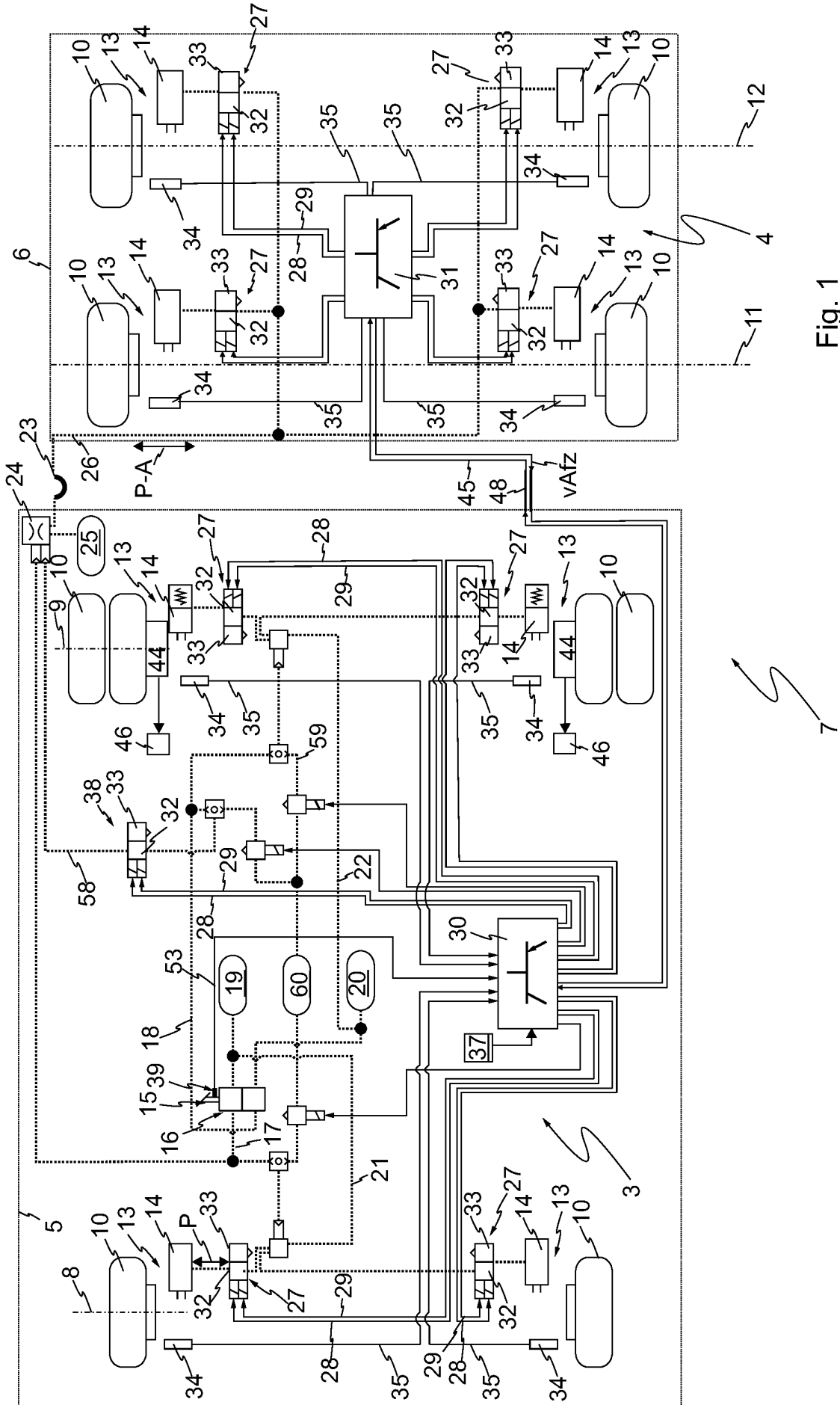


Fig. 1

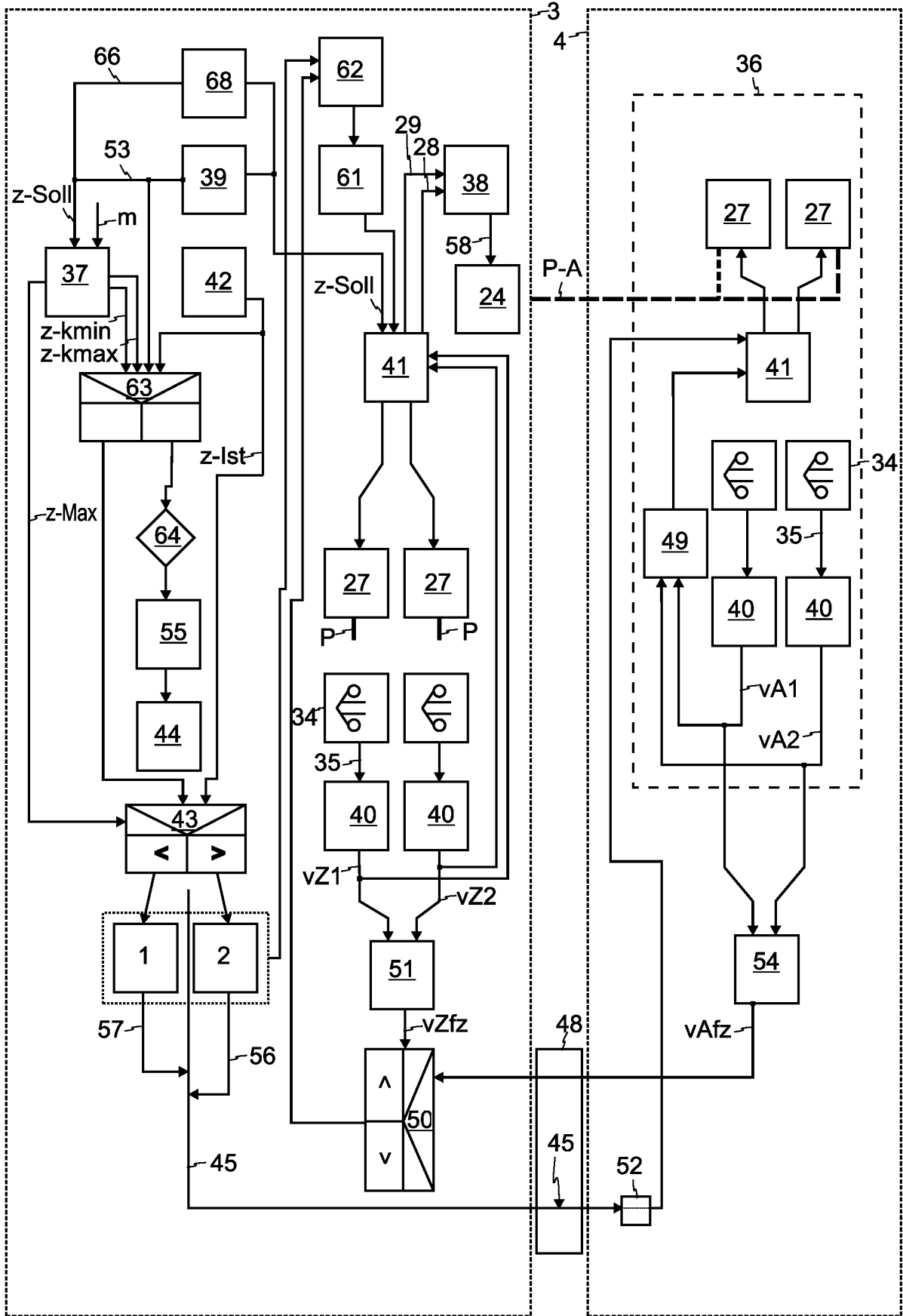


Fig. 2

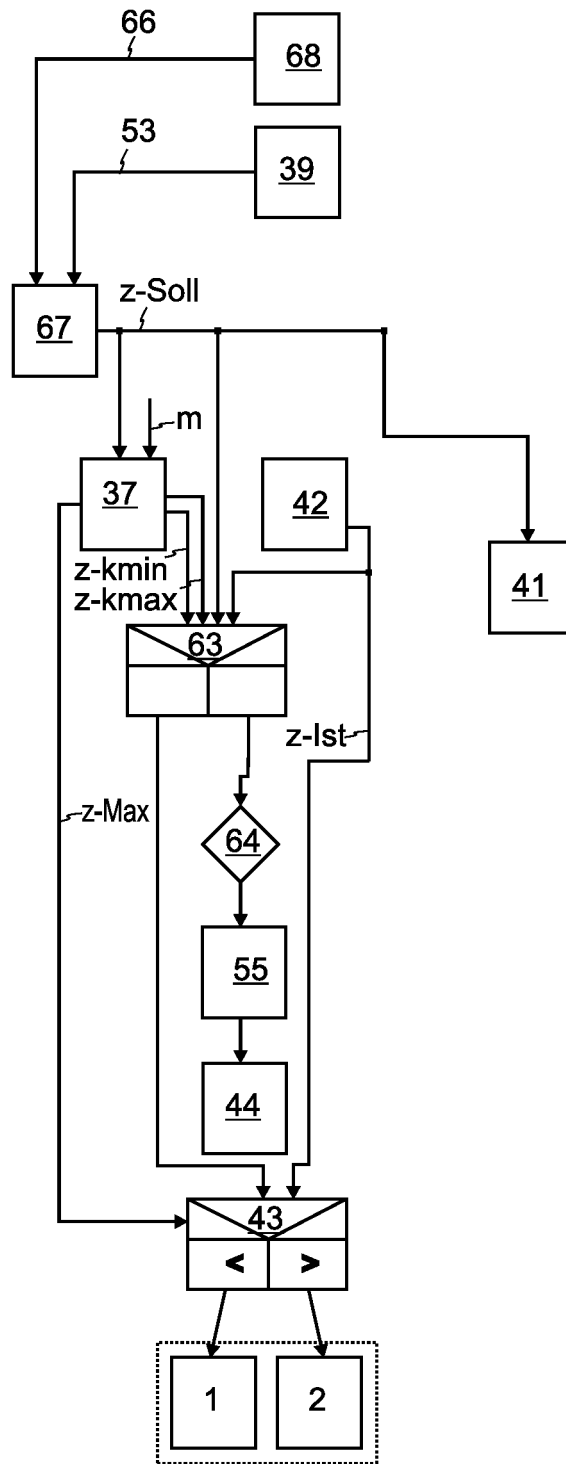


Fig. 3

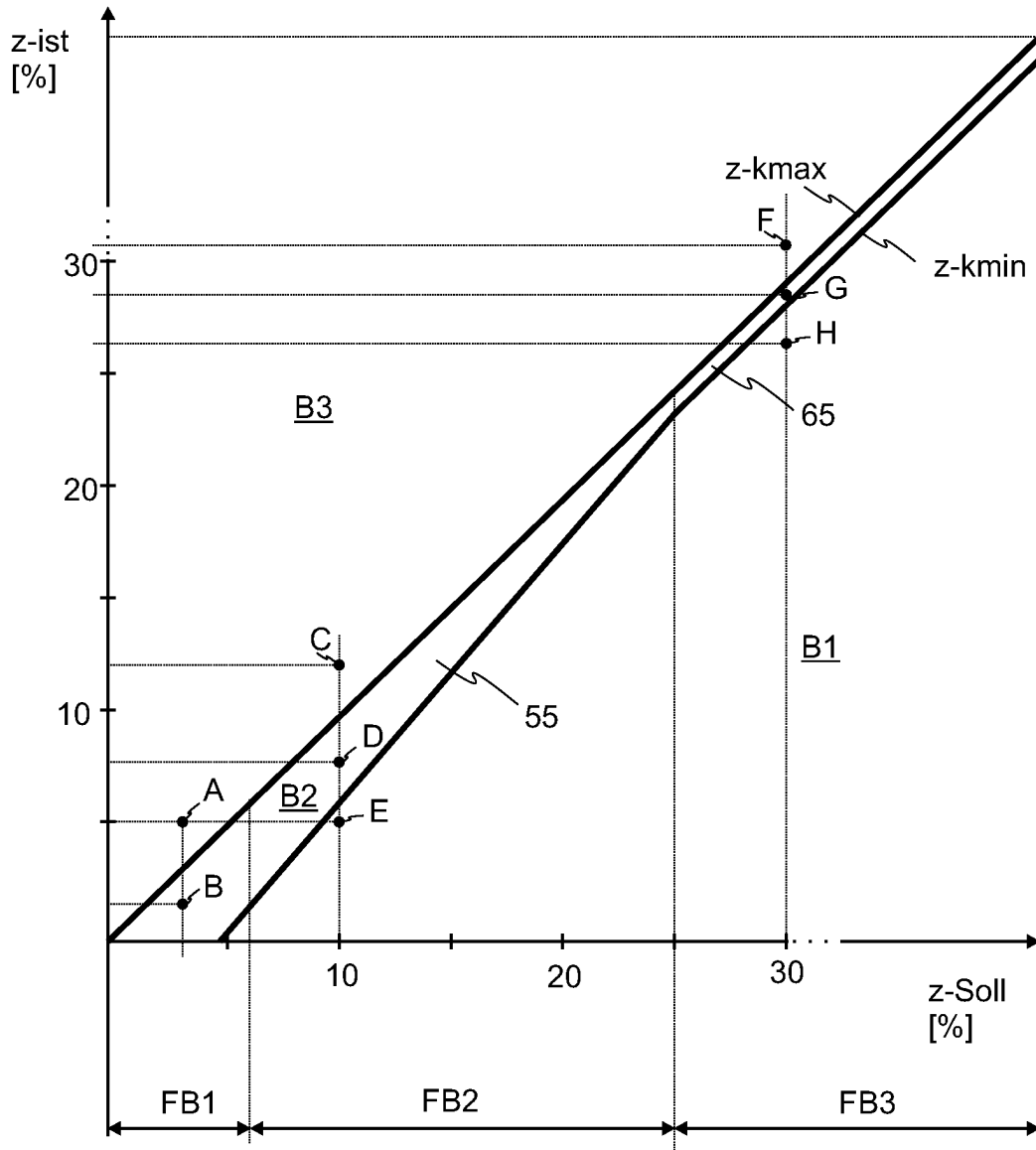


Fig. 4