



Republik
Österreich
Patentamt

(11) Nummer: **390 927 B**

(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1394/80

(51) Int.Cl.⁵ : **B61K 7/12**

(22) Anmeldetag: 13. 3.1980

(42) Beginn der Patentedauer: 15. 1.1990

(45) Ausgabetag: 25. 7.1990

(30) Priorität:

16. 3.1979 DE 2910511 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:

DE-OS1680385 DE-OS2246306

(73) Patentinhaber:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
BERLIN (WEST) + MÜNCHEN (DE).

(54) VERFAHREN ZUM STEuern VON GLEISBREMSEN IN EISENBAHNRANGIERANLAGEN

AT 390 927 B

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Steuern von Gleisbremsen in Eisenbahnrangieranlagen für das Abbremsen frei laufender Abteilungen aus individuellen, mittels kontinuierlicher Geschwindigkeitsüberwachung erfaßbarer Einlaufgeschwindigkeiten in die Bremsen auf frei wählbare, ebenfalls mittels kontinuierlicher Geschwindigkeitsüberwachung erfaßbarer Auslaufgeschwindigkeiten aus den Bremsen durch Vorgabe von Bremskräften zur gesteuerten Reduzierung der Vorrückgeschwindigkeit der Abteilungen in den Bremsen nach einem Soll-Geschwindigkeitsverlauf zwischen Ein- und Auslaufgeschwindigkeit, der sich aus einer aus der in einer Bremse jeweils umzusetzenden kinetischen Energie abgeleiteten konstanten Soll-Bremsverzögerung ergibt, mit Mitteln zum Abschalten der Bremskraft beim Erreichen einer um einen Lösevorhalt oberhalb der vorgegebenen Auslaufgeschwindigkeit liegenden Vorrückgeschwindigkeit der Abteilung in der Bremse.

In modernen Rangierbahnhöfen werden die zulaufenden Güterzüge abhängig von den Bestimmungsbahnhöfen der einzelnen Güterwagen wagen- oder wagengruppenweise entkuppelt und unter Zuhilfenahme einer Rangierlok über einen sogenannten Ablaufberg abgedrückt. Die Wagen oder Wagengruppen - im folgenden als Abteilungen bezeichnet - laufen über eine Steilrampe und verschiedene Trennweichenstaffeln in den jeweiligen Abgangsrichtungen zugeordnete Richtungsgleise, um dort zu neuen Zügen zusammengestellt zu werden.

Die Leistungsfähigkeit einer Rangieranlage hängt wesentlich von der die Ablaufgedichte bestimmenden Abdrückgeschwindigkeit der Abteilungen am Ablaufberg ab. Um auch bei hohen Abdrückgeschwindigkeiten den für eine einwandfreie Laufwegtrennung erforderlichen Abstand der nacheinander ablaufenden Abteilungen an den einzelnen Gleisweichen noch zu gewährleisten, sind zwischen dem Ablaufberg und dem Anfang der Richtungsgleise eine oder mehrere Gleisbremsenstaffeln, die sogenannten Talbremsen, angeordnet, in denen laufwiderstandsbedingte Geschwindigkeitsunterschiede der Abteilungen durch unterschiedliches Bremsen der Abteilungen ausgeglichen werden.

Am Anfang der Richtungsgleise sind meist weitere Bremsen, die sogenannten Richtungsgleisbremsen, angeordnet, in denen die Abteilungen auf eine für den Aufprall auf im betreffenden Gleis bereits stehende Abteilungen zulässige Geschwindigkeiten nachgebremst werden.

Bei einer bekannten Gleisbremsensteuerung (Signal und Draht, 1963/12 und 1964/1 + 2, insbesondere Bild 9 und zugehörige Beschreibung) wird die Bremskraft der Talbremsen automatisch nach dem Achsgewicht der ablaufenden Abteilungen geregelt. Die notwendigen Daten für die Bremskraftregelung liefern Gewichtsgeber am Gleis für die Vorgabe der jeweils einzustellenden Bremsstufe und ein Istwertgeber an der Bremse, der die jeweilige Bremsstellung meldet. Vor dem Einlaufen einer Abteilung in eine Gleisbremse wird auch festgestellt, ob die aufeinanderfolgenden Achsen zu einem Drehgestell gehören oder Einzelachsen darstellen; durchlaufen nämlich Drehgestelle die Bremse, so ist die dabei auf die Abteilung ausgeübte Bremswirkung erfahrungsgemäß niedriger als bei jeweils zwei Einzelachsen. Dieser Verminderung der Bremswirkung wird durch eine erhöhte Bremsstufenvorgabe für Drehgestelle entgegengewirkt.

Aus der DE-OS 2 246 306, die ein Verfahren und eine Einrichtung zur Steuerung der Geschwindigkeit eines Eisenbahnwagens in einem Gefälle-Rangierbahnhof betrifft, ist es bekannt, die Geschwindigkeit eines Eisenbahnwagens vor dem Einlaufen in eine Gleisbremse und während des Passierens der Bremse laufend mittels kontinuierlicher Geschwindigkeitsüberwachung zu erfassen. Aus der gemessenen Einlaufgeschwindigkeit des Eisenbahnwagens in die Bremse, seinem vor dem Befahren der Bremse gemessenen Gewicht und einer vorgegebenen Soll-Auslaufgeschwindigkeit aus der Bremse ermittelt ein Rechner einen Soll-Geschwindigkeitsverlauf für den in der Bremse vorrückenden Eisenbahnwagen, der ein kontinuierliches Abbremsen des Wagens über die gesamte Bremsenlänge möglich machen soll; unterschreitet die Vorrückgeschwindigkeit des Eisenbahnwagens in der Bremse die an den einzelnen Fahrorten jeweils zulässige Soll-Geschwindigkeit um einen bestimmten Betrag, so wird die Bremse geöffnet, andernfalls bleibt sie geschlossen. Irgendwelche Bremsenreaktionszeiten werden nicht berücksichtigt.

Die Gleisbremsen erfüllen ihre Aufgabe umso besser je genauer der für jede Abteilung vorherberechnete Sollwert der Auslaufgeschwindigkeit eingehalten werden kann. Zu diesem Zweck wird die Ist-Geschwindigkeit jeder Abteilung während des Bremsvorganges stetig mit Radar gemessen und der Lösezeitpunkt der Bremse durch Vergleich mit einem vorausberechneten Sollwert ermittelt. Jede Bremse benötigt von der Ausgabe des Lösebefehles bis zur vollständigen Freigabe der abgebremsten Abteilung eine bestimmte Zeitspanne, die abhängig vom jeweiligen Bremsentyp elektrisch und/oder mechanisch bedingt ist. Während dieser Reaktionszeit wird die Geschwindigkeit der in der Bremse befindlichen Abteilung proportional zur gleichzeitig wirksamen, während der Bremsenfreigabe abnehmenden Bremsverzögerung weiter vermindert. Der durch die jeweils vorgegebene Bremsstufe und den jeweiligen Bremsentyp bedingte Geschwindigkeitsunterschied zwischen Löse- und Auslaufgeschwindigkeit wird beim Bestimmen des Lösezeitpunkts der Soll-Auslaufgeschwindigkeit in Form eines sogenannten Vorhaltwertes zugeschlagen. Die Wahl des richtigen Vorhaltwertes ist nur näherungsweise möglich, weil die beim Lösen der Bremse tatsächlich wirksame Bremsverzögerung nicht genau bekannt ist.

Verschiedene Bremssteuerverfahren gehen beim Bestimmen des Vorhaltes von einer minimalen Bremsverzögerung aus und erhalten damit zu geringe Vorhaltwerte. Als Folge hiervon werden die Abteilungen bis zum vollständigen Lösen der Bremse auf zu niedrige Geschwindigkeiten abgebremst. Da sich die Bremse meist in einem Gleisgefälle befindet, werden zwar viele Abteilungen anschließend wieder so weit beschleunigt, daß sie schließlich doch die vorbestimmte Auslaufgeschwindigkeit erreichen; der Nachteil dieses Verfahrens ist aber, daß

schlechtlaufende Abteilungen nach dem Lösen der Bremse nicht ausreichend beschleunigt werden und damit die Bremse mit zu geringer Geschwindigkeit verlassen; dies wiederum führt zwangsweise zur Verminderung der Abdruckgeschwindigkeit der Abteilungen am Ablaufberg, wenn man nicht eine hohe Rate an Falschläufem zulassen will, was wiederum zu erheblichen Nachbehandlungskosten führen würde.

Ein anderes Verfahren (DE-PS 2 048 335) sieht nach dem Einlauf einer Abteilung in eine Bremse eine kurze Probekbremsung vor, um aus der Geschwindigkeitsabnahme während des folgenden LöSENS der Bremse unter Berücksichtigung der jeweils in der Bremse befindlichen Achsen auf den erforderlichen Vorhaltwert schließen zu können. Bei diesem Verfahren wird vorausgesetzt, daß die an den Radsätzen wirksamen Bremskräfte für alle Achsen der Abteilung gleich groß sind. Da diese Annahme wegen eventueller unterschiedlichen Radbandagenbreiten und gemischter Bestückung der Abteilungen mit Einzelachsen und Drehgestellen jedoch nicht zutrifft, lassen sich Bremsfehler auch mit dieser Methode nicht vermeiden.

Ein weiteres Verfahren (DE-OS 1 804 742) versucht, die Bremsgenauigkeit durch eine während der Bremsdauer stetig abnehmende Bremskraft zu verbessern. Die Bremskraft wird hierbei proportional zur Differenz zwischen der jeweiligen Ist-Geschwindigkeit der Abteilung und der Soll-Auslaufgeschwindigkeit eingestellt. Im Idealfall ist beim Erreichen der Soll-Auslaufgeschwindigkeit der Wert der Bremskraft so niedrig, daß infolge der vernachlässigbaren Bremsverzögerung ein Vorhalt nicht erforderlich ist. Auch dieses Verfahren setzt voraus, daß die tatsächliche Verzögerung einer Abteilung in der Bremse hinreichend genau bestimmt werden kann. Dies ist in der Praxis jedoch nicht möglich, weil für die laufende Verfolgung einer Abteilung in der Bremse nur eine Radaranlage in Betracht kommt; die von dieser Anlage gelieferten Signale sind aber so unstetig, daß sie zur zweiten Abteilung über die Zeit nicht verwendbar sind.

Ein anderes Verfahren der Bremssteuerung (DE-OS 2 246 306) orientiert den Bremsvorgang an einer Soll-Geschwindigkeitskurve. Die gemessene Einlaufgeschwindigkeit einer Abteilung in eine Bremse und ein aus Wagen- und Laufwegdaten berechneter Sollwert der Auslauf- bzw. Bremsenlösegeschwindigkeit sind Anfangs- und Endpunkt des Verlaufes einer linearen Funktionskurve des Quadrats der Geschwindigkeit über dem Bremsweg. Nach dem Einlaufen der Abteilung in die Bremse wird die wirksame Bremsverzögerung festgestellt und der Lösevorhalt als Produkt aus diesem Wert und der Lösezeit der Bremse berechnet. Während des Bremsvorganges werden die Geschwindigkeit der Abteilung und ihr jeweiliger Standort in der Bremse durch eine Meßeinrichtung, z. B. Radar, verfolgt. Aus dem Vergleich mit den betreffenden Werten der Soll-Geschwindigkeitskurve werden, soweit erforderlich, nach dem Prinzip der Zweipunktregelung Steuerbefehle zum Schließen und Lösen der Bremse abgeleitet. Bei Annäherung an den Lösezeitpunkt wird die Bremsverzögerung erneut ermittelt und aus diesem Wert der gültige Lösevorhalt berechnet.

Der Geschwindigkeitsverlauf der abgebremsten Abteilungen neigt bei diesem Verfahren zum Schwingen um die Sollwertkurve. Diese Regelunruhe wird durch die Art der Steuerung mit nur zwei Betriebszuständen der Bremse noch verstärkt. Als Folge können die tatsächliche Geschwindigkeit der Abteilungen zum Meßzeitpunkt und die wirksame Bremsverzögerung nur ungenau bestimmt werden. Die Bestimmung der jeweils wirksamen Bremsverzögerung durch eine Radarmeßeinrichtung ist - wie bereits erwähnt - sehr ungenau. Versuche, einen aus Radarmeßwerten abgeleiteten geglätteten Geschwindigkeitsverlauf durch Bilden von Differenzenquotienten nach der Zeit zum Bestimmen der Wagenverzögerung zu verwenden, scheiterten und scheitern an der Unstetigkeit der Radarmeßwerte, die keinen für diesen Zweck ausreichend geglätteten Geschwindigkeitsverlauf zulassen.

Bei extremer Glättung der von der Radarmeßeinrichtung gelieferten Geschwindigkeitswerte ließe sich zwar eine dem Verlauf der Ist-Geschwindigkeit nahe kommende Bremsverzögerung bestimmen. Der Wert für diese Bremsverzögerung würde aber jeweils erst nach mehreren Meßvorgängen vorliegen und damit für die Bremssteuerung nicht mehr aktuell sein. Eine hinreichend genaue Bestimmung des Lösevorhaltes ist damit nach dem Stand der Technik nicht möglich, weil die zum Lösezeitpunkt tatsächlich wirksame Bremsverzögerung nicht bekannt ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Steuern von Gleisbremsen in Eisenbahnrangieranlagen anzugeben, das bei Verwendung einer Radaranlage zur Bestimmung der jeweiligen Ist-Geschwindigkeit einer in der Bremse befindlichen Abteilung mindestens dann, wenn sich die Ist-Geschwindigkeit der Abteilung einer vorgegebenen Auslaufgeschwindigkeit nähert, eine hinreichend genaue Bestimmung der tatsächlichen Bremsverzögerung der Abteilung in der Bremse zuläßt und so eine exakte Bestimmung des Lösezeitpunktes der Bremse ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die vor jedem Bremsvorgang zum Abbremsen der ersten Achse einer auf die Bremse zulaufenden Abteilung ermittelte Bremskraft für die gesamte Verweildauer der Abteilung in der Bremse Gültigkeit hat, daß diese Bremskraft beim Vorrücken der Abteilung in der Bremse zeit- und/oder wegababhängig durch Bremskraftkorrekturwerte modifizierbar ist, die beim laufenden Vergleich von Soll- und Ist-Geschwindigkeit aus der jeweiligen Abweichung dieser Geschwindigkeitswerte ableitbar sind, daß die Größe der Bremskraftkorrekturwerte der aktuellen Abweichung von Soll- und Ist-Geschwindigkeit proportional ist, wobei eine gegenüber der der Soll-Geschwindigkeit zu hohe Ist-Geschwindigkeit einen die Bremskraft erhöhenden und eine zu niedrige Ist-Geschwindigkeit einen die Bremskraft vermindernenden Bremskraftkorrekturwert ergibt und daß der Lösevorhalt für die Vorgabe der jeweils aktuellen Lösegeschwindigkeit der Bremse aus der zum angenommenen Lösezeitpunkt jeweils geltenden Soll-Bremsverzögerung ableitbar ist, die sich aus der Summe von voreingestellter Bremskraft und aktuellem Bremskraftkorrekturwert ergibt.

Dadurch, daß für die Bestimmung des Löseverhaltens auf die vor jedem Bremsbeginn vorausberechnende Soll-Bremsverzögerung zurückgegriffen wird und daß durch die besondere Bremsensteuerung die tatsächliche Bremsverzögerung einer Abteilung während des Bremsvorganges an die Soll-Bremsverzögerung angepaßt wird, wird erreicht, daß jede Abteilung die Bremse mit der für sie jeweils vorgegebenen Auslaufgeschwindigkeit verläßt.

5 Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Nach einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird das Vorhandensein der die Korrekturwerte vorgebenden Geschwindigkeitsabweichungen über eine vorgegebene Zeitspanne überwacht und die Korrekturwerte werden nur dann zur Veränderung der bislang geltenden Bremskraft herangezogen, wenn die Geschwindigkeitsabweichung bzw. ihre Änderungstendenz über diese Zeitspanne beibehalten wird. Durch diese
10 Maßnahme wird eine nicht erwünschte Regelunruhe der Bremsensteuerung vermieden.

Die Soll-Bremskraft für die Vorgabe bestimmter Bremsstufen der Bremse berechnet sich aus der Soll-Bremsverzögerung einer Abteilung unter Berücksichtigung der Masse der jeweils abzubremsenden Abteilung, wobei diese ggfs. mit einem Wert zu wichten ist, der die gegenüber Einzelachspaares verminderte Bremswirkung der Bremse auf Drehgestelle berücksichtigt. Diese Soll-Bremskraft wird in ihrem Wert nach oben hin beim Zulauf
15 längerer Abteilungen gewichtsabhängig begrenzt. Diese Maßnahme berücksichtigt in vorteilhafter Weise den Fall, daß sich in einer Abteilung ein oder mehrere sehr leichte Fahrzeuge befinden könnten, die bei der vorausberechneten Bremskraft, welche von einem mittleren Achsgewicht aller Fahrzeuge der Abteilung ausgeht, ggfs. sonst aus der Bremse springen könnten.

Für die Berechnung der Soll-Bremsverzögerung einer Abteilung in einer Bremse wird eine wirksame
20 Bremsenlänge berücksichtigt, die um einen Sicherheitsabschlag unterhalb der tatsächlichen Bremsenlänge liegt. Die dadurch vorhandene verfahrensmäßig nicht genutzte "Bremsreserve" stellt sicher, daß auch dann, wenn die Ist-Geschwindigkeit einer Abteilung kurz vor dem Auslaufen der Abteilung aus der Bremse noch oberhalb der vorgegebenen Soll-Geschwindigkeit liegt, ein Abbremsen der Abteilung bis auf die Lösegeschwindigkeit möglich ist.

Die Erfindung ist nachstehend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher
25 erläutert. Die durch die Erfindung erzielbaren Vorteile gegenüber den bekannten Bremsensterverfahren sind am Ende der Beschreibung aufsummiert worden. Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild für die Steuerung einer Gleisbremse und Fig. 2 Geschwindigkeits-Zeitwegdiagramme für die Soll- und die Ist-Geschwindigkeit einer Abteilung in einer Bremse.

Figur 1 zeigt schematisch eine Gleisbremse (1) und die zur Steuerung dieser Gleisbremse erforderlichen
30 Schaltmittel. Die Gleisbremse soll beispielsweise als Talbremse ausgeführt sein, die ein Abbremsen zulaufender Abteilungen beispielsweise auf mechanischem oder elektromechanischem Wege möglich macht. Gesteuert wird die Bremse (1) in bekannter Weise durch einen Bremskraftregler (2), der über eine Leistungsstufe (3) auf den Antrieb (4) der Bremse einwirkt. Der Bremskraftregler (2) sorgt dafür, daß die Bremsbalken der Bremse (1) zur
35 Vorgabe bestimmter Bremskräfte auch tatsächlich in die durch eine Steuervorrichtung vorgegebene Soll-Stellung gelangen. Hierzu vergleicht er ständig die vorgegebene Soll- mit der tatsächlichen Ist-Stellung der Bremsbalken, von denen ihm die eine, nämlich die Soll-Stellung, von einem Steller (5) angeboten wird, während ihm die jeweilige Ist-Stellung der Bremsbalken über einen Ist-Wertgeber (6) an der Bremse zugeführt wird. Zum Lösen der Bremse erhält der Bremskraftregler (2) einen entsprechenden Lösebefehl von einer ODER-Schaltung (7).

Der Bremse sind in bekannter Weise zwei Achszählkreise zugeordnet, von denen der eine den Bremsabschnitt
40 und der andere einen Vorabschnitt erfaßt. Für die Überwachung des Bremsabschnittes dienen vor und hinter der Bremse angeordnete Achszählimpulsgeber (8) und (9), die auf einen gemeinsamen Zähler (10) wirken. Zum Überwachen des Vorabschnittes dienen der Achszählimpulsgeber (8) und ein weiterer Achszählimpulsgeber (11), die ausgangsseitig auf einen Zähler (12) wirken. Sind beide Abschnitte gleichzeitig besetzt, so steuern die Zähler (10) und (12) ein UND-Glied (13) in die Wirkstellung, das dann über die ODER-Schaltung (7) den Lösebefehl an den Bremskraftregler gibt. Durch dieses Zusammenwirken der beiden Achszählkreise wird erreicht, daß dann
45 wenn eine nachlaufende Abteilung einer noch gebremsten Abteilung gefährlich nahekommt, die gebremste Abteilung unverzüglich freigegeben wird, damit der Bremsabschnitt geräumt werden kann, bevor die nachlaufende Abteilung diesen erreicht hat.

Die vor dem eigentlichen Verteilvorgang auf den Ablaufberg zulaufenden Abteilungen passieren auf ihrem
50 Weg dorthin einen nicht dargestellten Gewichtsgeber, der ein der jeweiligen Achslast der über ihn hinweglaufenden Wagenachsen entsprechendes Ausgangssignal auf einen Gewichtsmesser (15) schaltet. Die gemessenen Achsgewichte werden in einem Umformer (16) aufsummiert.

Dieser Umformer ist so aufgebaut, daß er mindestens so viele Meßwerte verarbeiten kann wie maximal
55 Achsen in einer geschlossenen Abteilung vorhanden sein können. Unter Verwendung der ihm von einer Steuerstelle mitgeteilten Anzahl (Y) der zu einem Ablauf gehörenden Wagenachsen stellt der Umformer (16) an seinem Ausgang einen dem mittleren Achsgewicht der jeweils auf die Bremse zulaufenden bzw. in ihr behandelten Abteilung entsprechenden Wert zur Verfügung. Es ist aber auch möglich, dem Umformer von der Steuerstelle her nicht nur die Gesamtachsanzahl, sondern auch das Gewicht der Abteilung bzw. das mittlere Achsgewicht der
60 Abteilung mitzuteilen; diese Angaben könnten z. B. einer Zugzerlegeliste entnommen werden. Ausgangsseitig wirksam geschaltet wird der Umformer durch das Ausgangssignal einer ODER-Schaltung (17), die ihrerseits durch den Achszählimpulsgeber (8) bzw. einen weiteren Achszählimpulsgeber (18) zu beaufschlagen ist. Die

erste Achse einer auf die Bremse zulaufenden Abteilung ruft das für die Abteilung gespeicherte mittlere Achsgewicht durch Betätigen des Achszählimpulsgebers (18) ab. Das Ausgangssignal dieses Impulsgebers gelangt auf den einen Eingang eines nachgeschalteten Sperrgliedes (19), dessen Sperreingang so lange potentialfrei ist, als der Zähler (10) den Bremsabschnitt der Bremse freimeldet. Alle weiteren Achsen der auf die Bremse zulaufenden Abteilung rufen das zugeordnete Achsgewicht beim Passieren des Schienenkontaktes (8) ab. Zu diesem Zweck wirkt das Ausgangssignal des Schienenkontaktes (8) nicht nur auf den Auszählengang des Zählers (12), sondern auch auf den einen Eingang eines nachgeschalteten UND-Gliedes (20); dieses UND-Glied wird durch die Signale des Achszählimpulsgebers (8) durchlässig geschaltet, wenn der Bremsabschnitt der Bremse besetzt gemeldet ist. Dies ist der Fall, wenn die erste Achse der Abteilung den Bremsabschnitt besetzt und die zweite, dritte, vierte usw. Achse einer Abteilung auf die Bremse zuläuft.

Das mittlere Achsgewicht für eine auf die Bremse zulaufende Abteilung wird über den Achszählimpulsgeber (18) möglichst frühzeitig aus dem Umformer (16) abgerufen, damit die Bremse (1) vor dem Einlaufen der ersten Achse dieser Abteilung aus ihrer Grundstellung in eine vorgegebene Bremsposition gesteuert werden kann. Hierzu ist der Ausgang des Umformers (16) auf den einen Eingang eines Bremsstufengebers (21) geführt. In diesem Bremsstufengeber wird die jeweils vorzugebende Soll-Bremskraft der Bremse ermittelt und unter Maßgabe bremsenspezifischer Daten in eine Soll-Bremsstufe umgesetzt.

Der Bremsstufengeber (21) benötigt hierzu u. a. Angaben über die Soll-Bremsverzögerung der in der Bremse abzubremsenden Abteilung. Diese Soll-Bremsverzögerung berechnet sich nach der Formel

$$b_s = \frac{V_{\text{ein}}^2 - V_{\text{aus}}^2}{2 L_{\text{Br}} \cdot w}$$

Hierin ist (b_s) die Soll-Bremsverzögerung der Abteilung, (V_{ein}) die Einlaufgeschwindigkeit der Abteilung in die Bremse, (V_{aus}) die Soll-Auslaufgeschwindigkeit der Abteilung aus der Bremse, (L_{Br}) die Länge der Bremse und (w) ein Sicherheitsabschlag auf die Bremsenlänge, auf den später noch näher eingegangen wird.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist angenommen worden, daß sich die zu steuernde Gleisbremse vor dem Einlaufen einer Abteilung in ihrer Grundstellung befindet, in der die Bremsbalken die Durchfahrinne der Bremse freigeben. Wegen der relativ langsamen Reaktion von Gleisbremsen auf Steuerbefehle ist es bei derartig gesteuerten Bremsen erforderlich, mindestens den Steuerbefehl für das Wirksamschalten der Bremsen frühzeitig, nämlich beim Befahren des Schienenkontaktes (18), auszugeben. Es ist klar, daß zu diesem Zeitpunkt die tatsächliche Einlaufgeschwindigkeit einer sich der Bremse nähernden Abteilung in die Bremse noch nicht bekannt ist, sondern lediglich vorausbestimmt werden kann. Dies geschieht zweckmäßigerweise dadurch, daß die Laufgeschwindigkeit und das Laufvermögen einer sich der Bremse nähernden Abteilung frühzeitig gemessen werden und daß aus diesen Daten, der Vorrückgeschwindigkeit der Abteilung sowie den bekannten Laufwegwiderständen bis zur Gleisbremse die voraussichtliche Einlaufgeschwindigkeit der Abteilung in die Bremse errechnet wird. Dieser Wert kann bedarfsweise noch durch Korrekturgrößen modifiziert werden, deren Größe sich aus dem praktischen Betrieb der jeweiligen Rangieranlage ergeben.

Bei solchen Gleisbremsen, bei denen die Bremsbalken vor jedem Bremsvorgang eine Mittelstellung einnehmen, aus der sie zum Bremsen mit definierter Bremskraft in die eine oder andere Richtung verstellt werden, sind die Reaktionszeiten der Bremse zum Erzielen der jeweiligen Bremswirkung sehr viel kürzer als beim angenommenen Ausführungsbeispiel. Bei derartigen Bremsen kann es genügen, die Bremskraftberechnung erst kurz vor Einlauf der Abteilung in die Bremse durchzuführen. Dies hat den Vorteil, daß anstelle einer vorausberechneten Einlaufgeschwindigkeit einer Abteilung in die Bremse für die Berechnung der Soll-Bremsverzögerung der Abteilung von der tatsächlichen Einlaufgeschwindigkeit der Abteilung in die Bremse ausgegangen werden kann. Das erfindungsgemäße Verfahren ist selbstverständlich auch auf derartige Gleisbremsen mit Erfolg anwendbar.

In Figur 1 ist vereinfachend angenommen, daß eine beliebige Recheneinrichtung (22) für jede sich der Bremse (1) nähernde Abteilung eine Einlaufgeschwindigkeit (V_{ein}) vorausbestimmt und hieraus unter Berücksichtigung von Fahrzeug- und Laufwegdaten eine zugeordnete Auslaufgeschwindigkeit (V_{aus}) errechnet. Diese Auslaufgeschwindigkeit, die von Abteilung zu Abteilung unterschiedlich sein kann, wird von der nicht näher erläuterten Recheneinrichtung (22) einem Geschwindigkeitsspeicher (23) angeboten und dort abgespeichert, bis die Recheneinrichtung die Auslaufgeschwindigkeit für die nächste über die Bremse laufende Abteilung bestimmt hat; die vorausbestimmte bzw. gemessene Einlaufgeschwindigkeit der betreffenden Abteilung in die Bremse wird ebenfalls in einem Geschwindigkeitsspeicher (24) gespeichert. Die Ausgänge der Geschwindigkeitsspeicher (23) und (24) für die Einlaufgeschwindigkeit und die Soll-Auslaufgeschwindigkeit einer sich der Bremse nähernden Abteilung gelangen auf einen Funktionsgeber (25), dem als dritte Eingangsgröße das Ausgangssignal eines Bremslängengebers (26) zugeführt wird. Dieser Bremslängengeber

(26) berücksichtigt bei der Vorgabe der zu berücksichtigenden Bremsenlänge den bereits angeführten Sicherheitsabschlag auf die Bremsenlänge.

Aus den drei ihm zugeführten Größen bestimmt der Funktionsgeber (25) nach der angegebenen Formel die in der Bremse auf die Abteilung wirkende Soll-Bremsverzögerung (b_s). Diese Soll-Bremsverzögerung wird als eine der Bestimmungsgrößen dem Bremsstufengeber (21) zugeführt, der aus ihr und aus weiteren Größen eine Soll-Bremskraft ableitet und diese in eine Soll-Bremsstufe umsetzt. Dabei berechnet sich die Soll-Bremskraft nach der Formel:

$$BK = \frac{Y}{W_{AX}} \cdot \frac{MAGA}{g'} \cdot b_s$$

Hierin stellt (BK) die Soll-Bremskraft dar; (b_s) ist die zuvor bestimmte Soll-Bremsverzögerung der Abteilung in der Bremse; der übrige Ausdruck kennzeichnet die Masse der abzubremsenden Abteilung. Diese Masse wird bestimmt durch die Gesamtachsanzahl (Y) der Abteilung, multipliziert mit dem mittleren Achsgewicht (MAGA), dividiert durch eine reduzierte Erdbeschleunigung (g'). Diese Reduktion der Erdbeschleunigung berücksichtigt den Anteil der rotierenden Massen an der Gesamtmasse der abzubremsenden Abteilung; je nach dem Ladezustand der Abteilung liegt der Wert der reduzierten Erdbeschleunigung zwischen 8,9 und 9,6 m/s². Der Quotient aus (Y) und (W_{AX}) berücksichtigt das Bremsverhalten von Drehgestellwagen in der Bremse. Hierbei gilt die Annahme, daß die durch eine bestimmte Bremskraft auf Drehgestelle ausgeübte Bremswirkung stets niedriger ist als die Bremswirkung auf zwei Einzelachsen; aus diesem Grunde ist die jeweils vorzugebende Bremskraft zur Erzielung der gewünschten Bremswirkung beim Passieren von Drehgestellen vorübergehend anzuheben. Der Zusammenhang zwischen (Y) und (W_{AX}) ist durch Erfahrungswerte vorgegeben und wird durch den Bremsstufengeber (21) bei der Bestimmung der Soll-Bremskraft und der Umsetzung in eine Bremsstufe durch Abrufen der entsprechenden Werte aus einem Speicher (27) berücksichtigt.

Für die Berechnung der voreingestellten Soll-Bremskraft war von einer mittleren Achslast der zu bremsenden Abteilung ausgegangen worden. Innerhalb einer längeren Abteilung können sich aber sehr wohl Fahrzeuge befinden, die sehr viel leichter sind als angenommen. Diese Fahrzeuge könnten bei Vorgabe einer hohen Bremskraft aus der Bremse springen und damit den Ablaufvorgang empfindlich stören. Dies berücksichtigt die Erfindung durch eine achslastabhängige Begrenzung der Bremskraft. Die achslastabhängige Begrenzung der Bremskraft wird in Figur 1 durch einen Gewichtsgeber (38) mit einem im Steuerkreis des Bremskraftreglers gelegenen Steller (39) herbeigeführt.

Eine in die Bremse einlaufende Abteilung wird in der Bremse zunächst unter Maßgabe der durch den Bremsstufengeber eingestellten Bremsstufe gebremst, wobei davon auszugehen ist, daß die Bremswirkung auf die Abteilung um so größer ist, je mehr Achsen der Abteilung sich in der Bremse befinden. Unter Berücksichtigung der Achszahl der in der Bremse befindlichen Wagenachsen läßt sich für jede die Bremse durchlaufende Abteilung eine Soll-Geschwindigkeit vorausbestimmen, die eingesetzt bei der vorausberechneten bzw. gemessenen Einlaufgeschwindigkeit und die schrittweise bis zur Lösegeschwindigkeit fortgeschrieben werden kann. Diese Soll-Geschwindigkeit berechnet sich nach der Formel

$$V_{\text{soll}}(t_2) = V_{\text{soll}}(t_1) + b_{sa} \cdot \Delta t$$

Hierin sind ($V_{\text{soll}}(t_2)$) und ($V_{\text{soll}}(t_1)$) die Soll-Geschwindigkeiten der Abteilung zu dicht aufeinanderfolgenden Zeitpunkten (t1) und (t2), (Δt) die Zeitspanne zwischen (t1) und (t2) und (b_{sa}) die auf die Abteilung in dieser Zeitspanne einwirkende Soll-Bremsverzögerung. Diese bei der Bestimmung der jeweils geltenden Soll-Geschwindigkeit zu berücksichtigende Soll-Bremsverzögerung ergibt sich aus der Soll-Bremsverzögerung (b_s) durch Multiplikation mit dem Quotienten aus der Anzahl (X) der tatsächlich in der Bremse behandelten Wagenachsen und der Gesamtachsanzahl (Y) der betreffenden Abteilung. Die auf eine gebremste Abteilung jeweils wirkende Soll-Bremsverzögerung ist nachfolgend als achsbezogene Soll-Bremsverzögerung bezeichnet.

Für die Behandlung einzeln laufender Drehgestellwagen wird die Gesamtachsanzahl einer Abteilung gleich der Anzahl ihrer Drehgestelle gesetzt; diese Vorgabe berücksichtigt in vorteilhafter Weise die beim Abbremsen von Drehgestellen auftretende Beobachtung, daß die auf eine solche Abteilung ausgeübte Bremswirkung nahezu unabhängig ist von der Anzahl der tatsächlich in der Bremse behandelten Wagenachsen eines Drehgestelles, sondern im wesentlichen davon abhängt, ob ein oder beide Drehgestelle von der Bremse erfaßt werden.

Für die Bestimmung der Soll-Geschwindigkeit der Abteilung in der Bremse dient ein Sollwertgeber (14), der vor Einlauf einer Abteilung auf den Wert der Einlaufgeschwindigkeit der Abteilung in die Bremse voreingestellt wird.

Hierzu kann entweder der von der Recheneinrichtung (22) vorausbestimmte und im Geschwindigkeitsspeicher (24) abgespeicherte Geschwindigkeitswert herangezogen werden oder der von der Radarmeßeinrichtung (28) tatsächlich gemessene Wert der Einlaufgeschwindigkeit einer Abteilung in die Bremse. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist von der letztgenannten Möglichkeit Gebrauch gemacht worden. Beim Einlaufen der ersten Achse einer Abteilung in die Bremse schaltet ein Sperrglied (29) und steuert damit einen Schalter (30) durch, über den der Wert der tatsächlichen Einlaufgeschwindigkeit auf den Sollwertgeber (14) geschaltet wird.

Dieser Wert wird während des Bremsvorganges unter Zugrundelegung der jeweils geltenden achsbezogenen Soll-Bremsverzögerung (b_{sa}) laufend fortgeschrieben. Der eine der zur Bestimmung der Soll-Geschwindigkeit erforderlichen Werte, nämlich die Anzahl (X) der tatsächlich in der Bremse befindlichen Achsen, kann vom Zähler (10) abgegriffen werden, der andere, die Gesamtachsanzahl (Y) der Abteilung, entweder gezählt oder einer Zugzerlegeliste entnommen werden. Der Quotient aus den Werten (X) und (Y) ist an einem Geber (31) abgreifbar und modifiziert über einen Steller (40) die vom Funktionsgeber (25) dem Sollwertgeber (14) zugeführte Größe der Soll-Bremsverzögerung (b_s) der Abteilung.

Die unter Berücksichtigung der Einlaufgeschwindigkeit und der jeweils zu berücksichtigenden achsbezogenen Soll-Bremsverzögerung für jeden Zeitpunkt in einem vorgegebenen Zeit- oder Wegraster ermittelte Soll-Geschwindigkeit (v_{soll}) wird dem einen Eingang eines Vergleichers (32) zugeführt, dessen anderer Eingang durch die Ausgangssignale einer Radarmeßeinrichtung (28) beaufschlagt ist. Dabei ist dem Radarmesßgerät (28) ein Plausibilitätsblock (33) nachgeschaltet, in dem aus den jeweils zuletzt ermittelten Meßwerten der Ist-Geschwindigkeit der Abteilung die im folgenden Meßzyklus jeweils zu erwartende Ist-Geschwindigkeit vorausbestimmt und mit der tatsächlich gemessenen Ist-Geschwindigkeit verglichen wird. Bei Abweichung der tatsächlich gemessenen Ist-Geschwindigkeit von der vorausberechneten Geschwindigkeit wird mindestens dann, wenn der gemessene Wert von dem vorausberechneten Wert extrem stark abweicht, der jeweils vorausberechnete Wert als richtig anerkannt und dem Vergleich (32) zugeführt. Der Vergleich stellt an seinem Ausgang laufend ein der jeweiligen Abweichung von Soll- und Ist-Geschwindigkeit entsprechendes Ausgangssignal zur Verfügung.

Dieses Ausgangssignal des Vergleichers wird in einem nachgeschalteten Umsetzer (34) in einem Bremsstufenkorrekturwert (ΔBST) umgesetzt, der die aus der Soll-Bremsverzögerung berechnete voreingestellte Soll-Bremskraft über einen Steller (5) modifiziert. In der Bremse ändert sich daraufhin die auf die jeweils behandelte Abteilung ausgeübte Bremswirkung in der Weise, daß die Abweichung von Ist- und Soll-Geschwindigkeit verringert wird. Der Vergleich vergleicht laufend die ihm von der Radarmeanlage zugeführten Werte der Ist-Geschwindigkeit mit den jeweils geltenden Werten der Soll-Geschwindigkeit und steuert über sein Ausgangssignal den Umsetzer, der seinerseits eine weitere Modifizierung der voreingestellten Soll-Bremskraft in die eine oder andere Richtung vornimmt. Die vom Umsetzer vorgegebenen Korrekturwerte für die Soll-Bremskraft beziehen sich stets auf die voreingestellte Soll-Bremskraft, nicht auf eine bereits korrigierte Bremskraft. Auf diese für die Erfindung wesentliche Vorgabe wird später noch näher eingegangen.

Bei sehr starker Abweichung von Soll- und Ist-Geschwindigkeit gibt der Umsetzer (34) auch einen entsprechend hohen Korrekturwert (ΔBST) aus; wenn dieser Korrekturwert so hoch ist, daß er eine Bremskraftänderung oberhalb eines vorgebbaren Wertes bewirken würde, z. B. die durch eine Bremsstufe bewirkte Bremskraftänderung, dann soll diese Bremskraftänderung nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in mehreren Schritten mit definierter Bremskraftänderung realisiert werden. Diese Maßnahme führt zu Regelberuhigung gegenüber einer schlagartigen Bremskraftänderung über mehrere Bremsstufen.

Eine Beruhigung des Regelvorganges wird auch dadurch erreicht, daß der Umsetzer (bzw. der Vergleich) nur dann Ausgangspotential abgibt, wenn die ihm zugeführten Werte über eine bestimmte Mindestzeit anliegen.

Bei einigen Rangieranlagen kann es vorkommen, daß durch die vorgenannten Maßnahmen die für eine optimale Regelung benötigte Regelruhe noch nicht erreichbar ist, beispielsweise weil die Radarmesßsignale zu unstetig sind. Für derartige Anlagen schlägt die Erfindung vor, die gebildeten Korrekturwerte nur dann wirksam werden zu lassen bzw. nur dann zu bilden, wenn die Änderungstendenz der Abweichung von Ist- und Soll-Geschwindigkeit über eine bestimmte Mindestzeit bestehen bleibt.

Dadurch, daß die vom Umsetzer gebildeten Bremskraftkorrekturwerte stets die jeweils vorausberechnete Soll-Bremsstufe und nicht die jeweils wirksame Bremsstufe modifizieren, ist in den meisten Fällen eine Überdeckung von Soll- und Ist-Geschwindigkeit auch am Ende des Regelvorganges nicht erreichbar. Vielmehr tritt in aller Regel der (auch in Figur 2 angenommene) Fall ein, daß Soll- und Ist-Geschwindigkeit am Ende des Regelvorganges lediglich angenähert parallel zueinander verlaufen. Das gegenseitige Überdecken von Soll- und Ist-Geschwindigkeit ist nach der Erfindung zugrundeliegendes Erkenntnis für eine optimale Bremsensteuerung nämlich gar nicht erforderlich, weil die einzig wichtige Größe die jeweils geltende Lösegeschwindigkeit ist. Wichtig für eine optimale Bremsensteuerung ist es daher zu wissen, welche Bremsverzögerung jeweils auf eine Abteilung wirkt und welche Bremsstufe zum Lösezeitpunkt eingestellt ist, denn aus diesen Größen läßt sich der jeweils geltende Lösevorhalt und damit die Lösegeschwindigkeit beliebig genau bestimmen. Die tatsächliche Bremsverzögerung einer Abteilung in einer Bremse stimmt bei annähernd gleichbleibendem Abstand zwischen

Soll- und Ist-Geschwindigkeit mit der für die Berechnung der jeweils geltenden Soll-Geschwindigkeit berücksichtigten Soll-Bremsverzögerung überein; diese Bremsverzögerung ist aber bekannt, da sie Bestimmungsgröße für die Vorgabe der Soll-Geschwindigkeit ist.

Der Umstand, daß das erfindungsgemäße Bremsenstellerverfahren auf eine Überdeckung von Soll- und Ist-Geschwindigkeit verzichtet, führt in vorteilhafter Weise zu einer weiteren Beruhigung des Regelvorganges, weil die durch die im Laufe des Bremsvorganges vorgegebenen zu großen oder zu kleinen Bremskräfte bewirkten Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Soll- und Ist-Geschwindigkeit verfahrensmäßig nicht ausgeregelt zu werden brauchen.

Bei der Realisierung der erfindungsgemäßen Lehre kommt es in erster Linie nicht darauf an, nach welcher Formel eine Soll-Geschwindigkeit vorgegeben wird - auch wenn man sich dabei an den jeweils zu erwartenden Geschwindigkeitsverlauf einer Abteilung in einer Bremse nach Möglichkeit anpassen wird; wichtiger ist die Erkenntnis, daß die zur Vorgabe einer Soll-Geschwindigkeit mindestens in Grenzen beliebig vorgebbare Soll-Bremsverzögerung die Ist-Bremsverzögerung der Abteilung bildet, sobald es gelungen ist, die Ist-Geschwindigkeit einer Abteilung mehr oder weniger zeitversetzt an den Soll-Geschwindigkeitsverlauf anzupassen.

Weil es beim erfindungsgemäßen Verfahren in der Hauptsache nicht auf eine Angleichung der Absolutwerte von Soll- und Ist-Geschwindigkeit ankommt, sondern darauf, die Kennlinien für diese Geschwindigkeiten mindestens zum Lösezeitpunkt der Bremse etwa parallel verlaufen zu lassen, kann es gelegentlich vorkommen, daß die Ist-Geschwindigkeit einer Abteilung innerhalb dieses Bereiches über der zugeordneten Soll-Geschwindigkeit liegen. Wäre die gesamte wirksame Länge einer Bremse für die Berechnung der Soll-Bremsverzögerung einer Abteilung mit einem derartigen Fahrverhalten berücksichtigt worden, so könnte man zwar stets exakt den jeweils geltenden Lösevorhalt der Bremse ermitteln, die Abteilung würde die Bremse aber dennoch mit einer zu hohen Auslaufgeschwindigkeit verlassen, weil sie gar nicht bis auf die Lösegeschwindigkeit abgebremst worden wäre. Um dies zu vermeiden, war bei der Berechnung der Soll-Bremsverzögerung der Abteilung ein Sicherheitsabschlag auf die wirksame Bremsenlänge berücksichtigt worden, der nun zur Anschlußbremsung der Abteilung bis auf die Lösegeschwindigkeit zur Verfügung steht. Der berücksichtigte Sicherheitsabschlag auf die wirksame Bremsenlänge kompensiert damit eine bei jedem Ablauf mögliche, gegenüber der vorausgerechneten Soll-Geschwindigkeit zu hohe Ist-Geschwindigkeit der Abteilung in der Bremse.

Nach einem ein- oder mehrmaligen Korrigieren der voreingestellten Bremskraft der Bremse sind die zu vergleichenden Geschwindigkeiten einander - wenn auch zeitversetzt - angeglichen, so daß die Annahme gilt, daß die augenblicklich auf die Abteilung wirkende tatsächliche Bremsverzögerung ebenso groß ist wie die für die Berechnung der zu diesem Zeitpunkt geltenden Soll-Geschwindigkeit berücksichtigte achsbezogene Soll-Bremsverzögerung. Einer exakten Bestimmung des dann geltenden Lösevorhaltes der Bremse steht nichts mehr im Wege.

In Figur 1 wird der jeweils zu berücksichtigende Vorhalt durch einen Vorhaltgeber (35) ermittelt, dem einerseits vom Steller (5) her die jeweils wirksame Bremsstufe und andererseits vom Funktionsgeber (25) her die auf die in der Bremse befindlichen Achsen bezogene Soll-Bremsverzögerung der Abteilung zugeführt ist. Der vom Vorhaltgeber (35) ermittelte Vorhalt wird in einer Addierstufe (36) zur vorausgerechneten Soll-Auslaufgeschwindigkeit der Abteilung aus der Bremse addiert und einem Vergleicher (37) zugeführt. In diesem Vergleicher wird die um den jeweils ermittelten Vorhalt vergrößerte Soll-Auslaufgeschwindigkeit der Abteilung mit der tatsächlich gemessenen Ist-Geschwindigkeit der Abteilung verglichen. Unterschreitet die Ist-Geschwindigkeit die aus Soll-Auslaufgeschwindigkeit und Vorhalt gegebene Lösegeschwindigkeit (V_L) der Bremse, so wird über die ODER-Schaltung (7) der Lösebefehl für die Bremse an den Bremskraftregler (2) ausgegeben. Der Bremskraftregler steuert die Bremsbalken der Bremse daraufhin in ihre vorgegebene Ausgangsstellung.

Um rechtzeitig auf den Bremskraftregler (2) einwirken zu können, ist es wünschenswert, Soll- und Ist-Geschwindigkeit einer Abteilung periodisch in möglichst kurzen Zeitabständen zu ermitteln und miteinander zu vergleichen. Ein praktisches Zeitmaß könnte beispielsweise in der Größenordnung von 50 ms liegen.

In Figur 2 sind Geschwindigkeits-Zeitdiagramme für ein in einer Bremse behandeltes zweiachsiges Fahrzeug dargestellt, wie sie sich im tatsächlichen Betrieb ergeben können. Die eine Geschwindigkeit ist die Soll-Geschwindigkeit (V_{soll}), wie sie vom Sollwertgeber (28) vorgegeben wird, die andere ist die vom Radarmessgerät (28) gelieferte, bereits geglättete Ist-Geschwindigkeit (V_{ist}) der Abteilung. Unterhalb dieser Diagramme sind übereinander die vom Bremsstufengeber (21) jeweils eingestellte Bremsstufe (BST) und die Anzahl (X) der in der Bremse befindlichen Achsen der Abteilung aufgetragen. In die Geschwindigkeits-Zeitdiagramme sind ferner die vorausgerechnete Soll-Auslaufgeschwindigkeit (V_{aus}) und die jeweils geltende Lösegeschwindigkeit (V_L) eingetragen, von denen die letztere durch Addition des jeweils geltenden Lösevorhaltes zur Soll-Auslaufgeschwindigkeit (V_{aus}) gebildet wird.

Das in Figur 2 dargestellte Ausführungsbeispiel bezieht sich auf die Steuerung einer Richtungsgleisbremse, in der die einlaufenden Abteilungen auf eine Auslaufgeschwindigkeit von etwa 1,8 m/s abgebremst werden sollen. Die im Beispiel betrachtete Abteilung erreicht die Bremse mit etwas weniger als 4 m/s. Aus der in der Bremse umzusetzenden kinetischen Energie wird (durch den Funktionsgeber (25)) die im Mittel wirkende Soll-

Bremsverzögerung (b_s) der Abteilung bestimmt, die nach Wichtung mit dem Quotienten aus in der Bremse befindlichen Wagenachsen (X) und Gesamtsachsenzahl (Y) der Abteilung (im Steller (40)) umgesetzt wird in die jeweils wirksame achsbezogene Bremsverzögerung (b_{sa}), die zur Vorgabe der jeweiligen Soll-Geschwindigkeit (V_{soll}) (durch den Funktionsgeber (14)) benötigt wird. Ausgangspunkt des Soll-Geschwindigkeitsverlaufs der Abteilung ist deren Einlaufgeschwindigkeit (V_{ein}) in die Bremse. Durch schrittweises Vermindern dieses Wertes unter Berücksichtigung der angreifenden Soll-Bremsverzögerung (b_{sa}) wird die jeweils geltende Soll-Geschwindigkeit (V_{soll}) fortgeschrieben; es bildet sich die in Figur 2 dargestellte Treppenkurve.

Aus der vorausberechneten Soll-Bremsverzögerung der Abteilung in der Bremse und dem mittleren Achsgewicht der Abteilung ermittelt der Bremsstufengeber (21) unter Berücksichtigung eventueller Drehgestellkriterien die auf jede Achse wirkende Soll-Bremskraft und setzt diese um in eine bremsenspezifische Bremsstufe (BST), wobei diese ggf. achsgewichtsabhängig zu begrenzen ist. Im Beispiel ist angenommen, daß zum Abbremsen der einlaufenden Abteilung zunächst die Bremsstufe ("9") vorgegeben wurde. Im Idealfall wäre der gesamte Bremsvorgang mit dieser Bremsstufe verlaufen; infolge unterschiedlicher Bandagenbreiten oder unterschiedlicher Bremseigenschaften der Wagenräder, die bei der Vorgabe der Soll-Bremskraft nicht berücksichtigt werden konnten, konnte eine Angleichung der Ist-Geschwindigkeit an die Soll-Geschwindigkeit zunächst nicht erreicht werden. Die Messung der Ist-Geschwindigkeit der Abteilung zeigte, daß die vorgewählte Bremsstufe offensichtlich zu groß war, denn die Abweichung von Soll- und Ist-Geschwindigkeit wurde immer größer; es erfolgte daraufhin, nachdem die Tendenz der Abweichung über eine vorgegebene Zeitspanne von etwa 0,3 s beibehalten wurde, eine Bremsstufenkorrektur auf die folgende Bremsstufe ("8"). Auch diese Bremsstufe wurde als zu stark erkannt und so erfolgte nach einer weiteren Bremszeit von etwa 0,5 s die Korrektur auf die Bremsstufe ("7") und wenig später auf die Bremsstufe ("6"). Bei dieser Bremsstufe war zunächst ein Parallellaufen von Soll- und Ist-Geschwindigkeit erkennbar, d. h. die für die Ermittlung der in diesem Geschwindigkeitsbereich geltenden Soll-Geschwindigkeit angenommene achsbezogene Bremsverzögerung (b_{sa}) stimmte mit der tatsächlichen Bremsverzögerung der Abteilung in der Bremse überein. Beim Einlaufen der zweiten Achse der Abteilung in die Bremse änderte sich sprunghaft die vorausbestimmte Soll-Geschwindigkeit des Fahrzeugs. Hiedurch wurde die Parallelität der Geschwindigkeitsverläufe wieder aufgehoben; die Änderungstendenz war - anders als beim Einlaufen der Abteilung in die Bremse - so gerichtet, daß die beiden Geschwindigkeitsverläufe sich aufeinander zu bewegten, d. h. die tatsächliche Bremsverzögerung der Abteilung in der Bremse war weniger stark als die für die Bildung der Soll-Geschwindigkeit berücksichtigte achsbezogene Bremsverzögerung. Dies führte dazu, daß die Bremskraft nach etwa 2 s Verweildauer der Abteilung in der Bremse wieder heraufgesetzt wurde auf die Bremsstufe ("7"). Bei dieser Bremsstufe war wieder eine weitgehende Parallelität der beiden Geschwindigkeitsverläufe zu erkennen; eine Bremskraftkorrektur war nicht nötig, weil die für die Vorgabe der Soll-Geschwindigkeit berücksichtigte achsbezogene Bremsverzögerung mit der tatsächlichen Bremsverzögerung weitgehend übereinstimmte.

Nach etwa 3,5 s Bremszeit unterschritt die Ist-Geschwindigkeit (V_{ist}) der Abteilung die zu diesem Zeitpunkt geltende Lösegeschwindigkeit (V_L), die sich durch Addition des jeweils geltenden Vorhaltes zur Soll-Auslaufgeschwindigkeit ergibt und die Bremse wurde geöffnet. Das Schaubild zeigt, daß die Abteilung die Bremse mit einer nur ganz geringfügig von der vorgegebenen Soll-Auslaufgeschwindigkeit abweichenden Ist-Geschwindigkeit verläßt.

Bei dem in Figur 2 angenommenen Ausführungsbeispiel ist die Erfindung an Hand der Steuerung einer Richtungsgleisbremse erläutert worden. Die Erfindung ist in gleicher Weise auch anwendbar für die Steuerung beliebiger anderer Bremsen, vgl. Figur 1, und zwar unabhängig davon, ob dies Einzelbremsen oder mehrere aneinandergrenzende Einzelbremsen sind.

Dort wo die Bremsen in einem starken Gefälle liegen, kann es vorkommen, daß Abteilungen nach einem ersten Lösen der Bremsen so stark beschleunigen, daß sie nachgebremst werden müssen. In diesem Falle wird in vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung die letzte vor dem Lösen der Bremse wirksame Bremsstufe, ggf. um eine Bremsstufe erhöht, wirksam. Hiedurch wird die zu schnelle Abteilung durch leichtes Verzögern wieder so weit gebremst, daß die durch das vorübergehende Beschleunigen der Abteilung bewirkte Überschreiten der Soll-Auslaufgeschwindigkeit wieder rückgängig gemacht wird. Unter Berücksichtigung des jeweils geltenden Vorhaltes kann die Bremse dann so rechtzeitig wieder geöffnet werden, daß die Abteilung mit der vorgesehenen Auslaufgeschwindigkeit aus der Bremse auslaufen kann.

Das vorstehend näher erläuterte Verfahren zur Bremsensteuerung in Eisenbahnrangieranlagen gestattet ein hochgenaues Bremsen der zulaufenden Abteilungen, weil es eine exakte Bestimmung der jeweils wirksamen Bremsverzögerung möglich macht, die ihrerseits für die genaue Vorgabe der Lösevorhalte ausschlaggebend ist. Das erfindungsgemäße Verfahren macht aber nicht nur eine optimale Steuerung von Gleisbremsen möglich, sondern es führt auch dazu, daß die verwendeten Bremsen einem geringeren Verschleiß unterliegen als bei anderen Steuerverfahren. Dies liegt daran, daß die Bremsen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren über ihre gesamte Länge einigermaßen gleichmäßig ausgenutzt und damit auch gleichmäßig verschlissen werden. Ein weiterer

Vorteil, den die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit sich bringt, liegt darin, daß die im Rangierbetrieb häufig auftretenden unangenehm lauten Bremsgeräusche wegen der gleichmäßigen Aufteilung des Bremsvorganges über die gesamte Bremsenlänge weitestgehend vermieden werden. Dies kann dazu führen, daß Rangieranlagen nunmehr nicht mehr unbedingt an der Peripherie von Städten, sondern möglicherweise auch innerhalb von Ballungsgebieten ohne Geräuschbelästigung der Anwohner betrieben werden können.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Steuern von Gleisbremsen in Eisenbahnrangieranlagen für das Abbremsen frei laufender Abteilungen aus individuellen, mittels kontinuierlicher Geschwindigkeitsüberwachung erfaßbarer Einlaufgeschwindigkeiten in die Bremsen auf frei wählbare, ebenfalls mittels kontinuierlicher Geschwindigkeitsüberwachung erfaßbarer Auslaufgeschwindigkeiten aus den Bremsen durch Vorgabe von Bremskräften zur gesteuerten Reduzierung der Vorrückgeschwindigkeit der Abteilungen in den Bremsen nach einem Soll-Geschwindigkeitsverlauf zwischen Ein- und Auslaufgeschwindigkeit, der sich aus einer aus der in einer Bremse jeweils umzusetzenden kinetischen Energie abgeleiteten konstanten Soll-Bremsverzögerung ergibt, mit Mitteln zum Abschalten der Bremskraft beim Erreichen einer um einen Lösevorhalt oberhalb der vorgegebenen Auslaufgeschwindigkeit liegenden Vorrückgeschwindigkeit der Abteilung in der Bremse, **dadurch gekennzeichnet**, daß die vor jedem Bremsvorgang zum Abbremsen der ersten Achse einer auf die Bremse zulaufenden Abteilung ermittelte Bremskraft (BST) für die gesamte Verweildauer der Abteilung in der Bremse Gültigkeit hat, daß diese Bremskraft beim Vorrücken der Abteilung in der Bremse zeit- und/oder wegababhängig durch Bremskraftkorrekturwerte (Δ BST) modifizierbar ist, die beim laufenden Vergleich von Soll- und Ist-Geschwindigkeit aus der jeweiligen Abweichung (Δ V) dieser Geschwindigkeitswerte ableitbar sind, daß die Größe der Bremskraftkorrekturwerte (Δ BST) der aktuellen Abweichung (Δ V) von Soll- und Ist-Geschwindigkeit proportional ist, wobei eine gegenüber der Soll-Geschwindigkeit zu hohe Ist-Geschwindigkeit einen die Bremskraft erhöhenden (+ Δ BST) und eine zu niedrige Ist-Geschwindigkeit einen die Bremskraft vermindernenden Bremskraftkorrekturwert (- Δ BST) ergibt und daß der Lösevorhalt für die Vorgabe der jeweils aktuellen Lösegeschwindigkeit der Bremse aus der zum angenommenen Lösezeitpunkt jeweils geltenden Soll-Bremsverzögerung ableitbar ist, die sich aus der Summe von voreingestellter Bremskraft (BST) und aktuellem Bremskraftkorrekturwert (Δ BST) ergibt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausgabe eines Korrekturwertes (Δ BST) vom Vorliegen einer Geschwindigkeitsabweichung (Δ V) über eine vorgegebene Mindestzeitspanne abhängig gemacht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausgabe eines Korrekturwertes (Δ BST) davon abhängig gemacht wird, daß die Änderungstendenz der Geschwindigkeitsabweichung (Δ V) über eine vorgegebene Zeitspanne beibehalten bleibt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die durch einen Korrekturwert (Δ BST) vorgegebene Bremskraftänderung (über (5)) beim Überschreiten eines vorgebbaren Wertes in mehreren aufeinanderfolgenden Stufen realisiert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Soll-Bremsverzögerung (b_s) der Abteilung in der Bremse unter Berücksichtigung einer wirksamen Bremsenlänge ($L_{Br} \cdot w$) bestimmt wird, die um einen Sicherheitsabschlag unter der tatsächlichen Bremsenlänge (L_{Br}) liegt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die jeweils einzustellende Bremskraft (BK) für die Behandlung von Fahrzeuggruppen in der Bremse nach oben hin auf einen Wert begrenzt wird, der abhängig ist vom Achsgewicht der jeweils behandelten Abteilung.
7. Verfahren nach Anspruch 1, 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wert der zur Ermittlung der Soll-Bremskraft (BK) zu berücksichtigenden Masse der abzubremsenden Abteilung aus dem Gewicht der Abteilung ($Y \cdot MAGA$) unter Berücksichtigung einer reduzierten Erdbeschleunigung (g') bestimmt ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wert der reduzierten Erdbeschleunigung (g') durch die Erdbeschleunigung, gewichtet mit einem vom Verhältnis der ruhenden Fahrzeugmasse der Abteilung zur rotierenden Fahrzeugmasse der Abteilung abhängigen Faktor bestimmt ist.

5 9. Verfahren nach den Ansprüchen 7 und 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die Ermittlung der Soll-Bremskraft ein Wert (W_{AX}^{-1}) einbezogen ist, der für einzeln laufende Drehgestelle die gegenüber Einzelachspaares verminderte Bremswirkung der Bremse auf Drehgestelle berücksichtigt.

10 10. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ist-Geschwindigkeit der Abteilung durch eine Radarmessung bestimmt wird, wobei die Meßwerte der Ist-Geschwindigkeit der Abteilung einer Plausibilitätskontrolle unterzogen werden.

15 11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß aus den gemessenen Werten der Ist-Geschwindigkeit der Abteilung der im Anschluß daran zu erwartende Meßwert vorausberechnet und bei Abweichung des tatsächlich gemessenen Wertes vom vorausgerechneten Wert der vorausgerechnete Wert als Meßwert für die Ist-Geschwindigkeit gewertet wird.

20 12. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die während der Behandlung einer Abteilung in der Bremse für diese Abteilung geltenden Soll-Geschwindigkeiten (V_{soll}) aus der jeweiligen Einlaufgeschwindigkeit (V_{ein}) der Abteilung in die Bremse durch Fortschreiben dieser Einlaufgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der Soll-Bremsverzögerung (b_s) und der von der Bremse jeweils erfaßten Anzahl (X) von Fahrzeugachsen ermittelbar sind.

25 13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Bestimmung der Soll-Geschwindigkeit einzeln laufender Drehgestellwagen als Wert für die zur Ermittlung der achsbezogenen Soll-Bremsverzögerung zu berücksichtigende Gesamtachsenzahl der Abteilung die Anzahl der Drehgestelle verwendet wird.

30 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Nachbremsen einer Abteilung auf die vor dem Lösen der Bremse jeweils eingestellte Bremskraft zurückgegriffen wird.

35 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Nachbremsen einer Abteilung auf die vor dem Lösen der Bremse eingestellte, um mindestens eine Bremsstufe erhöhte Bremskraft zurückgegriffen wird.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

FIG 1



