

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 692 422 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
17.01.1996 Patentblatt 1996/03

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B61K 7/12**

(21) Anmeldenummer: **95109164.4**

(22) Anmeldetag: **14.06.1995**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC NL  
PT SE**

(30) Priorität: **15.06.1994 DE 4420896**

(71) Anmelder: **Deutsche Bahn Aktiengesellschaft  
D-10365 Berlin (DE)**

(72) Erfinder:

- **Bodenstein, Thomas**  
**D-38889 Blankenburg (DE)**
- **Effler, Bernhard**  
**D-38885 Wernigerode (DE)**
- **Bréum, Werner**  
**D-38889 Blankenburg (DE)**
- **Landeck, Gernot**  
**D-04425 Taucha (DE)**
- **Heintze, Gunter**  
**D-01109 Dresden (DE)**

### (54) **Verfahren zum Steuern von Gleisbremsen einer Rangieranlage**

(57) 2.1 Bei bekannten Verfahren zur Steuerung von Gleisbremsen werden jeweils nur einzelne Verfahrensschritte optimiert, so daß eine insgesamt unbefriedigende Abbremsung der Rangierabteilungen erfolgt. Das neue Verfahren soll für die Vielzahl der verschiedenen Bauformen, insbesondere von hydraulischen Balkengleisbremsen und elektrodynamischen Gleisbremsen als Tal- und Richtungsgleisbremsen anwendbar sein, wobei die Genauigkeit bezüglich der Einhaltung der Sollauslaufgeschwindigkeit es gestattet, das Verfahren der Laufzielbremsung mit minimalem Aufwand anzuwenden.

2.2 Der an jedem Ablauf einer Rangierabteilung errechenbare Überschuß an kinetischer Energie bezüglich einer vorgegebenen Sollauslaufgeschwindigkeit wird zur Bremsarbeit, die eine Gleisbremse bei einer bestimmten mittleren Achslast und bei einer bestimmten Achsfolge eines Ablaufes zu leisten vermag, ins Verhältnis gesetzt. Erst wenn eine Bremskraftstufe errechnet werden kann, deren zu erwartende Bremsarbeit dem Überschußanteil an kinetischer Energie des Ablaufes entspricht, wird mit dem Bremsvorgang begonnen.

2.3 Das Verfahren ermöglicht die Anwendung der Laufzielbremsung, indem eine ablaufende Rangierabteilung gegebenenfalls mit einem zulässigen Auflaufstoß kuppelreif eine vorab abgelaufene Rangierabteilung erreicht.

**EP 0 692 422 A1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern von Gleisbremsen, insbesondere Tal- und Richtungsgleisbremsen in jeweils verschiedenen Ausführungsformen einer Rangieranlage, d. h. einem Rangierbahnhof sowohl mit Gefälle angeordneten Gleisen, als auch mit flachen Gleisgruppen zum gesteuerten Bremsen frei laufender Rangierabteilungen auf eine vorgegebene Geschwindigkeit.

In automatisch arbeitenden Rangieranlagen erfolgt die Zerlegung von zulaufenden Güterzügen, indem entsprechend ihrer Bestimmungsrichtung einzelne Rangierabteilungen abgekuppelt und sodann mit Hilfe einer Rangierlok über einen Ablaufberg abgedrückt werden. Die einzelnen Rangierabteilungen rollen daraufhin unter dem Einfluß der Schwerkraft talwärts in das jeweils vorbestimmte Richtungsgleis, wo sie mit weiteren Rangierabteilungen zu neuen Zügen zusammengestellt werden.

Entlang des Laufweges der Rangierabteilungen sind Gleisbremsen angeordnet, die unterschiedliche Aufgaben zu erfüllen haben. Die Talbremsen gleichen die großen Streuungen unterworfenen Laufeigenschaften der einzelnen Rangierabteilungen derart aus, daß der für eine einwandfreie Laufwegtrennung erforderliche Abstand zum jeweiligen Voraus- und Nachläufer eingehalten wird.

Außerdem haben die Talbremsen die Aufgabe, den ablaufenden Rangierabteilungen den Anteil an kinetischer Energie zu entziehen, der mit dem Bremsvermögen nachgeordneter, insbesondere der üblicherweise keiner dimensionierten Richtungsgleisbremsen, nicht mehr bewältigt werden kann.

An die Richtungsgleisbremsen wird die Forderung gestellt, die Rangierabteilungen auf solche Auslaufgeschwindigkeiten abzubremesen, daß sie mit einer zulässigen Auflaufgeschwindigkeit entweder nachgeordnete Fördereinrichtungen oder, wie beim Verfahren der Laufzielbremsung, im Richtungsgleis bereits vorhandene Rangierabteilungen mit geringem Auflaufstoß erreichen.

Um diesen Zielsetzungen möglichst nahe zu kommen, sollen Gleisbremsen so arbeiten, daß vorgegebene Sollauslaufgeschwindigkeiten für alle in Frage kommenden Rangierabteilungen sehr genau eingehalten werden. Der Idealfall wäre dabei, wenn die jeweiligen Gleisbremsen über ihre gesamte Länge hinweg gleichmäßig beansprucht und demzufolge auch gleichmäßig abgenutzt werden. Ein optimaler Bremsverlauf ist also immer dann gegeben, wenn die gewünschte Sollauslaufgeschwindigkeit genau dann erreicht ist, kurz bevor, oder wenn die Rangierabteilung mit der letzten Achse aus der Gleisbremse rollt.

Ein bekanntes Verfahren (DE 2246306) zur Bremsensteuerung orientiert den Bremsvorgang an einer Sollkurve über das Geschwindigkeitsquadrat von der gemessenen Einlaufgeschwindigkeit. Solange sich Rangierabteilungen innerhalb des Wirkungsbereiches der Gleisbremse befinden, wird kontinuierlich der Ist-Geschwindigkeitsverlauf gemessen und in der Art eines Zweipunktreglers die Brems- bzw. Lösebefehle an die Gleisbremse ausgegeben, um die Ist-Geschwindigkeit möglichst nahe an den Verlauf der Sollkurve heranzuführen. Der Lösevorhalt wird als Produkt einer ermittelten Bremsverzögerung und der erwarteten Reaktionszeit der Bremse ermittelt.

Nachteilig bei der Anwendung des Verfahrens ist der Umstand, daß sich im allgemeinen nur etwa mittelschwere und relativ lange Rangierabteilungen durch fortlaufendes Zu- und Abschalten der Gleisbremse beherrschen lassen, wobei jedoch zahlreiche Lösespiele in Kauf zu nehmen sind. Anders zu beschreibenden Rangierabteilungen wird mit diesem Verfahren zumeist ein Geschwindigkeitsverlauf aufgeprägt, der zumindest die Bestimmung der für eine korrekte Berechnung des Lösevorhaltes notwendigen Bremsverzögerung nicht mehr zuläßt.

Bei einer anderen bekannten Steuerung, gemäß des Bulletins SEV/VSE 78 (1987) 5,7. März, wird eine ähnliche Sollkurve, allerdings auf die Geschwindigkeit und nicht auf deren Quadrat bezogen, vorteilhafterweise als Rampensollwert für einen P-Regler oder PI-Regler benutzt, der ausgangsseitig durch Variation der aktuellen Bremskraftstufe den Verlauf der Ist-Geschwindigkeit so beeinflusst, daß diese dem Rampensollwert folgt.

Ein anderes Verfahren, gemäß DE 2910511, benutzt die für die jeweiligen Rangierabteilungen berechneten Überschußanteile an kinetischer Energie, um daraus eine geeignete Soll-Bremskraftstufe festzulegen, mit der der Bremsvorgang begonnen wird. Ebenso wird, beginnend mit der Einlaufgeschwindigkeit, schrittweise ein Soll-Geschwindigkeitsverlauf unter Zugrundelegung einer achsbezogenen Soll-Bremsverzögerung vorgegeben.

Aufgabe der Bremsensteuerung ist es nun, den tatsächlichen Verlauf der Bremsverzögerung an deren Soll-Bremsverlauf heranzuführen oder Parallelität zu diesem herzustellen, damit der vorbestimmte Wert der Bremsverzögerung unmittelbar und ohne den bei Messungen sonst eintretenden Zeitverzug zur Berechnung des Lösevorhaltes herangezogen werden kann.

Das Verfahren gestattet durchaus eine hohe Präzision bei der Einhaltung vorgegebener Auslaufgeschwindigkeiten, setzt dazu aber voraus, daß sich alle Kategorien von Rangierabteilungen praktisch gleichermaßen schematisch so verhalten, daß spätestens im Bereich des Gleisbremsenendes Parallelität zur Soll-Bremsverzögerung besteht, ggf. um einen Festbetrag gegenüber der Sollkurve nach oben hin verschoben.

Sind Korrekturen der Ist-Bremsverzögerung nötig, was in der Praxis allein schon wegen des beständig abnehmenden Anteils an kinetischer Eigenenergie sehr häufig der Fall ist, so kann ein zugeschalteter Regler Bremskraftstufenänderungen veranlassen.

Dazu bedarf es einer Mindestzeitspanne, über die eine Abweichung feststellbar sein muß, und ebenso muß eine Änderungstendenz über eine Mindestzeitspanne bestehen bleiben. Eine unmittelbare und sofortige Reaktion des Reglers auf von diesem auszugleichende Einflüsse, wie Witterung oder veränderliche Reibungskoeffizienten, ist damit nur noch begrenzt möglich.

Andere bekannte Verfahren (DE 126826, DE 2048335, Rangiertechnik 12/69 S. 41) zeigen Methoden auf, mit denen das verzögerte Einschalten von Gleisbremsen realisiert werden kann, wenn dies aus ablauftechnologischen Gründen heraus erforderlich oder zweckmäßig ist.

Beim "verzögerten" Bremsen läuft die abzubremsende Rangierabteilung zunächst in die gelöste Gleisbremse ein, und der Bremsvorgang beginnt erst zu einem späteren Zeitpunkt, wenn das Bremsvermögen der Gleisbremse unter Berücksichtigung eines Sicherheitsabschlages gerade noch ausreicht, um der Rangierabteilung die Überschußanteile an kinetischer Energie zu entziehen.

Der Grundgedanke dieser Verfahren ist, daß die die Rangierabteilung charakterisierenden Kenngrößen, vor allem die Bremsverzögerung im Voraus neben den anderen eine Rangierabteilung charakterisierenden Kenngrößen spezifiziert werden. Die Bremsverzögerung einer Rangierabteilung stellt sich nach dem Einstellen einer bestimmten Bremskraftstufe ein.

Soll die Bestimmung der zu erwartenden Bremsverzögerung umgangen werden, so wird vorgeschlagen, auf analoge Kenngrößen zurückzugreifen, wie z. B. über eine Gewichtsmessung an der gesamten Rangierabteilung das Verhältnis von Bremskraft je Achse zum Rangierabteilungsgewicht zu bilden.

Hierbei ist der Streubereich allerdings so groß (an Balkengleisbremsen um 50 %), daß diese Methode nicht hinreichend genau ist.

Für die Bestimmung der zu erwartenden Bremsverzögerung wird daher vor allem eine kurze Probebremsung beim Einlauf der Rangierabteilung in die Gleisbremse vorgeschlagen, die zumindest solange aktiviert wird, daß in deren Verlauf die Messung aller derjenigen Daten erfolgt, die die Berechnung der eingetretenen Bremsverzögerung gestatten. Der Erkenntnisgewinn auf dem Wege einer Probebremsung offenbart jedoch eine Reihe von Nachteilen.

Das Verfahren des "verzögerten" Bremsens ist aus technologischer Sicht insbesondere für lange Ablaufgruppen sinnvoll, diese aber lassen aufgrund der sehr unterschiedlichen Beschaffenheit der Achsen sowie der Achsfolgen innerhalb der Rangierabteilung kaum eine Reproduzierbarkeit des Verzögerungsverlaufes erwarten. Das Ablaufen von Einzelwagen dagegen verlangt, sofern überhaupt verzögert gebremst werden soll, wegen der kurzen Verweildauer im Bremsbereich eine möglichst kurzfristige Festsetzung des optimalen Bremsverlaufes, was kaum Zeit für eine Probebremsung beläßt. Erfolgt sie dennoch, besteht speziell bei energiearmen Einzelabläufen schon allein durch eine hinreichend lange Probebremsung ohne zusätzliche Steueralgorithmien die Gefahr des Überbremsens.

Handelt es sich bei der anzusteuernenden Gleisbremse um eine Balkengleisbremse, tritt ein weiterer Nachteil ein. Da diese beim Einlauf der ersten Achse einer Rangierabteilung zunächst aus ihrer Grundbremsstellung aufgeschnitten werden muß, wirken kurzzeitig zusätzliche Kraftkomponenten, die die Bremswirkung verstärken und bei leichteren bis mittelschweren Rangierabteilungen ein falsches Bild von der gesuchten Bremsverzögerung erzeugen. Vorteilhaft wäre es in diesem Sinne, die Probebremsung erst nach dem Einlauf von mindestens einer Achse in die Gleisbremse auszulösen, dann jedoch könnte dringend benötigtes Bremsvermögen für energiereiche Abläufe verlorengehen. Darüber hinaus sind Probebremsungen generell mit einer erhöhten Anzahl von Brems-/Löse-Vorgängen verbunden.

Der im Anspruch 1 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, die Nachteile der bekannten Verfahren zum Steuern von Gleisbremsen einer Rangieranlage mit minimalem Aufwand zu vermindern und für die Vielzahl verschiedener Bauformen, insbesondere von hydraulischen Balkengleisbremsen und elektrodynamischen Gleisbremsen als Tal- oder Richtungsgleisbremsen, anwendbar ist, wobei die Genauigkeit bezüglich der Einhaltung vorgegebener Sollauslaufgeschwindigkeiten es gestattet, das Verfahren der Laufzielbremsung anzuwenden.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der an jedem Ablauf errechnete Überschuß an kinetischer Energie bezüglich einer vorgegebenen Sollauslaufgeschwindigkeit ins Verhältnis gesetzt wird zu der Bremsarbeit, die eine Gleisbremse bei einer bestimmten mittleren Achslast und bei einer bestimmten Achsfolge des Ablaufes zu leisten vermag, und daß der Bremsvorgang unmittelbar beginnt, wenn eine Bremskraftstufe errechnet werden kann, deren zu erwartende Bremsarbeit dem Überschußanteil an kinetischer Energie des Ablaufes entspricht, dagegen die Gleisbremse noch vor dem Einlauf der ersten Achse in den Lösezustand übergeht, wenn die ermittelte Bremsarbeit den zu entziehenden Anteil an kinetischer Energie mindestens übersteigt und eine Bremskraftstufe nicht weiter reduziert werden kann, wobei während der sich dann anschließenden Lösedauer der Gleisbremse das Energieniveau der Rangierabteilung sowie das sich beständig verringernde Bremsvermögen infolge des fortschreitenden Auslaufens von Achsen ständig nachgerechnet werden, und der Bremsvorgang erst dann einsetzt, wenn die Überschußenergie der Rangierabteilung und das verbliebene Bremsvermögen in einem geeigneten Verhältnis zueinander stehen.

Weiterhin wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß jede für den unmittelbaren Bremsbeginn ohne verzögertes Einschalten der Gleisbremse vorgesehene Initial-Bremskraftstufe vor ihrer Ausgabe an die Gleisbremse zuerst in eine Berechnungsmethode zur Ermittlung des damit tatsächlich zu erreichenden Bremsvermögens eingesetzt wird, und daß diese Bremskraftstufe, gegebenenfalls mehrmals, reduziert wird, wenn das ermittelte Bremsvermögen den Anteil der der Rangierabteilung zu entziehenden kinetischen Energie um eine Minstdifferenz überschreitet.

Nachdem der Bremsvorgang eingesetzt hat, bleibt eine ermittelte Initial-Bremskraftstufe mindestens so lange bestehen, wie die Gleisbremse aufgrund ihrer Beschaffenheit an Zeit benötigt, um die zugehörige Bremskraft an die Rangierabteilung zu übermitteln. Erst dann wird ein Regelalgorithmus gestartet, der dann die weitere Ausgabe von Bremskraftstufen steuert, so daß sich der Ist-Geschwindigkeitsverlauf an den Soll-Geschwindigkeitsverlauf bei einem entsprechend vorgegebenen Laufweg für eine Rangierabteilung angleicht.

Der Soll-Geschwindigkeitsverlauf über einem entsprechend vorgegebenen Laufweg als Führungsgröße für den Regler wird in der Weise gebildet, indem ein Kurvenverlauf, beginnend mit der Einlaufgeschwindigkeit der Rangierabteilung und zunächst endend auf dem Niveau der Sollauslaufgeschwindigkeit beim Austritt der zweiten Achse aus der Gleisbremse, mit jeder in die Gleisbremse einlaufenden weiteren Achse um den Betrag des Achsabstandes zur vorauslaufenden Achse hinter das bisherige Bremslängenende in der Weise neu ausgerichtet wird, als ob diese die letzte Achse der Rangierabteilung wäre, so daß ein leicht gekrümmter Verlauf eines Rampensollwertes entsteht.

Die aus der energetischen Betrachtung sich ergebende und vom Regler eingestellte Bremskraftstufe wird im Falle der Ansteuerung von Balkengleisbremsen in Abhängigkeit vom Gewicht der jeweils zunächst in die Balkengleisbremse einlaufenden Achse nach oben hin auf einen Wert begrenzt, bis zu dem das Aufklettern von Achsen unwahrscheinlich ist. Folgen innerhalb einer Rangierabteilung wesentlich schwerere Achsen auf leichtere, so wird die bis dahin gültige Begrenzung der Bremskraftstufen solange beibehalten, wie sich noch leichte Achsen in der Bremse befinden.

Das nachfolgend dargelegte Ausführungsbeispiel bezieht sich auf die Anwendung der erfindungsgemäßen Zusammenhänge insbesondere unter den Bedingungen einer Balkengleisbremse. Das bedeutet, daß bei der Berechnung aller für die Ausgabe an die Gleisbremse vorgesehenen Bremskraftstufen zusätzlich den Bedingungen der Aufklettersicherheit entsprochen werden muß.

Nähert sich einer Balkengleisbremse eine Rangierabteilung, die von dieser in geeigneter Weise zu behandeln ist, und weist diese Rangierabteilung eine höhere Ist-Geschwindigkeit  $v_i$  auf als die für sie vorgesehene Sollauslaufgeschwindigkeit  $v_{soll}$ , so beginnt die Berechnung der energetischen Ausgangsbedingungen in der Weise, daß noch vor dem Einlauf der ersten Achse in die Balkengleisbremse eine Gegenüberstellung von kinetischer Überschußenergie der Rangierabteilung  $dh_{abl}$  und der Zuordnung einer geeigneten Bremskraftstufe  $bks$  erfolgen kann.

Demzufolge wird zunächst ein Bremsvermögen  $h_{br}$  ermittelt, das an einer Balkengleisbremse bei einer mittleren Achsmasse  $g_m$  und einer bezüglich der Rangierabteilung überwiegenden Achsfolge der sich annähernden Rangierabteilung maximal nutzbar ist.

Dazu ist es notwendig, eine Bremskraftstufe  $bks_m$  zu bestimmen, die ausgehend von der mittleren Achsmasse  $g_m$  der Rangierabteilung unter den Bedingungen der Aufklettersicherheit höchstens eingesetzt werden darf. Das kann entweder mittels eines tabellarischen Vergleichs direkt erfolgen, oder aber, bei einer höheren Anzahl der verfügbaren Bremskraftstufen  $n_{bks}$ , durch Anwendung einer geometrischen Reihe über einen Modifikationsfaktor  $modf$ . Dieser ist die  $n_{bks}$ -te Wurzel aus dem Quotienten des Endachsgewichtes und des Anfangsachsgewichtes.

$$1) \quad modf = \sqrt[n_{bks}]{\frac{22,5}{3,5}}$$

Innerhalb dieser so definierten geometrischen Reihe ist die mittlere Achsmasse  $g_m$  einzuordnen, so daß daraus die zugehörige Bremskraftstufe  $bks_m$  hervorgeht sowie eine Grenzachsmasse  $g_{end}$ , bis zu dem diese Bremskraftstufe  $bks_m$  als Maximum zulässig ist. Dazu wird die Grenzachsmasse  $g_{end}$  unter fortlaufender Erhöhung der eingesetzten Bremskraftstufe  $bks_m$  als Exponent, beginnend mit der 1, nach der Beziehung

$$2) \quad g_{end} = 3,5 \cdot modf^{bks_m}$$

sooft berechnet, bis die Bedingung  $g_{end} = g_m$  erstmalig erfüllt ist.

Ausgedrückt in Energiehöhen ergibt sich für das nutzbare Bremsvermögen  $h_{br}$

$$3) \quad h_{br} = \left| \frac{h_{brend 2}}{h_{brend 4}} \cdot \frac{g_{end}}{g_m} \right|$$

Hierbei sind  $h_{brend 2}$ ,  $h_{brend 4}$  und  $h_{brend 6}$  diejenigen Nennwiderstandshöhen, die für jeden Gleisbremstyp experimentell ermittelt und bezogen auf die Endachsmasse vorliegen und entsprechend der mit geeigneten Mitteln am aktuellen Ablauf bestimmten Achsfolge einer 2-, 4- oder 6-achsigen Rangierabteilung eingesetzt werden.

Der so berechnete Wert für das maximal verfügbare Bremsvermögen  $h_{br}$  gegenüber einer durch ihre mittlere Achsmasse  $g_m$  gekennzeichneten Rangierabteilung wird schließlich noch um den Einfluß der am aktuellen Ablauf wirkenden Streckenkräfte korrigiert, die in einem Wert für den Laufwiderstand  $w_{abl}$  zusammengefaßt und beispielsweise in der Dimension ‰ eingesetzt werden.

$$h_{br} = h_{br} + ((l_b + l_{abl}) \cdot w_{abl} \cdot 10^{-3}) \quad 4)$$

Hierbei bedeuten weiterhin  $l_b$  wirksame Bremslänge

$l_{abl}$  Länge des Ablaufs

Als nächster Verfahrensschritt erfolgt die Berechnung des tatsächlichen Überschußanteils an kinetischer Energie der Rangierabteilung  $dh_{abl}$  gegenüber der Sollauslaufgeschwindigkeit  $v_{soll}$ . Dazu wird zunächst der um den Anteil an rotierender Masse verminderte Betrag der Erdbeschleunigung  $g_{red}$  ermittelt.

$$5) \quad g_{red} = \frac{g_{abl} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}{g_{abl} + (n_{achs} \cdot 0,45)}$$

Hierbei bedeuten  $g_{abl}$  Gesamtgewicht des Ablaufes

$n_{achs}$  Anzahl der Achsen des Ablaufes

Damit ergibt sich für die Überschußenergie  $dh_{abl}$ , wiederum ausgedrückt als Energiehöhe:

$$6) \quad dh_{abl} = \frac{v_i^2 - v_{soll}^2}{2 \cdot g_{red}}$$

An dieser Stelle wird das erste Entscheidungskriterium gesetzt, d. h., entweder wird für die Überschußenergie  $dh_{abl}$  der Rangierabteilung ein Wert ermittelt, der sich im Grenzbereich des verfügbaren Bremsvermögens  $h_{br}$  befindet oder diesen in bestimmten Ausnahmesituationen gar überschreitet, so daß der Bremsvorgang umgehend begonnen und als Initial-Bremskraft die anfangs bestimmte Bremskraftstufe  $bks_m$  eingestellt wird, oder es erfolgt ausgehend von den energetischen Gegebenheiten der Rangierabteilung und bezogen auf den ausnutzbaren Gesamtbremsweg die Berechnung

einer passenden Anfangsbremskraft  $f_0$ .

$$7) \quad f_0 = g_{abl} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot \left( \frac{v_i^2 - v_{soll}^2}{2 \cdot g_{red} \cdot l_b \cdot n_{achs}} + (w_{abl} \cdot 10^{-3}) \right)$$

Diese Anfangsbremskraft  $f_0$  wird einer Normierung unterzogen, in deren Ergebnis eine Bremskraftstufe  $bks$  zuzuordnen ist, beispielsweise durch den Vergleich mit einer Normierungstabelle.

Die nach erfolgter Normierung gewonnene Bremskraftstufe  $bks$  wird erneut in den Berechnungsvorgang eingesetzt um so diejenige Bremswiderstandshöhe  $h_{br}$  zu berechnen, die sich aus der Verwendung ebendieser Bremskraftstufe  $bks$  ergibt.

$$g_{end} = 3,5 \cdot m_{odf}^{bks} \quad 9)$$

$$3) \quad h_{br} = \left| \frac{h_{brend2}}{h_{brend4}} \cdot \frac{g_{end}}{g_m} \right|$$

Der berechnete Wert der Bremswiderstandshöhe  $h_{br}$  wird wiederum um den Anteil der an der Rangierabteilung außerdem wirkenden Streckenkräfte korrigiert.

Daran anschließend wird der Wert der so ermittelten Bremswiderstandshöhe  $h_{br}$  nochmals mit der bereits berechneten Überschussenergie  $dh_{abl}$  der Rangierabteilung verglichen, und es ergibt sich erneut ein Entscheidungskriterium.

Das bedeutet, entweder der Wert der Bremswiderstandshöhe  $h_{br}$  entspricht dem Wert der Überschussenergie  $dh_{abl}$  der Rangierabteilung, so daß die zugehörige Bremskraftstufe  $bks$  als Steuerbefehl an die Gleisbremse ausgegeben wird, oder das Bremsvermögen  $h_{br}$  auf der Basis der errechneten und normierten Bremskraftstufe  $bks$  wird als zu groß erkannt, so daß ein durchgehendes Bremsen mit dieser  $bks$  nicht möglich ist. Die ermittelte Bremswiderstandshöhe  $h_{br}$  liegt in diesem Falle um einen Mindestbetrag über der Überschussenergie  $dh_{abl}$  der Rangierabteilung. Die ermittelte Bremskraftstufe  $bks$  wird um eine Stufe reduziert und die sich hierauf ergebende Bremswiderstandshöhe  $h_{br}$  ein weiteres Mal berechnet. Daraufhin erfolgt wieder der Vergleich mit der Überschussenergie  $dh_{abl}$ . Gegebenenfalls kann eine Bremskraftstufe  $bks$  solange dekrementiert werden, bis Überschussenergie  $dh_{abl}$  der Rangierabteilung und Bremswiderstandshöhe  $h_{br}$  in einem geeigneten Verhältnis zueinander stehen. Die zugehörige Bremskraftstufe  $bks$  wird dann als Initialbremskraftstufe an die Gleisbremse ausgegeben, und der Bremsvorgang beginnt unmittelbar mit dem Einlauf der ersten Achse in die Gleisbremse.

Insbesondere bei längeren und/oder leichten bis mittelschweren Abläufen tritt jedoch häufig der Fall ein, daß selbst mit der niedrigsten an einer Gleisbremse einzustellenden Bremskraftstufe  $bks$  ein so großer Mehrbetrag der Bremswiderstandshöhe  $h_{br}$  gegenüber dem Überschussenergieanteil  $dh_{abl}$  der Rangierabteilung wirksam wird, daß, sollte mit der ersten Achse beginnend gebremst werden, ein unverhältnismäßig frühzeitiges Erreichen der Lösegeschwindigkeit wahrscheinlich ist. Wenn im Ergebnis der bis dahin durchlaufenen Verfahrensschritte eine solche Konstellation erkannt wird, und wenn ferner spezielle Randbedingungen, z. B. eine genügend freie Gleislänge hinter einer Richtungsgleisbremse u. ä., erfüllt sind, dann wird der Gleisbremse umgehend ein Lösebefehl erteilt noch bevor die erste Achse der Rangierabteilung diese Gleisbremse erreicht hat.

Von diesem Moment an verfolgt die Steuerung den weiteren Verlauf der Energiebilanz zwischen der Rangierabteilung einerseits und der Gleisbremse andererseits, um den richtigen Zeitpunkt des Bremsbeginns bestimmen zu können.

Innere, steuerungsbedingte, und äußere, rangierabteilungsabhängige Einflüsse, die Veränderungen der Energiebilanz verursachen, werden bei diesem Verfahrensschritt berücksichtigt.

Bei jedem der folgenden Abfragezyklen wird durch die Steuerung kontinuierlich die Überschußenergie  $dh_{abl}$  der Rangierabteilung berechnet und auch wieder die verfügbare Bremswiderstandshöhe  $h_{br}$  geprüft. Bei der fortwährenden Berechnung der jeweils zuzuordnenden Anfangsbremskraft  $f_0$  ist eine mögliche Anzahl zwischenzeitlich ausgelaufener Achsen  $n_{aus}$  zu berücksichtigen.

$$8) \quad f_0 = g_{abl} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot \left( \frac{v_i^2 - v_{soll}^2}{2 \cdot g_{red} \cdot l_b \cdot (n_{achs} - n_{aus})} + (w_{abl} \cdot 10^{-3}) \right)$$

Verfahrensgemäß wird der Zustand des verzögerten Bremsens regelmäßig in Form des LöSENS aus der kleinsten Bremskraftstufe bks heraus eingenommen. Es ist daher zweckmäßig, die weiteren energetischen Berechnungen nunmehr auf den Beginn mit ebendieser Bremskraftstufe bks zu orientieren.

Eine erneute Berechnung der Anfangsbremskraft kann dann unterbleiben. Stattdessen wird der Normativwert eingetragen, der beim Vergleich mit der Normierungstabelle die Zuweisung der kleinsten Bremskraftstufe bks auslöst. Diese Bremskraftstufe bks wird dann zur fortlaufenden Berechnung der nutzbaren Bremswiderstandshöhe  $h_{br}$  unter Berücksichtigung des Auslaufes von Achsen einer Rangierabteilung aus der Gleisbremse und/oder von Abweichungen in der Achsfolge der Rangierabteilung genutzt.

$$g_{end} = 3,5 \cdot m \cdot od^{bks} \text{ mit } bks = 1 \quad 9)$$

$$10) \quad h_{br} = \left| \begin{matrix} h_{brend2} \\ h_{brend4} \\ h_{brend6} \end{matrix} \right| \cdot \frac{g_{end}}{g_m} \cdot \frac{(n_{achs} - n_{aus}) \cdot g_m}{g_{abl}}$$

$$11) \quad h_{br} = \left| \begin{matrix} h_{brend2} \\ h_{brend4} \\ h_{brend6} \end{matrix} \right| \cdot \frac{g_{end} \cdot (n_{achs} - n_{aus})}{g_{abl}}$$

An besonders energiearmen Rangierabteilungen, deren letzte Achsen die Gleisbremse mit einer Verzögerung gegenüber normal laufenden Rangierabteilungen befahren, sind unter Umständen zusätzlich der Laufweg  $s_{achs,n}$  spätestens der letzten Achse bei 2-achsigen oder der vorletzten bei 4-achsigen oder der drittletzten Achse bei 6-achsigen Rangierabteilungen innerhalb der Gleisbremse sowie die Verzögerungszeit  $T_v$ , die diese Gleisbremse braucht, um von der Löse- in die Bremsstellung zu gelangen, mit zu berücksichtigen.

Die Berechnungsgleichung der Bremswiderstandshöhe  $h_{br}$  erhält daher eine modifizierte Form

$$12) \quad h_{br} = \left| \frac{h_{brend 2}}{h_{brend 4}} \cdot \frac{g_{end} \cdot (n_{achs} - n_{aus})}{g_{abl}} \cdot \frac{l_b - s_{achs} - (v_i \cdot T_v)}{l_b} \right| \cdot 0,5$$

Eine regelmäßige Korrektur des berechneten Wertes für die Bremswiderstandshöhe  $h_{br}$  um den Anteil von Streckenkraften erfolgt wiederum.

Der auf diese Weise in jedem Abfragezyklus des Steuerrechners neu ermittelte Wert für die Bremswiderstandshöhe  $h_{br}$  wird regelmäßig mit dem berechneten Wert für die Überschubenergie  $dh_{abl}$  verglichen. Das Entscheidungskriterium zur Fortsetzung des "verzögerten" Bremsens bleibt letztlich solange bestehen, wie die Bremswiderstandshöhe  $h_{br}$  um einen Mindestbetrag größer ist als die Überschubenergiehöhe  $dh_{abl}$  der Rangierabteilung. Ist dies nicht mehr der Fall, beginnt der Bremsvorgang unmittelbar mit dem Schließbefehl an die Gleisbremse und der Ausgabe der Initial-Bremskraftstufe bks.

Wenn der Bremsvorgang beginnt, d. h., gleichgültig ob beim Einlauf mit der ersten Achse oder bei verzögertem Bremsen nach Einlauf in die gelöste Gleisbremse, bleibt die ermittelte Initial-Bremskraftstufe bks mindestens so lange bestehen, wie die Gleisbremse aufgrund ihrer Beschaffenheit an Zeit benötigt, um die zugehörige Bremskraft an die Rangierabteilung zu übermitteln.

Diese Zeiten können allerdings unterschiedlich bemessen sein, da im Falle des verzögerten Bremsens die Verzögerungszeit  $T_v$  für den Übergang in die Bremsstellung hinzukommt.

Während dieser Zeit ist die Steuerung bereits hinsichtlich ihres gesamten Funktionsumfanges aktiv (Vorhaltberechnung usw.), mit einer Ausnahme, daß erst nach Ablauf der Verzögerungszeit  $T_v$  ein Regelalgorithmus gestartet wird, der von da an die weitere Ausgabe von Bremskraftstufen bks steuert, indem sich der Ist-Geschwindigkeitsverlauf an den Soll-Geschwindigkeitsverlauf über einen entsprechend vorgegebenen Laufweg, beginnend mit der Ist-Geschwindigkeit beim Bremsbeginn und endend mit der vorgegebenen Auslaufgeschwindigkeit beim Austritt der letzten Achse einer Rangierabteilung aus der Gleisbremse, angleicht.

Der Soll-Geschwindigkeitsverlauf über einen entsprechend vorgegebenen Laufweg als Führungsgröße für den Regler wird gebildet, indem ein Kurvenverlauf, beginnend mit der Einlaufgeschwindigkeit der Rangierabteilung und zunächst endend auf dem Niveau der Sollauslaufgeschwindigkeit beim Austritt der zweiten Achse aus der Gleisbremse, mit jeder in die Gleisbremse einlaufenden weiteren Achse um den Betrag des Achsabstandes zur vorauslaufenden Achse hinter das bisherige Bremslängenende in der Weise neu ausgerichtet wird, als ob diese die letzte Achse der Rangierabteilung wäre, so daß ein leicht gekrümmter Verlauf des Rampensollwertes entsteht. Dadurch ist es möglich, insbesondere auch solchen Rangierabteilungen jederzeit reale Geschwindigkeits-Sollwerte vorzugeben, die aufgrund ihrer größeren Länge gegenüber einer der Gleisbremse vorgelagerten Meßstrecke erst zu einem entsprechend späteren Zeitpunkt vollständig bemessen sind.

Alle für die Ausgabe an die Gleisbremse vorgesehenen Bremskraftstufen bks, gleichgültig, ob diese im Ergebnis der energetischen Betrachtung oder im Verlauf der Regelung ermittelt werden, sind in Abhängigkeit von der Masse der jeweils zunächst in die Gleisbremse einlaufende Achse nach oben hin auf einen Wert begrenzt, bis zu dem das Aufklettern von Achsen unwahrscheinlich ist. Folgen innerhalb einer Rangierabteilung wesentlich schwerere Achsen auf leichtere, so wird eine bis dahin gültige Begrenzung der Bremskraftstufen solange beibehalten, wie sich noch leichte Achsen in der Gleisbremse befinden.

Hierzu wird die Masse jeder einlaufenden Achse mit der davor laufenden Achse verglichen. Sobald die Differenz ein bestimmtes Maß überschreitet, wird sofort die Anzahl der sich noch in der Bremse befindlichen Achsen bestimmt und das Gewicht der vorausgelaufenen Achse noch solange zur Bemessung einer maximal zulässigen Bremskraftstufe bks weiterbenutzt, bis die ermittelte Anzahl von Achsen über den Bremsenauslauf gezählt wurde.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern von Gleisbremsen einer Rangieranlage, insbesondere mit einem Ablaufberg sowie Tal- und Richtungsgleisbremsen, um Rangierabteilungen von einer Einlaufgeschwindigkeit auf eine vorgegebene Sollauslaufgeschwindigkeit abzubremsen, wobei mittels einer Regeleinrichtung Bremskraftstufen an eine Gleisbremse ausgegeben und diese solcherart variiert werden, daß die Sollauslaufgeschwindigkeit der Rangierabteilung dann erreicht wird, wenn diese mit der letzten Achse aus der Gleisbremse austritt, dadurch gekennzeichnet, daß eine bezüglich eines abzubauenen Differenzenergiebetrages einer Rangierabteilung ermittelte Bremskraftstufe nicht



unmittelbar an die Gleisbremse ausgegeben wird, sondern noch vor dem Einlauf der ersten Achse der Rangierabteilung in die Gleisbremse zunächst in einen Rechenvorgang einfließt, in dem dieser Differenzenergiebetrag in ein Verhältnis gesetzt wird zu einer mit dieser Bremskraftstufe vorberechneten Bremsarbeit der Gleisbremse bei einer vorbestimmten mittleren Achsmasse und einer vorbestimmten mittleren Achsfolge der Rangierabteilung, und daß der Bremsvorgang nur dann mit einer Ausgabe dieser Bremskraftstufe als Initial-Bremskraftstufe für die Gleisbremse beginnt, wenn die berechnete Bremsarbeit dem Differenzenergiebetrag entspricht, daß die ermittelte Bremskraftstufe dann nach unten oder oben hin korrigiert wird, wenn die berechneten Werte in ungünstigem Verhältnis zueinander stehen, wobei mit einer neu festgelegten Bremskraftstufe sodann wiederum die damit erzielte Bremsarbeit der Gleisbremse ausgehend von der Achsmasse und Achsfolge der Rangierabteilung berechnet wird, und der Bremsvorgang gegebenenfalls mit dieser Bremskraftstufe als Initial-Bremskraftstufe beginnt, und daß die Gleisbremse dagegen noch vor dem Einlauf der ersten Achse in einen Lösezustand versetzt wird, wenn selbst mit der kleinsten einzustellenden Bremskraftstufe eine Bremsarbeit vorbestimmt wird, die den Differenzenergiebetrag um ein Mindestmaß überschreitet, und daß während der anschließenden Lösedauer der Gleisbremse fortlaufend das Verhältnis des momentanen Differenzenergiebetrages der Rangierabteilung zum infolge des fortschreitenden Ein- und Auslaufes von Achsen sich beständig verringernden Bremsarbeitsvermögen der Gleisbremse berechnet wird, und daß der Bremsvorgang mit einer dabei zugrundegelegten Initial-Bremskraftstufe beginnt, sobald beide Werte miteinander komparabel sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die an die Gleisbremse ausgegebene Initial-Bremskraftstufe mindestens solange erhalten bleibt, bis eine zugehörige Bremskraft an die Rangierabteilung übermittelt ist, und erst danach ein Regelalgorithmus gestartet wird, der von da an die weitere Ausgabe von Bremskraftstufen an die Gleisbremse so steuert, daß der Verlauf der Ist-Geschwindigkeit der Rangierabteilung an den Verlauf einer Soll-Geschwindigkeit herangeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Moment des Einlaufs einer zweiten Achse der Rangierabteilung in die Gleisbremse und bei jeder weiteren nachfolgenden Achse derselben Rangierabteilung ein Soll-Geschwindigkeitsverlauf über einen vorgegebenen Laufweg in der Weise um den Betrag des Achsabstandes zur vorauslaufenden Achse der Rangierabteilung hinter das bisherige Bremslängenende neu ausgerichtet wird, als ob jede dieser einlaufenden Achsen die letzte Achse der Rangierabteilung wäre.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß insbesondere bei der Ansteuerung von Balkengleisbremsen alle an die Gleisbremse auszugebenden Bremskraftstufen in Abhängigkeit von der Masse der in die Gleisbremse einlaufenden Achsen einer Rangierabteilung auf einen Wert nach oben hin begrenzt werden, bis zu dem ein Aufklettern von Achsen unwahrscheinlich ist, wobei bei einer Folge von schwereren nach leichteren Achsmassen die für die leichteren Achsen gültige Begrenzung solange erhalten bleibt, wie sich noch Achsen mit der geringeren Masse in der Gleisbremse befinden.



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 10 9164

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	DE-A-16 05 368 (SIEMENS AG) 14. Januar 1971 * Ansprüche 1-4; Abbildungen 1-3 *	1	B61K7/12
A	US-A-3 844 514 (DIPAOLA J ET AL) 29. Oktober 1974 * Ansprüche 1-6; Abbildungen 1-4 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B61K B61L B61J B61B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchemort		Abschlußdatum der Recherche	
DEN HAAG		25. September 1995	
		Prüfer	
		Chlosta, P	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer andern Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)