



(11) **EP 4 328 112 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.02.2024 Patentblatt 2024/09

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61L 17/00 (2006.01) B61J 3/02 (2006.01)
B61L 25/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22192395.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61L 17/00; B61J 3/02; B61L 25/021

(22) Anmeldetag: **26.08.2022**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Kuehs, Peter**
38102 Braunschweig (DE)
• **Flohr, Oliver**
30880 Laatzen (DE)
• **Portl, Lars**
38304 Wolfenbüttel (DE)

(71) Anmelder: **Siemens Mobility GmbH**
81739 München (DE)

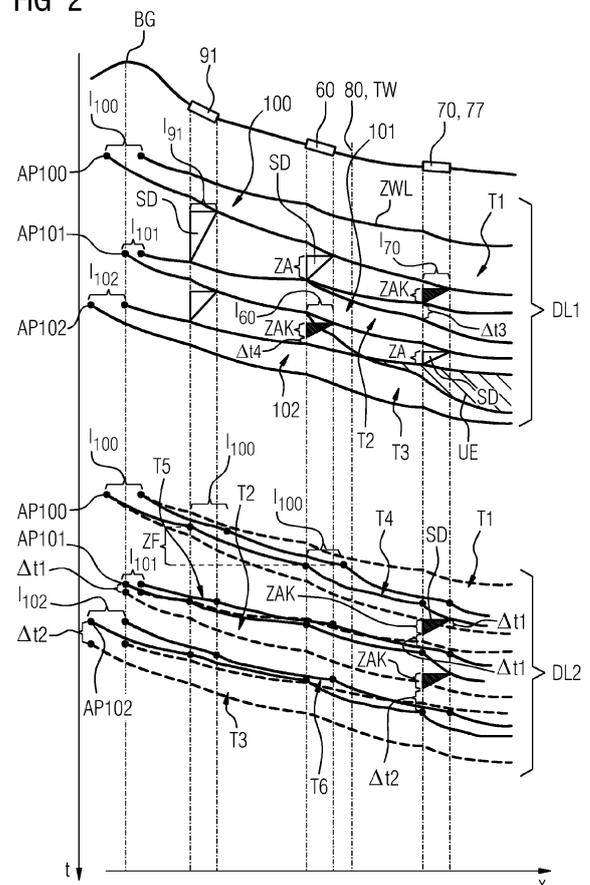
(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER RANGIERTECHNISCHEN ABLAUFANLAGE SOWIE STEUEREINRICHTUNG FÜR EINE RANGIERTECHNISCHE ABLAUFANLAGE**

(57) Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zum rechnergestützten Simulieren und/oder Durchführen des Ablaufens einer Vielzahl von Abläufen (100 ... 102) in einer rangiertechnischen Ablaufanlage (10), bei dem simuliert wird, dass die Abläufe abgedrückt werden und auf einem Weg durch die Ablaufanlage (10) mindestens eine Gleisbremse durchlaufen. Das Ablaufens der Vielzahl von Abläufen (100 ... 102) wird rechnergestützt simuliert, wobei ein Konfidenzintervall für die vor dem Abdrücken noch unbekanntem Werte für die Ablaufeigenschaften angenommen wird. Für jeden Ablauf wird beginnend mit der letzten Gleisbremse im Laufweg im Zuge einer Rückwärtsverkettung die minimale und maximale Einlaufgeschwindigkeit in alle zuvor liegenden Bremsen ermittelt. Anhand des so für jeden Ablauf (100 ... 102) bestimmten Bereiches der Einlaufgeschwindigkeit in die Folgebremsen (70 ... 77) wird für jeden Ablauf (100 ... 102) der sowohl für einen maximal zu erwartenden Laufwiderstand als auch für einen minimal zu erwartenden Laufwiderstand des Ablaufes ansteuerbare Bereich der Laufzeit von der Gleisbremse (60, 61) bis zur Folgebremse bestimmt, woraus folgt, dass diese Laufzeit für alle im Konfidenzintervall liegenden Ablaufeigenschaften ansteuerbar ist. Das Optimierungsproblem besteht somit aus (Anzahl der zu optimierenden Abläufe mal Anzahl der im Sinne des Verfahrens steuerbaren Bremsen) unabhängigen Lösungsmengen. Aus diesen kann mit altruistischen Methoden oder auch per Optimierungsverfahren wie zum Beispiel Nelder-Mead für jeden zu optimierenden Ablauf und jede im Sinne des Verfahrens steuerbare Gleisbremse eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit werden. Ferner umfasst die Erfindung eine rangiertechnische Ablaufanlage, ein Computerprogramm-

produkt sowie ein computerlesbares Speichermedium.

FIG 2



EP 4 328 112 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum rechnergestützten Simulieren des Ablaufens einer Vielzahl von Abläufen in einer rangiertechnischen Ablaufanlage. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Steuern des Ablaufens einer Vielzahl von Abläufen in einer rangiertechnischen Ablaufanlage. Weiterhin betrifft die Erfindung eine rangiertechnische Ablaufanlage. Zuletzt betrifft die Erfindung ein Computerprogrammprodukt sowie ein computerlesbares Speichermedium.

[0002] In rangiertechnischen Ablaufanlagen werden Wagen oder Wagengruppen, die auch als Abläufe bezeichnet werden, unter Nutzung der auf die Abläufe wirkenden Schwerkraft aus einem Berggleis in unterschiedliche Richtungsgleise sortiert. Im Sinne der Effizienz und Zuverlässigkeit erfolgt hierbei üblicherweise eine weitgehende Automatisierung des Betriebs der Ablaufanlage. Dabei erfolgt eine automatische Geschwindigkeitsbeeinflussung der Abläufe von Bremsstaffel (bestehend aus bergseitigen Bremsen) zu Bremsstaffel (bestehend aus talseitigen Bremsen). Hierdurch wird sichergestellt, dass durch die am Anfang des jeweiligen Richtungsgleises angeordnete Richtungsgleisbremse (welche als Beispiel für die talseitige Bremse dienen kann) unter allen in der Praxis üblicherweise auftretenden Umständen ein ausreichendes Abbremsen der Abläufe möglich ist.

[0003] Bei der Steuerung der Bremsstaffeln können Ergebnisse einer Messung der Ablaufeigenschaften eines betreffenden Ablaufes einfließen, die zu einem möglichst frühen Zeitpunkt des Ablaufvorganges durch eine Messstation erstellt werden. Da diese Messergebnisse im Allgemeinen erst zur Verfügung stehen, wenn der nachfolgende Ablauf den Abdrückpunkt bereits erreicht oder schon verlassen hat, ist eine Steigerung der Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage durch die verbesserten Messdaten kaum möglich. Ein Verfahren zur effektiven Steigerung der Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage muss die Optimierung daher bereits vor Beginn des Abdrückvorganges durchgeführt haben.

[0004] Nach dem Stand der Technik werden beim Abdrücken von Abläufen über einen Ablaufberg die theoretisch möglichen Ablaufleistungen nicht ausgeschöpft. Das derzeit beste Verfahren beruht darauf, dass zugunsten der Homogenisierung der Ablaufvorgänge alle Abläufe auf das Laufverhalten des vergleichbar langsamsten Ablaufs reduziert werden, um Kollisionen zuverlässig zu vermeiden.

[0005] Ziel des Abdrückens in einer Ablaufanlage ist es nämlich, alle Abläufe unter Einwirkung der Schwerkraft möglichst risiko- und stoßfrei vom Berg in die vorher ausgewählten Zielgleise laufen zu lassen. Basis dafür sind automatisch steuerbare Weichen und Bremsen, in Anlagen mit höherer Leistung werden diese ergänzt durch geschwindigkeitsgesteuerte Abdrücklokomotiven. Die Aufgabe der im Laufweg liegenden Bremsen ist es, die ablaufeigenen Besonderheiten bzgl. des Laufs durch die Verteilzone zu kompensieren, sodass der Abdrückvorgang infolge der Gleichmäßigkeit des Laufs aller Abläufe durch die Verteilzone bis in die Richtungsgleise beherrschbar bleibt.

[0006] Prinzipbedingt stehen zwecks einer Abdrückoptimierung für die Simulation vor Beginn des Abdrückens keine wahren Laufwiderstände der Abläufe zur Verfügung, da diese nur ermittelt werden können, während der Ablauf bereits abläuft. Aus den bekannten Ablaufdaten wie Gesamtgewicht und Anzahl der Achsen kann zumindest eine Abschätzung des zu erwartenden Bereichs dieser Größe durchgeführt werden (Konfidenzintervall/Erwartungsbereich). Bei Verwendung der für den Laufwiderstand schlechtesten Werte wird der Ablauf als Schlechtläufer bezeichnet, bei Verwendung der Werte für den geringsten Laufwiderstand als Gutläufer. Daher wird, um den Einfluss dieser nur unzureichend bekannten Größe in den Zeit-Weg-Linien (ZWL) zu berücksichtigen, die belegende Achse mit dem geringsten der Laufwiderstände des erwarteten Bereichs durchgeführt (Gutläufer) und der Fortschritt der räumlichen Achse mit dem Maximum des erwarteten Laufwiderstands simuliert (Schlechtläufer). Auf diese Weise verbreitert sich die Fläche zwischen den beiden Zeit-Weg-Linien des Ablaufs entlang des Laufwegs, diese Form wird daher im Folgenden auch ZWL-Trompete genannt. Für eine näherungsweise Berechnung sollen nachfolgend beispielhaft zwei bekannte Verfahren erläutert werden.

[0007] Das eine Verfahren soll im Folgenden FDeltaV-Verfahren genannt werden. Hier werden alle Abläufe sowohl in der Simulation als auch bei der späteren Steuerung so aus der Gleisbremse entlassen, dass sie zur gleichen Zeit wie ein vergleichbarer Schlechtläufer den nächsten Zielpunkt (meist Gleisbremse) erreichen. Zwar wird dabei die ZWL-Trompete am Zielpunkt nicht breiter, jedoch muss einerseits ein Gutläufer entsprechend abgebremst werden und beschreibt somit eine unnötig steil abfallende ZWL innerhalb der ZWL-Trompete im Laufweg zum Zielort, andererseits wird infolge der statischen Eigenschaften des Verfahrens das Optimierungspotential des realen Gutläufers mangels verlässlicher Daten noch nicht ausgenutzt.

[0008] Das andere Verfahren soll im Folgenden VRZ-Verfahren genannt werden. Hier wird in der Simulation auf eine vorgegebene jeweilige Einlaufgeschwindigkeit am Zielort und in die Gleisbremsen gezielt. Die beiden zuvor genannten Verfahren haben gemeinsam, dass die Bremsenauslaufgeschwindigkeiten durch feste statische Kriterien festgelegt und gesteuert werden, die in keiner Weise auf die Gesamtheit der Abläufe und ihre ablaufdynamischen Wechselwirkungen Bezug nehmen. Einzig verbleibende Optimierung zur Steigerung der Leistungsfähigkeit besteht daher in der Anpassung der Lokgeschwindigkeit, die dafür sorgt, dass die starren ZWL so nahe wie erlaubt aneinander liegen.

[0009] Eine Verbesserung wird gemäß DE 10 2011 079 501 A1 erreicht, indem die Einlaufgeschwindigkeiten in den verschiedenen Bremsenstaffeln einer Ablaufanlage nicht aufgrund der Projektierung fest sind, sondern anhand der

Ablaufdaten der Abläufe und des Bremsvermögens der Gleisbremse dynamisch bestimmt werden. Dies ermöglicht es, für jeden Ablauf in jeder Gleisbremse den ablaufdynamisch erlaubten Bereich der Auslaufgeschwindigkeiten zu bestimmen, der sicher stellt, dass die Auslaufgeschwindigkeit aus der letzten Gleisbremse in das Richtungsgleis unbedingt eingehalten werden kann.

[0010] Generell werden alle diese Verfahren abgeschlossen durch eine anschließende Anpassung der Abdrückgeschwindigkeit, wie dies zum Beispiel gemäß Achim Gottschalk, "operative Simulation - Leistungssteigerung automatisierter Ablaufanlagen", Signal und Draht (93), 6/2001 beschrieben ist. Dabei wird für einen ersten Ablauf eine Start-Abdrückgeschwindigkeit angenommen. Sodann wird sukzessive für jeden weiteren Ablauf anfänglich die Abdrückgeschwindigkeit auf die Geschwindigkeit seines Vorläufers gesetzt und geprüft, ob dieser Ablauf mit dieser Abdrückgeschwindigkeit abgedrückt werden kann:

- Besteht für diesen Ablauf bei dieser Geschwindigkeit noch Zeitreserve, d.h. an keiner Stelle im Laufweg kommen sich die ZWL des aktuellen Ablaufs und einer seiner Vorläufer näher als die vorgegebenen Mindestabstände für Zeit und Raum, so wird, sofern dies für die Lok möglich ist, die Abdrückgeschwindigkeit für den aktuellen Ablauf angehoben und der gleiche Prüfvorgang wiederholt.
- Besteht dagegen beim Abdrücken mit der gleichen Geschwindigkeit Zeitmangel, d.h. der aktuell zu prüfende Ablauf und einer seiner Vorläufer kommen sich entlang des Laufwegs an zumindest einer Stelle zeitlich oder räumlich näher als erlaubt, so wird die Abdrückgeschwindigkeit des aktuellen Ablaufs abgesenkt und der Mindestabstand erneut geprüft.
- Kommt es im Zuge der Absenkungen zu einer Konstellation, in der Zeitmangel herrscht, es der Lok aber nicht mehr möglich ist, die Abdrückgeschwindigkeit zwischen den Abläufen ausreichend abzusenken, so muss die Abdrückgeschwindigkeit des Vorläufers abgesenkt werden und der Prüfvorgang - unter Deckelung dieser Abdrückgeschwindigkeit - für diesen Vorläufer neu starten.
- Ist kein weiteres Anheben der Abdrückgeschwindigkeit mehr möglich bzw. sind alle auftretenden Zeitmängel behoben worden, wird der gleiche Vorgang für den nächsten Ablauf wiederholt.
- Für jeden der Abläufe können dabei eigene Grenzen für die erlaubte Abdrückgeschwindigkeit vorliegen, als Beispiel sei dafür z.B. eine durch das notwendige Anhalten der Lok vor dem Berg begrenzte Abdrückgeschwindigkeit des letzten Ablaufs genannt.

[0011] Hat man diese Iterationen bis zum letzten Ablauf erfolgreich durchgeführt, hat man eine Lösung gefunden, die unter der Randbedingung der aktuell gewählten Bremsenauslaufgeschwindigkeiten der Abläufe an ein mögliches Optimum für die Minimierung der Abdrückdauer angenähert ist.

[0012] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein verbessertes Verfahren zum Steuern bzw. Simulieren des Ablaufens einer Vielzahl von Abläufen in einer Ablaufanlage sowie eine Weiterentwicklung der Software zur Durchführung eines solchen Verfahrens anzugeben, die gewährleistet, dass die a priori mangels genauerer Informationen zum Laufwiderstand getroffenen Entscheidungen über Bremsenauslaufgeschwindigkeiten und die daraus resultierende Anpassung der Abdrückgeschwindigkeit einerseits eine gegenüber dem Stand der Technik erhöhte Abdrückgeschwindigkeit ermöglichen und andererseits zugleich stabil sind gegenüber dem im anschließenden Abdrückbetrieb auftretenden realen Laufverhalten der Abläufe. Außerdem besteht die Aufgabe der Erfindung darin, ein Computerprogrammprodukt sowie eine Bereitstellungsvorrichtung für dieses Computerprogrammprodukt anzugeben, mit dem das vorgenannte Verfahren durchgeführt werden kann.

[0013] Diese Aufgabe wird mit dem eingangs angegebenen Anspruchsgegenstand (sowohl dem Verfahren zum Simulieren als auch dem Verfahren zum Steuern) erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Problem der gleichzeitigen Optimierung aller Bremsenauslaufgeschwindigkeiten in die Lösung endlich vieler lokaler Lösungen aufgeteilt und damit sowohl daten- als auch prozesstechnisch beherrschbar wird. Dabei werden bei der Simulation die Schritte durchlaufen, dass für jeden Ablauf und für jede Gleisbremse

a. für die talseitige Gleisbremse (70 ... 77) ausgehend von einer vorgegebenen Zielgeschwindigkeit für einen vorgegebenen Ort an oder hinter dem Ende der talseitigen Gleisbremse unter Berücksichtigung eines minimal zu erwartenden Laufwiderstands des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) und des maximalen zu erreichenden Bremsvermögens der talseitigen Gleisbremse eine maximal zulässige Einlaufgeschwindigkeit des Ablaufs in die talseitige Gleisbremse berechnet wird,

b. für die talseitige Gleisbremse (70 ... 77) ausgehend von der vorgegebenen Zielgeschwindigkeit für den Ort an oder hinter dem Ende der talseitigen Gleisbremse unter Berücksichtigung eines maximal zu erwartenden Laufwiderstands des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) und eines nicht zu unterschreitenden minimalen Bremsvermögens der talseitigen Gleisbremse eine minimal zulässige Einlaufgeschwindigkeit des Ablaufs in die talseitige Gleisbremse berechnet wird,

c. für die bergseitige Gleisbremse (60 ... 61) ausgehend von der maximal zulässigen Einlaufgeschwindigkeit in die

talseitige Gleisbremse als Zielgeschwindigkeit unter Berücksichtigung eines minimal zu erwartenden Laufwiderstands des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) und des maximalen zu erreichenden Bremsvermögens der bergseitigen Gleisbremse eine maximal zulässige Einlaufgeschwindigkeit des Ablaufs in die bergseitige Gleisbremse berechnet wird,

5 d. für die bergseitige Gleisbremse (60 ... 61) ausgehend von der minimal zulässigen Einlaufgeschwindigkeit in die talseitige Gleisbremse als Zielgeschwindigkeit unter Berücksichtigung eines maximal zu erwartenden Laufwiderstands des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) und eines nicht zu unterschreitenden minimalen Bremsvermögens der bergseitigen Gleisbremse eine minimal zulässige Einlaufgeschwindigkeit des Ablaufs in die bergseitige Gleisbremse berechnet wird,

10 e. aus einem durch die jeweilige maximal zulässige Einlaufgeschwindigkeit und die jeweilige minimal zulässige Einlaufgeschwindigkeit vorgegebenen jeweiligen Geschwindigkeitsintervall eine Einlaufgeschwindigkeit für den betreffenden Ablauf und die betreffende Gleisbremse derart ausgewählt wird sowie jeweils eine zugehörige Abdrückgeschwindigkeit für den betreffenden Ablauf berechnet wird, damit eine Abdrückdauer des Zuges minimiert wird.

15 **[0014]** In den meisten Fällen wird eine Optimierung der Abdrückdauer dadurch erreicht werden, dass die Abdrückgeschwindigkeit für einen betreffenden Ablauf erhöht wird. Im Rahmen der Simulation kann durch die ganzheitliche Betrachtung des Abdrückvorganges aber auch eine Verringerung der Abdrückgeschwindigkeit für einen bestimmten Ablauf zu einer Verkürzung der Abdrückdauer führen, wenn hierdurch für nachfolgende Abläufe ein größeres Potenzial geschaffen wird, die Abdrückgeschwindigkeit zu erhöhen.

20 **[0015]** Es hat sich gezeigt, dass beispielsweise bei den beiden oben genannten Verfahren FDeltaV und VRZ nur die Lokgeschwindigkeit zur Optimierung der Leistungsfähigkeit genutzt werden kann, und damit jegliches Potential aus der Anpassung der ZWL durch die Bremsen ungenutzt bleibt. Daher sind in der Regel die Abstände zum Vorläufer entlang der Zeit-Weg-Linien deutlich höher als der vorgegebene Mindestabstand. Dies passiert dadurch, dass im VRZ-Verfahren die Einlaufgeschwindigkeit vorgegeben ist, sodass die Steigung im Verlauf der ZWL von den Laufeigenschaften der Abläufe abhängt und damit uneinheitlich ist. Im FDeltaV-Verfahren sind zwar durch die einheitliche Zeitvorgabe für die der Gleisbremse folgende Strecke die ZWL annähernd parallel, durch die dem Schlechtläufer angepasste Zeitvorgabe bleibt jedoch jegliches Potential durch den möglichen schnelleren Lauf der Gutläufer ungenutzt.

25 **[0016]** Eine Analyse des Verfahrens gemäß der DE 10 2011 079 501 A1 zeigt, dass für jeden Ablauf mangels bekannten Laufwiderstandes an jeder Bremsenstaffel ein Kontinuum von möglichen Auslaufgeschwindigkeiten und damit Zeitpunkten für den Einlauf in das nächste Laufziel entsteht. An der darauffolgenden Bremsenstaffel wird jeder dieser möglichen Zeitpunkte Basis einer neuen Schar von Auslaufgeschwindigkeiten und damit Zeitdauern bis zum nächsten Laufziel. Die Vervielfachung der Lösungsmenge steigt mit Anzahl der Bremsenstaffeln und der Anzahl der Abläufe eines Zuges schnell. Diese Lösungsschar ist einerseits zu mannigfaltig, um sie in der für eine Ablaufplanung zur Verfügung stehenden Zeit mit realistisch finanzierbarer Rechenkapazität zu ermitteln, bevor die Laufeigenschaften der Abläufe während des Ablaufens durch Messung präzisiert werden, andererseits werden diese Ablaufeigenschaften während des Abdrückens auch erst nacheinander bekannt, sodass nicht garantiert ist, dass die gefundene und daraufhin angesteuerte Lösung in Form einer Abdrückgeschwindigkeit und/oder Bremsenauslaufgeschwindigkeit mit der Messung des nächsten Ablaufs immer noch konfliktfrei lösbar ist. Diese Methode allein bietet somit noch keine hinreichenden Informationen, um eine sichere Beschleunigung des Abdrückvorgangs zu garantieren.

30 **[0017]** Allein die Auswahl einer Einlaufgeschwindigkeit für das nächste Ziel sagt jedoch noch nichts über die spätere reale Laufzeit aus: fällt der Laufwiderstand innerhalb des Konfidenzintervalles niedrig aus, so unterscheidet sich die Laufzeit bei Einhaltung der vorgegebenen Einlaufgeschwindigkeit deutlich von jener mit dem innerhalb des Konfidenzintervalles höchsten Laufwiderstand. Da sich alle wahren Laufzeiten nach dieser Methode also erst während des realen Durchlaufs ergeben, müssen vorab in jedem Streckenabschnitt ausreichend Zeitreserven geschaffen werden, um unabhängig von den realen Laufwiderständen und damit realen Laufzeiten alle zeitlichen Konflikte im gesamten Abdrückvorgang a priori zu verhindern. Die alleinige Auswahl einer Einlaufgeschwindigkeit kann daher aufgrund der unabdingbar notwendigen Zeitreserven das Potential der Anpassung der Bremsengeschwindigkeiten nicht ausschöpfen.

35 **[0018]** Hier setzt die Erfindung an, indem die Möglichkeit geschaffen wird das Gesamtproblem der Simulation in kleinere, voneinander unabhängige Teilprobleme aufzuspalten. Die Aufteilung in lokale Aufgaben erfolgt durch eine Unterteilung des gesamten Laufwegs für jeden Ablauf in einzelne Abschnitte, die durch eine steuerbare Gleisbremse und den anschließenden Laufweg bis zum nächsten Zielobjekt (zum Beispiel einer talseitig gelegenen Gleisbremse oder einem Zielpunkt, im Grenzfall auch das Ende der betreffenden Gleisbremse als Zielpunkt mit der Wirkung, dass der anschließende Laufweg dann = 0 ist) begrenzt sind. Für jeden dieser Abschnitte wird anschließend ein Bereich von lokalen Lösungen bestimmt, die so geartet sind, dass sie im späteren Ablaufbetrieb alle real vorkommenden Ausprägungen des Ablaufs erfüllen. Die Gesamtoptimierung erfolgt dann durch die gegenseitige Abstimmung der lokalen Lösungen zugunsten einer möglichst kurzen Abdrückdauer des Zuges. Dabei stellen die lokalen Lösungen sowie deren anschließende Abstimmung jeweils für sich genommen in für eine Ablaufplanung hinreichend kurzer Zeit berechenbare Teilprobleme dar.

[0019] Mit anderen Worten wird mit den erfindungsgemäßen Verfahren zur Simulation bzw. Steuerung der technische Effekt erzielt, die für die Simulation erforderliche Rechenkapazität auf ein realistisches Maß zu beschränken, indem aus den theoretisch möglichen Kombinationen der (simulierten) Ablaufsteuerung diejenigen ausgewählt werden, die eine zuverlässige Optimierung der Abdrückdauer gewährleisten und innerhalb einer Bandbreite von Steuerparametern (z. B. Einlaufgeschwindigkeiten, Abdrückgeschwindigkeiten) für das Verfahren liegen, welche mögliche Korrekturen aufgrund des tatsächlichen Ablaufverhaltens der Abläufe ausschließt oder zumindest sehr unwahrscheinlich macht.

[0020] Prinzipbedingt stehen nämlich zwecks einer Abdrückoptimierung für die Simulation vor dem Abdrücken keine wahren Laufwiderstände der Abläufe zur Verfügung, da diese erst ermittelt werden können, während der Ablauf bereits abläuft. Daher müssen alle Berechnungen zu einem Ablauf mit einer gewissen Bandbreite des zu erwartenden Laufwiderstands durchgeführt werden. Dieses Konfidenzintervall kann sowohl aus den Bauartdaten der Wagen als auch aus Erfahrungswerten ermittelt werden, die es ermöglichen, dem Ablauf aus den bekannten Daten wie ungefähre Gesamtmasse, Achsanzahl und Achstyp einen minimal bzw. maximal zu erwartenden Laufwiderstand zuzuordnen. Mittels des für das Laufverhalten schlechtesten Wertes dieses Konfidenzintervalls wird das Schlechtläufer-Verhalten (SL) des Ablaufs simuliert, mittels des für das Laufverhalten besten Wertes des Konfidenzintervalls das Gutläufer-Verhalten (GL). Anhand dieser für GL und SL festgelegten Laufwiderstandswerte wird zum Beispiel nach DE 10 2011 079 501 A1 für jeden Ablauf im Verfahren der Rückwärtsverkettung in allen vom Ablauf durchlaufenen Bremsen die minimal und maximal erlaubte Einlaufgeschwindigkeit berechnet. Als Ergebnis dieser Vorberechnungen liegen sodann für jeden Ablauf zu jeder durchlaufenen Gleisbremse zwei Bremseneinlaufgeschwindigkeiten vor, jene, mit der der Gutläufer (GL) maximal einlaufen darf um mit den gewählten Bremsarbeitsvermögen der Gleisbremse und aller Folgebremse, welche das maximale oder aber auch ein reduziertes Bremsvermögen haben können, sicher mit der maximal erlaubten Geschwindigkeit am Ende seines Laufweges anzukommen und jene Bremseneinlaufgeschwindigkeit, mit denen der Schlechtläufer (SL) mindestens einlaufen muss, um unter Berücksichtigung der minimal oder auch gar nicht arbeitende Bremse und aller minimal oder auch gar nicht arbeitenden Folgebremse mit der geforderten Minimalgeschwindigkeit das Ende seines Laufweges zu erreichen.

[0021] Unter "rechnergestützt" oder "computerimplementiert" kann im Zusammenhang mit der Erfindung eine Implementierung des Verfahrens verstanden werden, bei dem mindestens ein Computer oder Prozessor mindestens einen Verfahrensschritt des Verfahrens ausführt.

[0022] Der Ausdruck "Rechner" oder "Computer" deckt alle Geräte mit Datenverarbeitungseigenschaften ab. Computer können beispielsweise Personal Computer, Server, Handheld-Computer, Mobilfunkgeräte und andere Kommunikationsgeräte, die rechnergestützt Daten verarbeiten, Prozessoren und andere elektronische Geräte zur Datenverarbeitung sein, die vorzugsweise über Schnittstellen auch zu einem Netzwerk zusammengeschlossen sein können.

[0023] Unter einem "Prozessor" kann im Zusammenhang mit der Erfindung beispielsweise ein Wandler, ein Sensor zur Erzeugung von Messsignalen oder eine elektronische Schaltung verstanden werden. Bei einem Prozessor kann es sich insbesondere um einen Hauptprozessor (engl. Central Processing Unit, CPU), einen Mikroprozessor, einen Mikrocontroller oder einen digitalen Signalprozessor, möglicherweise in Kombination mit einer Speichereinheit zum Speichern von Programmbefehlen und Daten handeln. Auch kann unter einem Prozessor ein virtualisierter Prozessor oder eine Soft-CPU verstanden werden.

[0024] Unter einer "Speichereinheit" kann im Zusammenhang mit der Erfindung beispielsweise ein computerlesbarer Speicher in Form eines Arbeitsspeichers (engl. Random-Access Memory, RAM) oder Datenspeichers (Festplatte oder Datenträger) verstanden werden.

[0025] Als "Schnittstellen" können hardwaretechnisch, beispielsweise kabelgebunden oder per Funkverbindung, und/oder softwaretechnisch, beispielsweise als Interaktion zwischen einzelnen Programmmodulen oder Programmteilen eines oder mehrerer Computerprogramme, realisiert sein.

[0026] Als "Programmmodule" sollen einzelne Funktionseinheiten verstanden werden, die einen erfindungsgemäßen Programmablauf von Verfahrensschritten ermöglichen. Diese Funktionseinheiten können in einem einzigen Computerprogramm oder in mehreren miteinander kommunizierenden Computerprogrammen verwirklicht sein. Die hierbei realisierten Schnittstellen können softwaretechnisch innerhalb eines einzigen Prozessors umgesetzt sein oder hardwaretechnisch, wenn mehrere Prozessoren zum Einsatz kommen.

[0027] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass für jeden Ablauf

a. aus der zuvor bestimmten maximal zulässigen Einlaufgeschwindigkeit für den jeweiligen Ablauf (100 ... 102) in die talseitige Gleisbremse (70 ... 77) die minimale Laufzeit für die Strecke von der bergseitigen Gleisbremse (61, 61) bis in die talseitige Gleisbremse (70 ... 77) unter Berücksichtigung des minimal zu erwartenden Laufwiderstands berechnet wird,

b. aus der zuvor bestimmten minimal zulässigen Einlaufgeschwindigkeit für den jeweiligen Ablauf (100 ... 102) in die talseitige Gleisbremse (70 ... 77) die maximale Laufzeit für die Strecke von der bergseitigen Gleisbremse (61, 61) bis in die talseitige Gleisbremse (70 ... 77) unter Berücksichtigung eines maximal zu erwartenden Laufwiderstands berechnet wird,

c. aus einem durch die jeweilige maximale Laufzeit und die jeweilige minimale Laufzeit vorgegebenen jeweiligen Lauzeitintervall eine Laufzeit für den betreffenden Ablauf und die betreffende Gleisbremse ausgewählt wird,

und dass die Minimierung der Abdrückdauer durch Vergleich und Modifikation der Laufzeiten durchgeführt wird.

[0028] Zur weiteren Bearbeitung wird das Problem mit anderen Worten vorteilhaft von der Geschwindigkeits- in eine Zeitdarstellung überführt, indem die minimale und die maximale Einlaufgeschwindigkeit in die nächste Gleisbremse oder einen anderen Zielpunkt jeweils in eine Laufzeit von der steuernden Gleisbremse bis zum Einlauf in die nächste Gleisbremse oder einen anderen Zielpunkt umgerechnet werden. Um im Zuge der späteren Optimierung eine feste Laufzeit des Ablaufs für diesen Abschnitt auswählen zu können, muss jede als Lösung wählbare Laufzeit durch die Auslaufgeschwindigkeit der steuernden Gleisbremse sowohl für den Gutläufer (GL) als auch für den Schlechtläufer (SL) ansteuerbar sein. Dies wird erreicht durch eine Betrachtung der Geschwindigkeitskurve. Um eine identische Laufzeit zu erreichen wird

- der GL langsam aus der steuernden Gleisbremse entlassen, um dann mit einer gegenüber seiner durchschnittlichen Geschwindigkeit im Abschnitt erhöhten Zielgeschwindigkeit in die Folgebremse einzulaufen.
- der SL schneller aus der steuernden Gleisbremse entlassen, um dann infolge seines schlechten Laufverhaltens mit einer gegenüber seiner durchschnittlichen Geschwindigkeit im Abschnitt langsameren Einlaufgeschwindigkeit die nächste Gleisbremse zu erreichen.

[0029] Werden diese beiden Ergebnisse mit den zuvor berechneten minimalen und maximalen Einlaufgeschwindigkeiten in die Folgebremse begrenzt, so begrenzen die minimale Laufzeit für den Gutläufer (GL) und die maximale Laufzeit für den Schlechtläufer (SL) jenes Zeitfenster, in dem die Gleisbremse später im realen Abdrücken durch Anpassung ihrer Bremsenauslaufgeschwindigkeit jede Laufzeit ansteuern kann, sofern der Laufwiderstand im Konfidenzintervall liegt.

[0030] Anhand der so durch das Laufzeitintervall vorgegebenen Zeitfenster, die den jeweils lokalen Lösungsbereich für jeden Abschnitt im Laufweg jedes Ablaufs beschreiben, kann die gegenüber dem Stand der Technik verbesserte Gesamtlösung des Abdrückvorganges durch Variation der Bremseneinlaufgeschwindigkeiten mit vertretbarem Rechenaufwand gesucht werden, wobei dazu entweder altruistische Verfahren, so z.B. die Ausschöpfung der Zeitreserven bei Abläufen in Laufwegbereichen ohne Vor- oder Nachläufer, die Entzerrung von Ablauffolgen mit einer gemeinsamen letzten trennenden Weiche, ev. auch mit anschließender Relaxation zur Entschärfung extremer Lösungen oder aber auch Standardoptimierungsverfahren wie z.B. das Nelder-Mead-Verfahren herangezogen werden können, wobei auch eine Kombination aus altruistischen Methoden mit den mathematischen Optimierungsverfahren möglich ist. Dabei kann jede im Zuge der Optimierung gewählte Lösung in Form der Auswahl einer Kombination von Bremsenauslaufgeschwindigkeiten erst nach einer anschließenden Optimierung der Abdrückgeschwindigkeit bezüglich ihrer Verringerung der Abdrückdauer bewertet werden, was erfindungsgemäß erst durch die Begrenzung des Rechenaufwandes infolge der Einschränkung auf eine begrenzte Anzahl voneinander unabhängiger Lösungen der Simulation mit vertretbarer Rechenzeit möglich ist. Die genannten Optimierungsverfahren sind in diesem Zusammenhang nur beispielhaft genannt und genauso wie weitere ungenannte Optimierungsverfahren an sich bekannt.

[0031] In der Simulation wird ein Zeitfenster in Form eines Laufzeitintervalls bereitgestellt, in welches die Gleisbremse mit dem Ablauf später ungeachtet seiner realen Laufeigenschaften ablaufdynamisch zielen kann. Anhand der Variation der Einlaufzeit in dem jeweiligen Zeitfenster für alle zu simulierenden Abläufe an ihren Gleisbremsen kann eine dichtere Folge der Gesamtheit der Abläufe berechnet werden.

[0032] Die hier beschriebene Einschränkung auf ein Zeitfenster (Laufzeitintervall) ermöglicht es außerdem, in der Simulation trotz der noch unbestimmten Laufeigenschaften einen eindeutigen Zielzeitpunkt im nächsten Zielort und damit eine feste Laufzeit in diesem Gleisabschnitt von der Gleisbremse bis zum nächsten Ziel festzulegen, da per Definition und Berechnung des Zeitfensters alle darin gewählten Laufzeiten später unabhängig von realen Laufverhalten durch die Bremse ansteuerbar sind, sofern das reale Laufverhalten im Konfidenzintervall liegt. Ohne diese Maßnahme ergäbe sich als mögliche Durchlaufdauer für den betreffenden Gleisabschnitt ein Zeitbereich, wodurch sich die ZWL-Trompete von Bremsenstaffel zu Bremsenstaffel verbreitern würde.

[0033] Zusätzlich ermöglicht die Verwendung der Zeitfenster bei der Auswahl der lokalen Lösungen eine stufenlose Erhöhung der Sicherheit in Form von Randbereichen der Zeitfenster, welche ausgespart werden können, um die Methode an etwaige Ungenauigkeiten bei der realen Steuerung der Bremsenauslaufgeschwindigkeiten anzupassen oder auch eine grundlegende Toleranz des realen Abdrückvorgangs gegenüber temporären Abweichungen vom exakten Simulationsergebnis zu garantieren.

[0034] Die Ergebnisse des Verfahrens werden

- im Falle des Simulationsverfahrens als die berechneten Abdrückgeschwindigkeiten und berechneten Einlaufgeschwindigkeit im bzw. der Laufzeit bis zum nächsten Zielort für jeden Ablauf ausgegeben,
- im Falle des Steuerungsverfahrens die Abdrücklokomotive mit dem Ziel des Erreichens der Abdrückgeschwindigkeit

jedes Ablaufes steuern und die mindestens eine Gleisbremse mit dem Ziel des Erreichens der Einlaufgeschwindigkeit im bzw. der Laufzeit bis zum nächsten Zielort für jeden Ablauf steuern.

5 **[0035]** Im Ergebnis ermöglicht es die erfindungsgemäße Lösung damit, trotz nicht oder nur ungenügend bekannter Laufeigenschaften a priori einen zeitlich optimierten Verlauf der Abdrückgeschwindigkeiten für die einzelnen Abläufe zu berechnen. Im Gegensatz zu aktuell verwendeten Methoden erfolgt die Optimierung nicht mit Blick auf Gleichmäßigkeit (d. h. alle Abläufe werden zeitgleich wie der Grenzschlechläufer, also dem Ablauf mit den schlechtesten zu erwartenden Laufeigenschaften geplant), sondern bei der Optimierung wird möglichst das zeitliche Potential jedes individuellen Ablaufes ausgeschöpft (natürlich in den Grenzen der Möglichkeiten des erfindungsgemäßen Algorithmus sowie den mechanischen Grenzen, die durch die Ablaufanlagen und die Abdrücklokomotive vorgegeben sind).

10 **[0036]** Im Gegensatz zum bisherigen Verfahren, in dem nur versucht wird, die statischen ZWL-Trompeten durch die Variation der Abdrückgeschwindigkeit am Berggipfel möglichst dicht aneinander zu bringen, kann hier durch die wechselseitige Anpassung der Trompeten per Anpassung der Bremsenauslaufgeschwindigkeiten und die zugehörige optimale Abdrückgeschwindigkeit eine Gesamtoptimierung des Abdrückvorganges berücksichtigt werden. Als Ergebnis der Anpassungen in der Verteilzone verkürzt sich die Abdrückdauer des Zuges, steigt also die realisierbare Leistung der Ablaufanlage durch eine zeitlich engere Abfolge der Abdrückvorgänge.

15 **[0037]** Die Erfindung erlaubt es somit, bereits vor Beginn des Abdrückvorganges trotz unbekannter Ablaufeigenschaften eine Berechnung der möglichen Bremsenauslaufgeschwindigkeiten respektive Laufzeiten bis zur Folgebremse und Einlaufgeschwindigkeiten in dieselbe für jeden Ablauf durchzuführen und daraus Kombinationen zu bestimmen, die die Leistungsfähigkeit für den gesamten Zug erhöhen, d. h. die Abdrückgeschwindigkeit im Rahmen der technischen Möglichkeiten und Grenzen der realen Ablaufanlage (z. B. Leistung der Abdrücklokomotive und Bremsvermögen der Gleisbremsen) zu optimieren - mit dem Effekt, dass die Abdrückdauer des Zuges (also die Zeit, die das Abdrücken des gesamten Zuges benötigt) minimiert wird.

20 **[0038]** Im Gegensatz zum FDeltaV-Verfahren, welches zur optimalen Wirkungsweise einer möglichst symmetrischen Bauweise des Ablaufberges (König-Bauform mit bombiertem Höhenprofil) bedarf, kann sich das neue Verfahren infolge der lokalen Anpassungen der ZWL an Besonderheiten des Gleisbildes wie z.B. nicht einheitliche Bergabstände innerhalb von Bremsenstaffeln, stark unterschiedliche Anzahl von Weichen bis ins Richtungsgleis oder auch auf unterschiedlicher Höhe laufende Laufwege anpassen.

25 **[0039]** Das gelöste Optimierungsproblem besteht somit grob aus n (n = Anzahl der zu optimierenden Abläufe \times Anzahl der im Sinne des Verfahrens steuerbaren Bremsen) unabhängigen Lösungsmengen. Aus diesen kann mit altruistischen Methoden oder auch per Optimierungsverfahren, zum Beispiel Nelder-Mead-Verfahren oder Verfahren maschinellen Lernens, für jeden Ablauf und jede Gleisbremse eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit berechnet werden. Ziel ist das Auffinden eines Optimums (nicht notwendigerweise des globalen Optimums aber zumindest eines lokalen Optimums) für die Abdrückdauer mindestens eines aus mehreren Abläufen bestehenden Zuges.

30 **[0040]** Um eine unter den bestehenden Randbedingungen möglichst hohe Abdrückleistung zu erzielen, wird der gesamte Abdrückvorgang bereits vor Beginn des Abdrückens berechnet. Das Ergebnis der Berechnung ist eine Folge von den einzelnen Abläufen zugeordneten Abdrückgeschwindigkeiten. Dieser Geschwindigkeitsverlauf ist durch zwei Bedingungen begrenzt. Zum einen gibt es insofern eine ablaufdynamische Begrenzung durch die Lok und das Bergprofil, als dass die Differenz zwischen zwei aufeinander folgenden Abdrückgeschwindigkeiten technisch begrenzt ist. Andererseits müssen die so genannten Zeit-Weg-Linien (des Weiteren ZWL genannt) durch die Verteilzone so geartet sein, dass sie über den vollen Laufweg einen ausreichenden zeitlichen und räumlichen Mindestabstand zwischen den Abläufen sicherstellen. Diese ZWL werden beschrieben durch den Weg der ersten Achse des betreffenden Ablaufes entlang des Laufwegs, die sogenannte Belegungsachse und den Weg der letzten Achse, genannt die Räumachse. Der für die Bewertung des effektiven Abstands noch verbleibende Pufferüberhang wird durch einen entsprechenden Aufschlag für den räumlichen Mindestabstand erfasst.

35 **[0041]** Das Bremsvermögen hängt mit der maximalen und minimalen Bremsarbeit einer Gleisbremse zusammen. Die maximale bzw. minimale Bremsarbeit ist zwar grundlegend bauartbedingt, kann jedoch sowohl - zum Beispiel entsprechend des Wartungszustandes - reduziert werden als auch von den Ablaufeigenschaften wie Schwappwagen (unvollständig gefüllter Kesselwagen) oder Gewicht der leichtesten Achse abhängig gemacht werden. Mit anderen Worten kann im Intervall der maximal und minimal möglichen Bremsarbeit ein (maximales und/oder minimales) Bremsvermögen festgelegt werden, um den zusätzlich genannten Aspekten Rechnung zu tragen.

40 **[0042]** Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass als Vielzahl abzudrückender Abläufe mehrere bis alle Abläufe eines Zuges beim Simulieren berücksichtigt werden.

45 **[0043]** Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass als Vielzahl abzudrückender Abläufe zusätzlich auch Abläufe eines nachfolgenden Zuges und/oder vorausfahrenden Zuges beim Simulieren berücksichtigt werden, sodass die Gesamtoptimierung auch zugübergreifend erfolgt.

50 **[0044]** Als Zug soll im Zusammenhang mit dieser Erfindung ein Wagenverband verstanden werden, der als Gesamtheit durch die Abdrücklokomotive zwecks Trennung in Abläufe (die auch aus mehreren Wagen bestehen können) in die

Ablaufanlage geschoben wird. Der Vorteil, als Vielzahl von Abläufen mehrere bis alle zu einem Zug gehörenden Abläufe zu berücksichtigen, liegt darin, dass eine für den gesamten Zug optimierte Ablaufplanung angestrebt werden kann oder sogar noch der nachfolgende Zug oder der vorausfahrende Zug berücksichtigt werden können.

[0045] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass in der Simulation ein maximales Beschleunigungsvermögen der Abdrücklokomotive bei der Berechnung der Abdrückgeschwindigkeit berücksichtigt wird.

[0046] Die mechanischen Eigenschaften der zum Einsatz kommenden Abdrücklokomotive begrenzen die tatsächlich realisierbaren Änderungen der Abdrückgeschwindigkeit zwischen den Abläufen und dadurch das in der Simulation ermittelte Optimierungspotenzial.

[0047] Unter dem Beschleunigungsvermögen der Abdrücklokomotive ist auch ein negatives Beschleunigungsverhalten zu verstehen, also das Bremsen.

[0048] Die genannte Aufgabe wird alternativ mit dem eingangs angegebenen Anspruchsgegenstand (Vorrichtung) erfindungsgemäß auch dadurch gelöst, dass die Ablaufanlage mit einem Simulationsprogramm eingerichtet ist, ein Verfahren zum rechnergestützten Simulieren oder ein Verfahren zum Steuern einer Vielzahl von Abläufen nach einem der vorangehenden Ansprüche durchzuführen.

[0049] Mit der Vorrichtung lassen sich die Vorteile erreichen, die im Zusammenhang mit dem obenstehend näher beschriebenen Verfahren bereits erläutert wurden. Das zum erfindungsgemäßen Verfahren Aufgeführte gilt entsprechend auch für die erfindungsgemäße Vorrichtung.

[0050] Des Weiteren wird ein Computerprogrammprodukt mit Programmbefehlen zur Durchführung des genannten erfindungsgemäßen Verfahrens und/oder dessen Ausführungsbeispielen beansprucht, wobei mittels des Computerprogrammprodukts jeweils das erfindungsgemäße Verfahren und/oder dessen Ausführungsbeispiele durchführbar sind. Das Computerprogrammprodukt umfasst Programmbefehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen dazu veranlassen, das Verfahren oder zumindest computerimplementierte Schritte des Verfahrens durchzuführen.

[0051] Die Bereitstellung erfolgt in Form eines Programmdateiblocks als Datei, insbesondere als Downloaddatei, oder als Datenstrom, insbesondere als Downloaddatenstrom, des Computerprogrammprodukts. Diese Bereitstellung kann beispielsweise aber auch als partieller Download erfolgen, der aus mehreren Teilen besteht. Ein solches Computerprogrammprodukt wird beispielsweise unter Verwendung der Bereitstellungsvorrichtung in ein System eingelesen, sodass das erfindungsgemäße Verfahren auf einem Computer zur Ausführung gebracht wird.

[0052] Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Gleiche oder sich entsprechende Zeichnungselemente sind jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden nur insoweit mehrfach erläutert, wie sich Unterschiede zwischen den einzelnen Figuren ergeben.

[0053] Bei den im Folgenden erläuterten Ausführungsbeispielen handelt es sich um bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung. Bei den Ausführungsbeispielen stellen die beschriebenen Komponenten der Ausführungsformen jeweils einzelne, unabhängig voneinander zu betrachtende Merkmale der Erfindung dar, welche die Erfindung jeweils auch unabhängig voneinander weiterbilden und damit auch einzeln oder in einer anderen als der gezeigten Kombination als Bestandteil der Erfindung anzusehen sind. Des Weiteren sind die beschriebenen Komponenten auch durch mit den vorstehend beschriebenen Merkmalen der Erfindung kombinierbar.

[0054] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierzu zeigt

Figur 1 in einer schematischen Skizze ein Ausführungsbeispiel einer Ablaufanlage mit einem Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Steuereinrichtung, in der ein Computerprogramm zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens installiert ist,

Figur 2 in exemplarischen Zeit-Weg-Diagrammen ZWL als Ergebnis von Simulationen eines beispielhaften Ablaufvorganges eines Zuges gemäß Figur 1,

Figur 1 zeigt in einer schematischen Skizze ein Ausführungsbeispiel einer Ablaufanlage 10 mit einem Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Steuereinrichtung, in der ein Computerprogramm zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens installiert ist. Dabei stellt der obere Teil der Figur 1 das Gleisbild der Ablaufanlage 10 und der untere Teil der Figur das Gefälleprofil beziehungsweise einen Längsschnitt der Ablaufanlage 10 dar.

[0055] Entsprechend der Darstellung der Figur 1 weist die Ablaufanlage 10, die Bestandteil einer rangiertechnischen Anlage des schienengebundenen Verkehrs ist, ausgehend von einem Berggipfel BG eine Ablauframpe 20 auf, an die sich eine Zwischenneigung 30, eine Verteilweichen 80 bis 86 aufweisende Verteilzone 40 sowie Richtungsgleise 50 bis 57 anschließen. Darüber hinaus sind in Figur 1 Gleisbremsen in Form einer Bergbremsstaffel BB mit Bergbremsen 90, 91, eine Talbremsstaffel TB mit Talbremsen 60, 61 und eine Richtungsgleisbremsstaffel RGB mit Richtungsgleisbremsen 70 bis 77 erkennbar.

[0056] Neben den genannten Komponenten der Ablaufanlage 10 sind in Figur 1 exemplarisch Abläufe 100 ... 102

dargestellt, die von einer Abdrücklokomotive 110 über den Ablaufberg geschoben beziehungsweise an einem Abdrückpunkt AP (der nicht zwangsläufig am Berggipfel BG liegen muss und exemplarisch für einen Ablauf 102 dargestellt ist) abgedrückt worden sind und sich in der Folge, angetrieben durch die einwirkende Schwerkraft, entlang der Ablaufanlage 10 bewegen.

5 **[0057]** Zur Steuerung der Talbremsstaffel TB, enthaltend die Talbremsen 60 und 61 ist in Figur 1 eine Talbremsensteuerung 200 angedeutet, die über eine Schnittstelle 211, die drahtgebunden oder auch drahtlos ausgeführt sein kann, an die Talbremsstaffel TB angebunden ist. Zur Steuerung der Bergbremsstaffel BB, enthaltend die Bergbremsen 90 und 91 ist des Weiteren eine Bergbremsensteuerung 250 angedeutet, die über eine Schnittstelle 251, die drahtgebunden oder auch drahtlos ausgeführt sein kann, an die Bergbremsstaffel BB angebunden ist. In entsprechender Weise ist die
10 Richtungsgleisbremsstaffel RGB, enthaltend die Richtungsgleisbremsen 70 bis 77 über eine Schnittstelle 221 an eine Richtungsgleisbremsensteuerung 220 angebunden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist hierbei in Figur 1 lediglich exemplarisch jeweils nur eine Schnittstelle 211, 221, 251 zwischen der jeweiligen Bremsstaffel und der jeweiligen Gleisbremsensteuerung gezeigt. Selbstverständlich kann jede Gleisbremse angesteuert werden. Auch ist es möglich, für jede Gleisbremse eine gesonderte Steuerung vorzusehen und nicht jeweils eine gemeinsame Steuerung für die ganze
15 Bremsstaffel (nicht dargestellt).

[0058] Die Talbremsensteuerung 200 ist über eine Schnittstelle 231, die Bergbremsensteuerung 250 ist über eine Schnittstelle 233 und die Richtungsgleisbremsensteuerung ist über eine Schnittstelle 232 mit einer zentralen Steuervorrichtung 230 der Ablaufanlage 10 verbunden. Dies bedeutet, dass durch die Komponenten 200, 220, 230 und 250 insgesamt eine Steuereinrichtung zum Steuern der Gleisbremsen, also der Bergbremsen 90, 91, Talbremsen 60, 61 sowie der
20 Richtungsgleisbremsen 70 bis 77, in Form eines verteilten Steuerungssystems gebildet wird. Alternativ hierzu wäre es selbstverständlich beispielsweise auch möglich, dass die Bergbremsen 90, 91, die Talbremsen 60, 61 sowie die Richtungsgleisbremsen 70 bis 77 unmittelbar mit der zentralen Steuervorrichtung 230 verbunden sind und gesteuert werden (nicht dargestellt).

[0059] Die Ermittlung von Steuerparametern für die Gleisbremsen in Form der Bergbremsen 90, 91, der Talbremsen 60, 61 sowie der Richtungsgleisbremsen 70 bis 77 der Ablaufanlage 10 erfolgt derart, dass eine bremsübergreifende
25 Betrachtung beziehungsweise Optimierung der jeweiligen Geschwindigkeiten der Abläufe 100, 101, 102 vorgenommen wird. Im Rahmen des beschriebenen Ausführungsbeispiels sei hierbei angenommen, dass bis auf Ablauf 102 alle Abläufe für das Richtungsgleis 50 bestimmt sind und daher auf ihrem Laufweg nacheinander die Bergbremse 91, die Talbremse 60 und anschließend die Richtungsgleisbremse 70 passieren, wogegen der Ablauf 102 nach der Talbremse 60 infolge der trennenden Weiche 80 in das Richtungsgleis 57 mit der Richtungsgleisbremse 77 läuft.
30

[0060] Beispielsweise kann bei aufeinanderfolgenden Abläufen, deren Laufwege sich an einer der Weichen trennen, eine Prüfung auf Einholvorgänge hinter der die Laufwege trennenden Weiche außer Betracht bleiben. Hierin liegt ein weiteres Optimierungspotenzial bei der Simulation des Ablaufvorganges.

[0061] Zwecks Durchführung des Verfahrens weist die durch die zentrale Steuervorrichtung 230, die Talbremsensteuerung 200 sowie die Richtungsgleisbremsensteuerung 220 gebildete Steuereinrichtung neben hardwaretechnischen
35 Komponenten, etwa in Form entsprechender Prozessoren und Speichermittel, weiterhin softwaretechnische Komponenten, etwa in Form von Programmmodulen zur Simulation des Laufverhaltens der Abläufe 100, 101, auf.

[0062] In Figur 2 sind exemplarisch die Zeitweglinien ZWL von den Abläufen 100, 101 und 102 dargestellt. Es sind zwei Alternativen der Simulation dargestellt, die beide nach der Erfindung erstellt wurden. In jeder Simulation wird der
40 komplette Ablaufvorgang der drei Abläufe 100, 101, 102 mindestens einmal durchgerechnet, bei Bedarf zumindest teilweise auch mehrfach (wenn Korrekturen notwendig werden, die die simulierte Lösung näher an das aufzufindende Optimum heranbringen).

[0063] Auf der x-Achse ist der Ablaufweg x der ablaufenden Abläufe dargestellt. Um dies besser zu verdeutlichen, ist das Ablaufprofil aus Figur 1 in Figur 2 noch einmal oberhalb des Diagramms angedeutet. Hierbei wird deutlich, wo auf
45 der x-Achse der Berggipfel BG sowie die Gleisbremsen 91, 60, 70/77 liegen. Auf der z-Achse ist die Zeit t dargestellt. Deswegen ist der Pfeil für die fortschreitende Zeit in der Zeichnung nach unten gerichtet. Um Figur 2 besser erläutern zu können, sind die verschiedenen berechneten Trompeten durchnummeriert, von T1 bis T6. Die Trompeten T1 ... T6 bestehen jeweils aus den Zeitweglinien ZWL der Abläufe. Die ZWL, die eine Trompete in der Zeichnung nach oben begrenzt, wird durch das jeweils talseitige erste Rad des Ablaufes beschrieben und die ZWL, die die Trompete T1 ...
50 T6 nach unten hin begrenzt, durch das jeweils bergseitige letzte Rad des Ablaufes, sodass diese ZWL jeweils am Abdrückpunkt AP des Ablaufes AP100 des Ablaufes 100, AP101 des Ablaufes 101 und AP102 des Ablaufes 102 beginnt.

[0064] Für eine Betrachtung der Simulationsergebnisse dahingehend, dass Einholvorgänge bei jeweils aufeinanderfolgenden Abläufen, also dem Vorläufer und dem zugehörigen Nachläufer, verhindert werden sollen, sind also die Bereiche zwischen den jeweils benachbarten Trompeten T1 ... T6 maßgeblich, soweit und solange die Trompeten zu
55 direkt aufeinander folgenden Abläufen gehören (hierzu im Folgenden noch mehr).

[0065] Gemäß einer ersten Variante der Erfindung ist in Figur 2, oben exemplarisch ein erster Durchlauf DL1 der Simulation dargestellt. Angenommen, in Figur 2 sei zwischen Ablauf 101 und Ablauf 102 eine trennende Weiche TW, in Figur 1 die Weiche 80, zwischen Talbremse 60 und Richtungsgleisbremse 70 eingetragen, sodass sich die Laufwege

dort trennen und die Abläufe 101 und 102 durch verschiedene Richtungsgleisbremsen 70, 77 laufen. Dann kann Ablauf 101 in der Talbremse 60 den vollen verfügbaren Zeitabstand ZA an der Richtungsgleisbremse 70 ausnutzen, um zeitlich verzögert in die Richtungsgleisbremse 70 einzulaufen, denn ein kritischer Zeitabstand muss nicht berücksichtigt werden, weil der nach Passieren der Trennungswiche TW auf einem anderen Gleis fahrende Ablauf 102 den Ablauf 101 nicht mehr einholen kann. Die so entstandene "Verspätung" der Trompete T2 beim Einlauf in Richtungsgleisbremse 70 um Δt_3 steht zur Erhöhung der Abdrückgeschwindigkeit des Ablaufs 101 zur Verfügung, wobei der Zeitgewinn durch eine bevorstehende Unterschreitung des Mindestabstandes zwischen den Trompeten T1 und T2 in der Talbremse 60 anschließend durch stärkeres Abbremsen des Ablaufes 101 verhindert wird. Oder anders ausgedrückt, dadurch, dass der Ablauf 101 nicht vom Ablauf 102 eingeholt werden kann, und deswegen stärker abgebremst werden kann, kann ein Optimierungspotenzial zwischen dem Ablauf 100 und 101 dadurch ausgeschöpft werden, dass der Ablauf 101 früher mit einer größeren Abdrückgeschwindigkeit (weil die Abdrücklokomotive zwischen dem Abdrücken des Ablaufes 100 und 101 beschleunigt wird) abgedrückt wird. Die Konsequenz ist eine Verringerung der Abdrückdauer. Das Beispiel macht deutlich, dass eine "Verformung" von Trompeten zweier benachbarter Abläufe auf ein Optimierungspotenzial zwischen zwei anderen aufeinanderfolgenden Abläufen schaffen kann (dynamisches Einfädeln). Dieses Potenzial kann jedoch nur durch eine gesamtheitliche Betrachtung des Ablaufvorganges und Variationen in der Ablaufsimulation ausgeschöpft werden.

[0066] Darüber hinaus muss jede so gefundene Lösung einer Optimierung der Abdrückgeschwindigkeit unterzogen werden, welche einerseits die zeitlichen Abstände zwischen den neu geformten Trompeten berücksichtigt - so kann zum Beispiel der zwischen Trompete T1 und T2 bisher unkritische Zeitabstand ZA in der Talbremse 60 der minimale Zeitabstand zwischen den Abläufen werden und die zeitliche Annäherung begrenzen (in diesem Fall kann Δt_3 als zeitliches Optimierungspotenzial für die Abdrückdauer nicht voll ausgeschöpft werden) - und andererseits die durch die Lokeigenschaften begrenzte mögliche Änderung der Abdrückgeschwindigkeiten zwischen den Abläufen berücksichtigt.

[0067] In Figur 2, unten, ist dargestellt, wie ein weiteres Optimierungspotenzial durch die Simulation gehoben werden kann (zweiter Durchlauf DL2). Anhand der ersten Trompete T1 ist gezeigt, dass aus dieser eine vierte Trompete T4 abgeleitet werden kann, indem starre Zeitfenster für das jeweilige Ablauf des betreffenden Ablaufes festgelegt werden, die innerhalb der ursprünglichen Trompete T1 liegen. Bei den Zeitfenstern handelt es sich mit anderen Worten um jene Soll-Laufzeiten, die der betreffende Ablauf zwischen den betreffenden Gleisbremsen benötigen soll. Der Effekt ist, dass eine sich - verglichen mit der ersten Trompete T1 - weniger stark öffnende oder gleichbleibend breite vierte Trompete 4 entsteht.

[0068] Wie Figur 2 weiter zu entnehmen ist, wird derselbe Vorgang auch für die zweite Trompete T2 durchgeführt, mit dem Effekt, dass eine engere fünfte Trompete T5 entsteht, sowie mit der dritten Trompete T3 durchgeführt mit dem Effekt, dass eine engere Trompete T6 entsteht. Da die kritischen Zeitabstände ZAK trotz dieser Maßnahme gleichbleiben, entsteht in den nun größeren Zwischenräumen zwischen den Trompeten T4, T5, T6 ein weiteres Optimierungspotenzial für die Abdrückdauer, welches in Figur 2 mit ΔT_1 und ΔT_2 gekennzeichnet ist. Dieses Potenzial kann ausgeschöpft werden, indem die Geschwindigkeit der Abdrücklokomotive erhöht wird und somit die Abläufe in kürzeren zeitlichen Abständen und mit höherer Geschwindigkeit abgedrückt werden. Dies führt zu einer Verminderung der Abdrückdauer.

[0069] In dem weiteren Anwendungsbeispiel erreicht ein Ablauf z. B. eine Gleisbremse. Dieser sind die in der zuletzt berechneten Simulation festgelegte Soll-Laufzeit bis zum nächsten Laufziel, die ermittelte Einlaufgeschwindigkeit und der aktuelle gemessene oder berechnete Wert des Laufwiderstands bekannt. Befindet sich der Laufwiderstandswert innerhalb des in der Simulation verwendeten Konfidenzintervalls, so kann die Bremsensteuerung die zur Erreichung der Soll-Laufzeit notwendige Auslaufgeschwindigkeit aus der Gleisbremse berechnen und ansteuern. Ist dies aufgrund einer von der Simulation zu stark abweichenden Einlaufgeschwindigkeit nicht möglich oder befindet sich der aktuelle Wert des Laufwiderstands außerhalb des in der Simulation verwendeten Konfidenzintervalls, so können Korrekturmaßnahmen ausgelöst werden. Dazu können Maßnahmen zählen wie Festbremsen, Aufpuffern, das Umlegen von Schutzweichen oder aber auch die Neuberechnung und Änderung von Soll-Laufzeiten für andere, noch nicht fertig gebremste Abläufe. Sinngemäß können all diese Berechnungen statt von der Bremsensteuerung auch teilweise oder ganz von jener Steuerung ausgeführt werden, die die ursprüngliche Simulation durchgeführt hatte.

[0070] Die im ersten Durchlauf DL1 und im zweiten Durchlauf DL2 erläuterten Potenziale für eine Minimierung der Abdrückdauer sind lediglich Beispiele und der besseren Übersichtlichkeit halber in zwei unterschiedlichen Durchläufen dargestellt. Es ist dem Fachmann durchaus geläufig, dass die Potenziale auch in ein und demselben Simulationsdurchlauf gehoben werden können. Die Simulation findet erfindungsgemäß ja gerade statt, um vorhandene Optimierungspotenziale ausfindig zu machen und auszuschöpfen. Dabei können die dargestellten Optimierungspotenziale identifiziert und genutzt werden. Gleichzeitig sind gewöhnlich weitere Optimierungspotenziale auffindbar, die in den Beispielen gemäß Figur 2 nicht dargestellt sind. Wie bereits erwähnt, sind die Zusammenhänge komplex und deswegen auch nur in einer Simulation auffindbar. Die Verringerung der Datenmenge durch gezielte "Verformung" der Trompeten führt hierbei schneller zum Ziel, weil hierdurch die Variationsmöglichkeiten bei der Simulation sinken (geringere Rechenzeit) und andererseits die gezielte Verformung der Trompeten bereits ein vorhersehbares Optimierungspotenziale ausschöpft (schnelle Annäherung an ein aufzufindendes Minimum für die Abdrückdauer).

[0071] Eine weitere Anwendung findet sich in der möglichen Bauweise von Ablaufanlagen. Nach dem Stand der Technik wird die Berghöhe durch den gesamten Laufwiderstand des am schlechtesten laufenden Wagens aus dem gesamten Rollmaterial bis in das Richtungsgleis bestimmt, die gesamte Bremsarbeit der installierten Bremsstaffeln durch die Differenz des gesamten Laufwiderstandes zwischen diesem und dem am besten laufenden Wagen aus dem gesamten Rollmaterial. Dies hat jedoch zur Folge, dass das Zeitverhalten eines Ablaufs, der das Richtungsgleis nur mit geringer Bremseneinwirkung erreichen kann, kaum zeitlich steuerbar ist. Durch eine entsprechend größere Berghöhe und eine um diese Höhendifferenz angehobene gesamte Bremsarbeit der installierten Bremseneinrichtungen wird auch das zeitliche Verhalten von sehr schlecht laufenden Abläufen deutlich besser steuerbar und steigen daher auch Optimierbarkeit und Abdrückleistung des neuen Verfahrens.

Bezugszeichenliste

[0072]

15	10	Ablaufanlage
	20	Ablauframpe
	30	Zwischenneigung
	40	Verteilzone
	80 ... 86	Verteilweichen
20	50 ... 57	Richtungsgleise
	90, 91	Bergbremsen
	60, 61	Talbremsen
	70 ... 77	Richtungsgleisbremsen
	100 ... 102	Ablauf
25	110	Abdrücklokomotive
	200	Talbremsensteuerung
	250	Bergbremsensteuerung
	220	Richtungsgleisbremsensteuerung
	230	zentrale Steuervorrichtung
30	211, 221, 231, 233, 241, 251	Schnittstelle
	BG	Berggipfel
	AP	Abdrückpunkt
	BB	Bergbremsstaffel
35	TB	Talbremsstaffel
	RGB	Richtungsgleisbremsstaffel
	MST	Messstation
	AZ1 ... AZ3	Achszähler
	t	Zeit
40	x	Laufweg
	TW	Trennungsweiche
	$l_{100} \dots l_{102}$	Länge eines Ablaufes
	$l_{60} \ l_{70} \ l_{91}$	Länge einer Gleisbremse
	ZWL	Zeit-Weg-Linie
45	T1 ... T6	ZWL-Trompete
	SD	Sperrdreieck
	ZA	Zeitabstand
	ZAK	kritischer Zeitabstand
	UE	Überschneidungsbereich
50	$\Delta t1 \dots \Delta t2$	Zeitersparnis

Patentansprüche

- 55 1. Verfahren zum rechnergestützten Simulieren des Ablaufens einer Vielzahl von Abläufen (100 ... 102) eines Zuges in einer rangiertechnischen Ablaufanlage (10), bei dem simuliert wird, dass die Abläufe über einen Berg (BG) abgedrückt werden und auf einem Weg durch die Ablaufanlage (10) zum Steuern eine bergseitige Gleisbremse und eine zu dieser talwärts gelegene talseitige Gleisbremse durchlaufen, wobei ein Ablaufverhalten der Abläufe

(100 ... 102) ermittelt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass für jeden Ablauf und für jede Gleisbremse

- 5 a. für die talseitige Gleisbremse (70 ... 77) ausgehend von einer vorgegebenen Zielgeschwindigkeit für einen vorgegebenen Ort an oder hinter dem Ende der talseitigen Gleisbremse unter Berücksichtigung eines minimal zu erwartenden Laufwiderstands des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) und des maximalen zu erreichenden Bremsvermögens der Gleisbremse eine maximal zulässige Einlaufgeschwindigkeit des Ablaufs in die talseitige Gleisbremse berechnet wird,
- 10 b. für die talseitige Gleisbremse (70 ... 77) ausgehend von der vorgegebenen Zielgeschwindigkeit für den Ort an oder hinter dem Ende der talseitigen Gleisbremse unter Berücksichtigung eines maximal zu erwartenden Laufwiderstands des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) und eines nicht zu unterschreitenden minimalen Bremsvermögens der Gleisbremse eine minimal zulässige Einlaufgeschwindigkeit des Ablaufs in die talseitige Gleisbremse berechnet wird,
- 15 c. für die bergseitige Gleisbremse (60 ... 61) ausgehend von der maximal zulässigen Einlaufgeschwindigkeit in die talseitige Gleisbremse als Zielgeschwindigkeit unter Berücksichtigung eines minimal zu erwartenden Laufwiderstands des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) und des maximalen zu erreichenden Bremsvermögens der bergseitigen Gleisbremse eine maximal zulässige Einlaufgeschwindigkeit des Ablaufs in die bergseitige Gleisbremse berechnet wird,
- 20 d. für die bergseitige Gleisbremse (60 ... 61) ausgehend von der minimal zulässigen Einlaufgeschwindigkeit in die talseitige Gleisbremse als Zielgeschwindigkeit unter Berücksichtigung eines maximal zu erwartenden Laufwiderstands des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) und eines nicht zu unterschreitenden minimalen Bremsvermögens der bergseitigen Gleisbremse eine minimal zulässige Einlaufgeschwindigkeit des Ablaufs in die bergseitige Gleisbremse berechnet wird,
- 25 e. aus einem durch die jeweilige maximal zulässige Einlaufgeschwindigkeit und die jeweilige minimal zulässige Einlaufgeschwindigkeit vorgegebenen jeweiligen Geschwindigkeitsintervall eine Einlaufgeschwindigkeit für den betreffenden Ablauf und die betreffende Gleisbremse derart ausgewählt wird sowie jeweils eine zugehörige Abdrückgeschwindigkeit für den betreffenden Ablauf berechnet wird, damit eine Abdrückdauer des Zuges minimiert wird,
- 30 f. die ausgewählten jeweiligen Einlaufgeschwindigkeiten und die berechneten Abdrückgeschwindigkeiten ausgegeben werden.

2. Verfahren zum Steuern des Ablaufens einer Vielzahl von Abläufen (100 ... 102) in einer rangiertechnischen Ablaufanlage (10), bei dem die Abläufe (100 ... 102) über einen Berg (BG) abgedrückt werden und auf einem Laufweg durch die Ablaufanlage (10) zum Steuern eine bergseitige Gleisbremse und eine zu dieser talwärts gelegene talseitige Gleisbremse durchlaufen, wobei ein Ablaufverhalten der Abläufe (100 ... 102) durch eine rechnergestützte Simulation ermittelt wird,

dadurch gekennzeichnet,

dass bei der rechnergestützten Simulation für jeden Ablauf und für jede Gleisbremse

- 40 a. für die talseitige Gleisbremse (70 ... 77) ausgehend von einer vorgegebenen Zielgeschwindigkeit für einen vorgegebenen Ort an oder hinter dem Ende der talseitigen Gleisbremse unter Berücksichtigung eines minimal zu erwartenden Laufwiderstands des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) und des maximalen zu erreichenden Bremsvermögens der Gleisbremse eine maximal zulässige Einlaufgeschwindigkeit des Ablaufs in die talseitige Gleisbremse berechnet wird,
- 45 b. für die talseitige Gleisbremse (70 ... 77) ausgehend von der vorgegebenen Zielgeschwindigkeit für den Ort an oder hinter dem Ende der talseitigen Gleisbremse unter Berücksichtigung eines maximal zu erwartenden Laufwiderstands des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) und eines nicht zu unterschreitenden minimalen Bremsvermögens der Gleisbremse eine minimal zulässige Einlaufgeschwindigkeit des Ablaufs in die talseitige Gleisbremse berechnet wird,
- 50 c. für die bergseitige Gleisbremse (60 ... 61) ausgehend von der maximal zulässigen Einlaufgeschwindigkeit in die talseitige Gleisbremse als Zielgeschwindigkeit unter Berücksichtigung eines minimal zu erwartenden Laufwiderstands des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) und des maximalen zu erreichenden Bremsvermögens der bergseitigen Gleisbremse eine maximal zulässige Einlaufgeschwindigkeit des Ablaufs in die bergseitige Gleisbremse berechnet wird,
- 55 d. für die bergseitige Gleisbremse (60 ... 61) ausgehend von der minimal zulässigen Einlaufgeschwindigkeit in die talseitige Gleisbremse als Zielgeschwindigkeit unter Berücksichtigung eines maximal zu erwartenden Laufwiderstands des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) und eines nicht zu unterschreitenden minimalen

Bremsvermögens der bergseitigen Gleisbremse eine minimal zulässige Einlaufgeschwindigkeit des Ablaufs in die bergseitige Gleisbremse berechnet wird,

e. aus einem durch die jeweilige maximal zulässige Einlaufgeschwindigkeit und die jeweilige minimal zulässige Einlaufgeschwindigkeit vorgegebenen jeweiligen Geschwindigkeitsintervall eine Einlaufgeschwindigkeit für den betreffenden Ablauf und die betreffende Gleisbremse derart ausgewählt wird sowie jeweils eine zugehörige Abdrückgeschwindigkeit für den betreffenden Ablauf berechnet wird, so dass eine Abdrückdauer des Zuges minimiert wird,

und **dass** im Rahmen des Steuerns des Ablaufens die Abdrücklokomotive (10) mit dem Ziel des Erreichens der berechneten jeweiligen Abdrückgeschwindigkeit jedes Ablaufes (100 ... 102) gesteuert wird und die Auslaufgeschwindigkeiten der jeweiligen Gleisbremsen unter Verwendung der aktuellen Laufeigenschaften des jeweiligen Ablaufs mit dem Ziel des Erreichens der ausgewählten jeweiligen Einlaufgeschwindigkeiten für jeden Ablauf (100 ... 102) gesteuert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,
dass für jeden Ablauf

a. aus der zuvor bestimmten maximal zulässigen Einlaufgeschwindigkeit für den jeweiligen Ablauf (100 ... 102) in die talseitige Gleisbremse (70 ... 77) die minimale Laufzeit für die Strecke von der bergseitigen Gleisbremse (60, 61) bis in die talseitige Gleisbremse (70 ... 77) unter Berücksichtigung des minimal zu erwartenden Laufwiderstands berechnet wird,

b. aus der zuvor bestimmten minimal zulässigen Einlaufgeschwindigkeit für den jeweiligen Ablauf (100 ... 102) in die talseitige Gleisbremse (70 ... 77) die maximale Laufzeit für die Strecke von der bergseitigen Gleisbremse (60, 61) bis in die talseitige Gleisbremse (70 ... 77) unter Berücksichtigung eines maximal zu erwartenden Laufwiderstands berechnet wird,

c. aus einem durch die jeweilige maximale Laufzeit und die jeweilige minimale Laufzeit vorgegebenen jeweiligen Lauzeitintervall eine Laufzeit für den betreffenden Ablauf und die betreffende Gleisbremse ausgewählt wird,

und **dass** die Minimierung der Abdrückdauer durch den Vergleich und die Modifikation der Laufzeiten durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass als Vielzahl abzudrückender Abläufe mehrere oder alle Abläufe (100 ... 102) eines Zuges beim Simulieren berücksichtigt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass als Vielzahl abzudrückender Abläufe auch zumindest jeweils ein Ablauf (100 ... 102) eines nachfolgenden Zuges und/oder vorausfahrenden Zuges beim Simulieren berücksichtigt wird.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass in der Simulation Weichen als Trennungswweichen für die Laufwege (x) von aufeinanderfolgenden Abläufen, nämlich einem vorlaufenden Vorläufer und einem nachlaufenden Nachläufer berücksichtigt werden, indem nach erfolgter Trennung der Laufwege dem genannten Nachläufer sein aktueller Vorläufer und dem genannten Vorläufer sein aktueller Nachläufer zugeordnet wird.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass in der Simulation ein maximales Beschleunigungsvermögen der Abdrücklokomotive (110) bei der Berechnung der Abdrückgeschwindigkeiten berücksichtigt wird.

8. Rangiertechnische Ablaufanlage (10) für Abläufe, wobei mehrere Laufwege (50-57) durch die Ablaufanlage (10) mit jeweils mindestens zwei Gleisbremsen realisiert sind, und einer Steuerung für die mindestens zwei Gleisbremsen

dadurch gekennzeichnet,

dass die Ablaufanlage (10) mit einem Simulationsprogramm ausgestattet und eingerichtet ist, ein Verfahren zum rechnergestützten Simulieren oder ein Verfahren zum Steuern einer Vielzahl von Abläufen (100 ... 102) nach einem der vorangehenden Ansprüche durchzuführen.

- 5
9. Computerprogrammprodukt, umfassend Programmbefehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen dazu veranlassen, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen.
- 10
10. Computerprogrammprodukt, umfassend Programmbefehle, die bei der Ausführung des Programms durch die rangierte Ablaufanlage (10) nach Anspruch 8 dazu veranlassen, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 7 durchzuführen.
- 15
11. Computerlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogrammprodukt nach den voranstehenden Ansprüchen 9 oder 10 gespeichert ist.

20

25

30

35

40

45

50

55

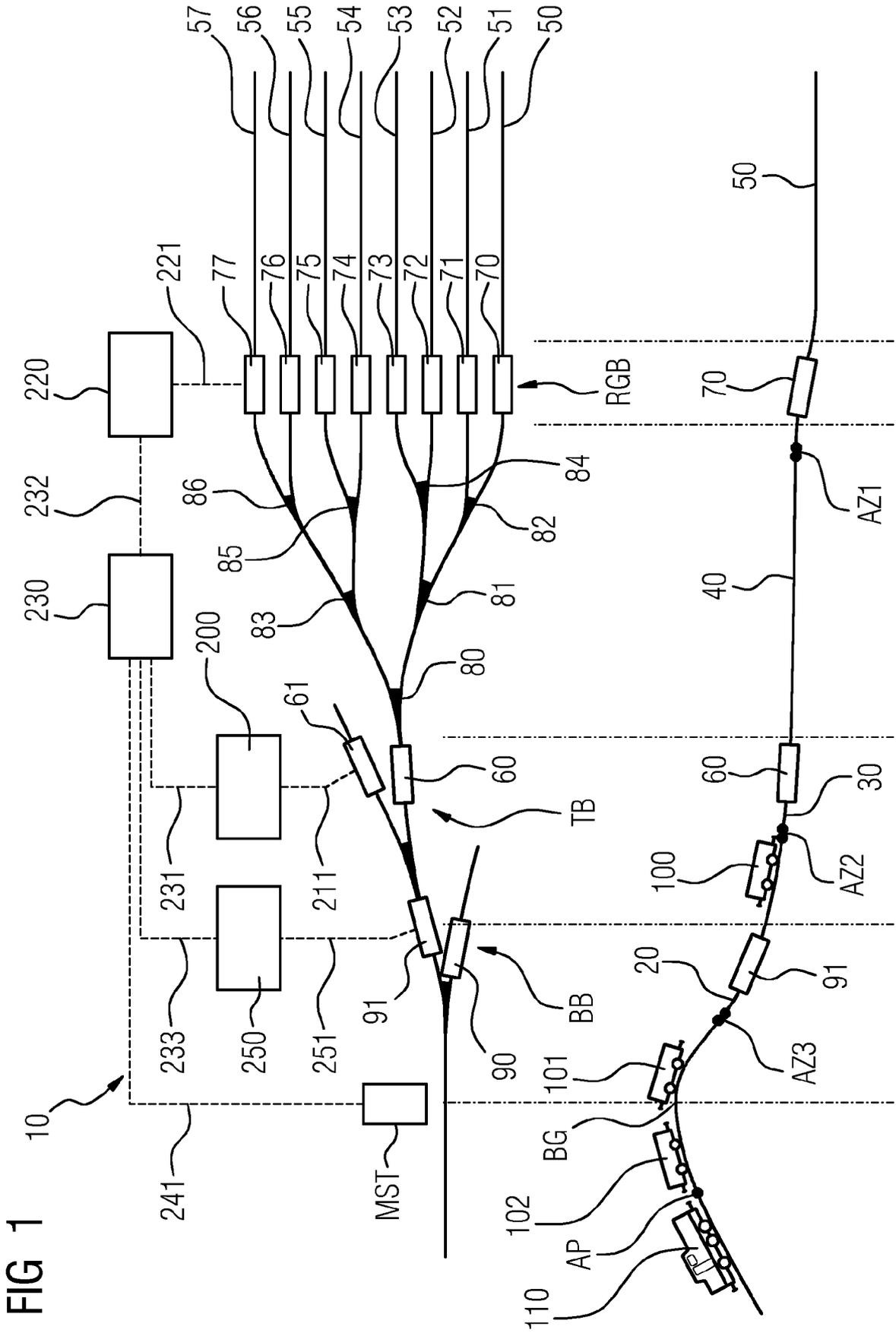
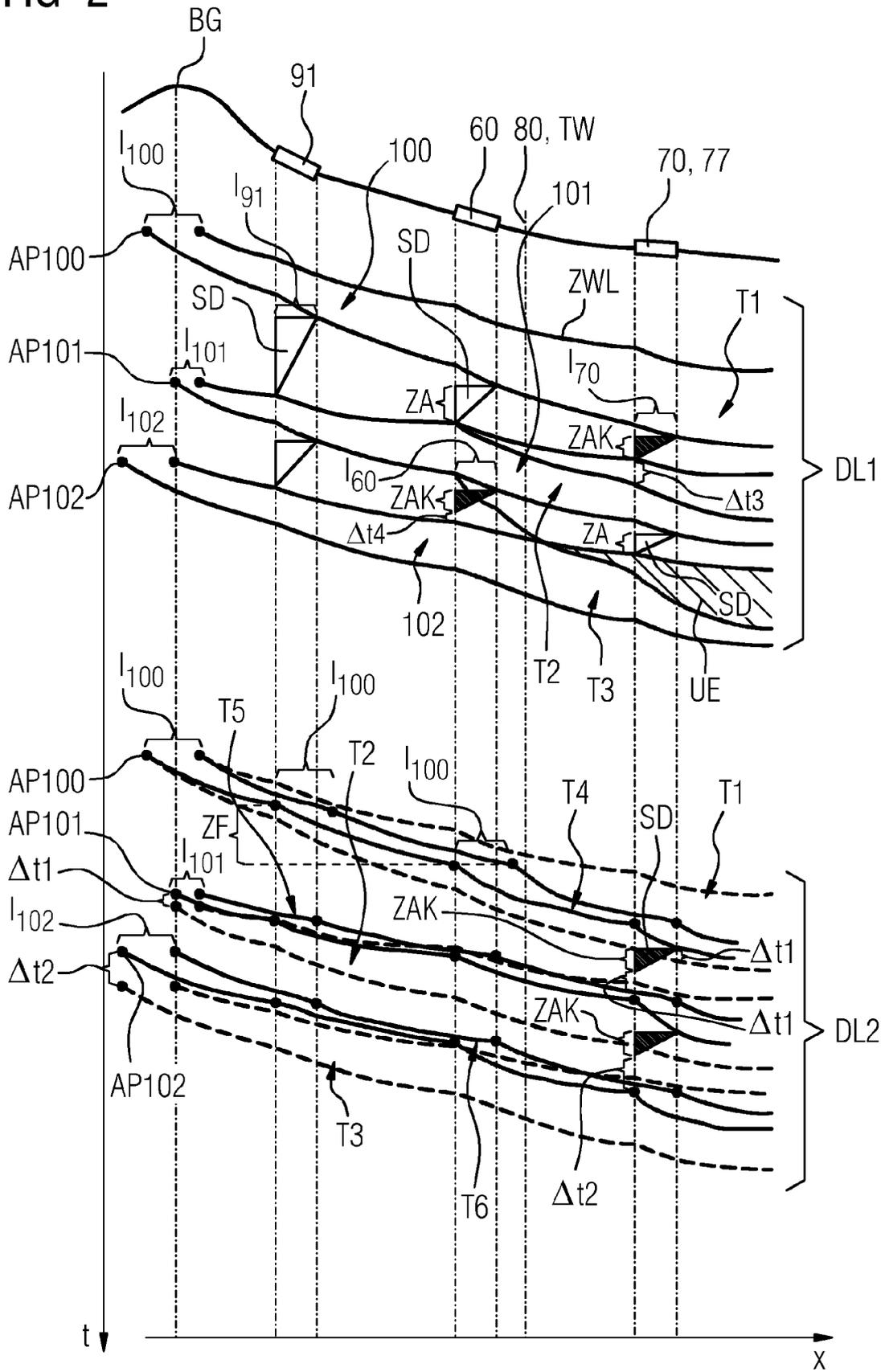


FIG 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 19 2395

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2012 203812 A1 (SIEMENS AG [DE]) 12. September 2013 (2013-09-12) * Absatz [0002] - Absatz [0046]; Abbildungen 1-3 *	1-11	INV. B61L17/00 B61J3/02 B61L25/02
X	DE 10 2015 202432 A1 (SIEMENS AG [DE]) 11. August 2016 (2016-08-11) * Absatz [0005] - Absatz [0072]; Abbildungen 1-6 *	1-11	
X	DE 10 2007 040758 A1 (AIS AUTOMATION DRESDEN GMBH [DE]) 9. April 2009 (2009-04-09) * Absatz [0002] - Absatz [0027]; Abbildung 1 *	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B61L B61K B61J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. Februar 2023	Prüfer Kassner, Holger
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		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 anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 19 2395

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

10-02-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102012203812 A1	12-09-2013	DE 102012203812 A1	12-09-2013
		WO 2013135501 A1	19-09-2013

DE 102015202432 A1	11-08-2016	DE 102015202432 A1	11-08-2016
		EP 3230148 A1	18-10-2017
		LT 3230148 T	26-07-2021
		RU 2673913 C1	03-12-2018
		WO 2016128168 A1	18-08-2016

DE 102007040758 A1	09-04-2009	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102011079501 A1 [0009] [0016] [0020]