



(11) **EP 4 328 113 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**28.02.2024 Patentblatt 2024/09**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B61L 17/02<sup>(2006.01)</sup> B61L 27/60<sup>(2022.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **22192458.2**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**B61L 17/02; B61L 27/60**

(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:  
• **Flohr, Oliver**  
**30880 Laatzen (DE)**  
• **Hofacker, Oliver**  
**12249 Berlin (DE)**  
• **Kuehs, Peter**  
**38102 Braunschweig (DE)**  
• **Portl, Lars**  
**38304 Wolfenbüttel (DE)**

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

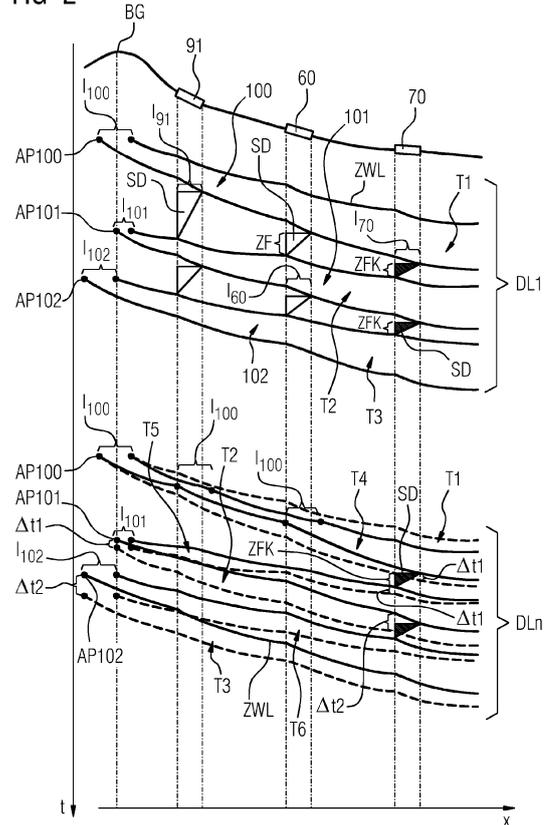
(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**  
**Postfach 22 16 34**  
**80506 München (DE)**

(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 Ablauffanlage (10), bei dem simuliert wird, dass die Abläufe abgedrückt werden und auf einem Weg durch die Ablauffanlage (10) mindestens eine Gleisbremse durchlaufen. Das Ablaufen der Vielzahl von Abläufen (100 ... 102) wird rechnergestützt in wiederholten Durchläufen simuliert. Ein Ablaufverhalten jedes Ablaufs (100 ... 102) wird ermittelt, indem für einen maximal zu erwartenden Laufwiderstand jedes Ablaufes (100 ... 102) zur Ermittlung eines Zeit-Weg-Verhaltens ein bergseitiges Ende berücksichtigt wird, für einen minimal zu erwartenden Laufwiderstand jedes Ablaufes zur Ermittlung des Zeit-Weg-Verhaltens ein talseitiges Ende berücksichtigt wird, für jeden Ablauf (100 ... 102) eine Abdrückgeschwindigkeit unter Berücksichtigung eines Sicherheitsabstandes zwischen jeweils aufeinanderfolgenden Abläufen (100 ... 102), und unter Berücksichtigung des maximal zu erwartenden Laufwiderstandes des Vorläufers und des minimal zu erwartenden Laufwiderstandes des Nachläufers berechnet wird, für jeden Ablauf (100 ... 102) für die Gleisbremse eine Auslaufgeschwindigkeit unter Berücksichtigung des Sicherheitsabstandes zwischen jeweils aufeinanderfolgenden Abläufen (100 ... 102) und unter Berücksichtigung des maximal zu erwartenden Laufwiderstandes des Vorläufers und des minimal zu erwartenden Laufwiderstandes des Nachläufers berechnet wird, die berechneten Abdrückgeschwindigkeiten und berechneten Auslaufgeschwindigkeiten ausgegeben und/oder zur Steuerung verwenden-

det werden. Ferner umfasst die Erfindung eine rangiertechnische Ablauffanlage, ein Computerprogrammprodukt sowie ein computerlesbares Speichermedium.

FIG 2



EP 4 328 113 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 zu Bremsstaffel. Hierdurch wird sichergestellt, dass durch die am Anfang des jeweiligen Richtungsgleises angeordnete Richtungsgleisbremse 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. Hierdurch kann die Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage erhöht werden, indem die Gleisbremsen in den Bremsstaffeln individuell unter Berücksichtigung der Ablaufeigenschaften gesteuert werden.

**[0004]** Nach dem Stand der Technik werden beim Abdrücken von Abläufen über einen Ablaufberg die theoretisch möglichen Ablaufleistungen daher 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]** Bisher werden die Geschwindigkeiten in den verschiedenen Bremsenstaffeln einer Ablaufanlage aufgrund von Projektierungsdaten wie Berghöhe, Gleisplan und Bremsenbauart statisch für alle Abläufe festgelegt. Diese Festlegung orientiert sich dabei an den Laufzeiten der langsamsten Abläufe. 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, sondern anhand der Ablaufdaten der Abläufe und des Bremsvermögens der Bremse dynamisch bestimmt werden. Dabei wird für jeden Ablauf aus der möglichen Bandbreite der Einlaufgeschwindigkeiten in die nächste Gleisbremse ein Zeitfenster berechnet, in welchem er ungeachtet von realen und vorab nicht genau bekannten Laufeigenschaften des Ablaufs die nächste Bremsenstaffel sicher erreichen kann. Unter Verwendung dieser Zeitfenster kann anschließend in der Optimierung der Abdrückgeschwindigkeit durch die übergeordnete Anpassung (Parallelisierung) der einzelnen Zeit-Weg-Linien der Abläufe eine erhöhte Leistung (d.h. Abläufe pro Zeiteinheit) der Ablaufanlage erzielt werden, indem höhere Abdrückgeschwindigkeiten realisiert werden.

**[0006]** Bevor das Verhalten eines individuellen Ablaufes durch Messungen quantifiziert wird, sind bezüglich des Ablaufverhaltens nur Schätzungen möglich. Dies ist auch der Grund, warum zum Zeitpunkt eines Abdrückens des Ablaufes durch die Abdrücklokomotive diese Daten noch nicht zur Verfügung stehen und daher für die Bestimmung der Abdrückgeschwindigkeit bzw. des Abdrückpunktes nicht genutzt werden können. Eine Anpassung der Auslaufgeschwindigkeiten aus den verschiedenen Bremsenstaffeln während des Ablaufvorgangs, wie zum Beispiel in DE 10 2011 079 501 A1 beschrieben, erhöht auf jeden Fall die Betriebssicherheit, ermöglicht jedoch keine Optimierung der Abdrückgeschwindigkeit, also der Anfangsgeschwindigkeit eines Ablaufes am Abdrückpunkt oder am höchsten Punkt des Ablaufberges. Das liegt daran, dass die die Anlagenleistung bestimmende Abdrückgeschwindigkeit des Ablaufs bereits (einige zig-Meter oder Minuten) früher bei der Planung des Abdrückvorgangs festgelegt wurde und damit eine Rückwirkung aus Erkenntnissen in der Verteilzone (also nach dem Abdrücken) auf die entscheidende Abdrückgeschwindigkeit daher nicht mehr möglich ist.

**[0007]** 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 individuelle Anpassung der bestimmenden Verfahrensparameter an die Abläufe für jeden Ablauf zu einem möglichst frühen Zeitpunkt und unter möglichst realitätsnaher Berücksichtigung ermöglicht wird. Außerdem besteht die Aufgabe der Erfindung darin, ein Computerprogrammprodukt sowie eine Bereitstellungsvorrichtung für dieses Computerprogrammprodukt anzugeben, mit dem das vorgenannte Verfahren durchgeführt werden kann.

**[0008]** Diese Aufgabe wird mit dem eingangs angegebenen Anspruchsgegenstand (sowohl dem Verfahren zum Simulieren als auch dem Verfahren zum Steuern) erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Abfließen der Vielzahl von Abläufen rechnergestützt in wiederholten Durchläufen simuliert wird, wobei ein Ablaufverhalten jedes Ablaufes ermittelt wird, indem für einen maximal zu erwartenden Laufwiderstand jedes Ablaufes zur Ermittlung eines Zeit-Weg-Verhaltens ein bergseitiges Ende des betreffenden Ablaufes berücksichtigt wird, für einen minimal zu erwartenden Laufwiderstand jedes Ablaufes zur Ermittlung des Zeit-Weg-Verhaltens ein talseitiges Ende des betreffenden Ablaufes berücksichtigt wird, für jeden Ablauf eine Abdrückgeschwindigkeit unter Berücksichtigung eines vorgegebenen nicht zu unterschrei-

tenden Sicherheitsabstandes zwischen jeweils aufeinanderfolgenden Abläufen, nämlich dem vorlaufenden Vorläufer und dem nachlaufenden Nachläufer, und unter Berücksichtigung des maximal zu erwartenden Laufwiderstandes des Vorläufers und des minimal zu erwartenden Laufwiderstandes des Nachläufers berechnet wird, für jeden Ablauf für die mindestens eine Gleisbremse eine Auslaufgeschwindigkeit unter Berücksichtigung des vorgegebenen, nicht zu unterschreitenden Sicherheitsabstandes zwischen jeweils aufeinanderfolgenden Abläufen, nämlich dem vorlaufenden Vorläufer und dem nachlaufenden Nachläufer, und unter Berücksichtigung des maximal zu erwartenden Laufwiderstandes des Vorläufers und des minimal zu erwartenden Laufwiderstandes des Nachläufers berechnet wird und

- im Falle des Simulationsverfahrens die berechneten Abdrückgeschwindigkeiten und berechneten Auslaufgeschwindigkeiten ausgegeben werden,
- im Falle des Steuerungsverfahrens die Abdrücklokomotive (10) mit dem Ziel des Erreichens der Abdrückgeschwindigkeit jedes Ablaufes gesteuert wird und die mindestens eine Gleisbremse mit dem Ziel des Erreichens der Auslaufgeschwindigkeit für jeden Ablauf gesteuert wird.

**[0009]** Prinzipbedingt stehen zwecks einer Abdrückoptimierung für die Simulation vor dem Abdrückzeitpunkt keine wahren Laufwiderstände der Abläufe zur Verfügung, da diese nur ermittelt werden können, während der Ablauf abläuft. Daher muss eine Vor- und Nachläuferberechnung zu einem Ablauf mit einer gewissen Bandbreite des zu erwartenden Laufwiderstands durchgeführt werden. In Folge der Unsicherheit vergrößert sich die Bandbreite der möglichen Zeit-Weg-Linien (im Folgenden kurz ZWL genannt) entlang des Laufweges, es entsteht eine sogenannte Trompete (da die sich über den Laufweg verbreiternde Bandbreite an eine Trompetenöffnung erinnert, im Folgenden auch ZWL-Trompete genannt). Da der reale Ablauf innerhalb dieser Trompete nicht die volle Fläche "belegen" kann, sondern innerhalb dieser Fläche tatsächlich nur genau eine Zeit-Weg-Linie beschreibt, wird so durch den Informationsmangel rückblickend eine unnötige Zeitreserve aufgebaut.

**[0010]** Wenn ein Ablauf den maximal anzunehmenden Laufwiderstand aufweist, ist dies ein sogenannter Grenzschlechtläufer. Demgegenüber ist ein Ablauf, der den minimal anzunehmenden Laufwiderstand aufweist, ein sogenannter Grenzgutläufer. Gutläufer laufen bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit am Ablaufberg schneller ab als Schlechtläufer. Dies bedeutet, dass in ungünstigen Fällen ein Gutläufer einen Schlechtläufer in der Ablaufanlage einholen kann, wenn ein ursprünglich als zu gering berechneter Sicherheitsabstand zwischen dem Gutläufer und dem Schlechtläufer aufgebraucht ist.

**[0011]** Da der Gutläufer den Schlechtläufer einholt, wird erfindungsgemäß beim Gutläufer das talseitige Ende und beim Schlechtläufer das bergseitige Ende berücksichtigt, um den dazwischenliegenden Sicherheitsabstand zu berechnen. Da vor dem Ablufen eines bestimmten Ablaufes dessen Ablaufeigenschaften wie gesagt nicht oder zumindest nicht vollständig bekannt sind, bilden die die ZWL des talseitigen Endes des Gutläufers sowie die ZWL des bergseitigen Endes des Schlechtläufers die ZWL-Trompete eines Ablaufes mit unbekanntem Ablaufeigenschaften die kritischen zu berücksichtigenden Zustände.

**[0012]** Die erfindungsgemäße Lösung ermöglicht es damit, trotz unbekannter Laufeigenschaften a priori einen zeitlich noch weiter zu optimierenden Verlauf der Abdrückgeschwindigkeiten für die einzelnen Abläufe zu berechnen. Im Gegensatz zu aktuell verwendeten Methoden, erfolgt die Optimierung nicht auf Gleichmäßigkeit (d. h. alle Abläufe werden zeitgleich wie der Grenzschlechtläufer geplant), sondern bei der Optimierung wird das zeitliche Potential jedes individuellen Ablaufes ausgeschöpft (natürlich in den Grenzen der Möglichkeiten des erfindungsgemäßen Algorithmus und verfügbarer, wenn auch ständig aktualisierter Messdaten zu den Abläufen sowie den mechanischen Grenzen, die durch die Ablaufanlagen und die Abdrücklokomotive vorgegeben sind).

**[0013]** Der erfindungsgemäße Algorithmus zur Simulation stellt dabei sicher, dass ein Sicherheitsabstand zwischen dem Vorläufer und dem Nachläufer auch dann eingehalten wird, wenn der Vorläufer ein Grenzschlechtläufer und der Nachläufer ein Grenzgutläufer ist. Der Sicherheitsabstand wird zwischen dem talseitigen Ende des Nachläufers und dem bergseitigen Ende des Vorläufers bestimmt und kann ein örtlicher Abstand oder auch ein zeitlicher Abstand (dann als Zeitspanne, die zwischen dem Passieren eines bestimmten Punktes, insbesondere dem Anfang der betreffenden Gleisbremse, durch das bergseitige Ende des Vorläufers und das talseitige Ende des Nachläufers liegt) sein. Hierbei ist zu bemerken, dass der Laufweg der Abläufe und die dabei verstreichende Zeit durch die das Zeit-Weg-Verhalten beschreibenden ZWL in einem direkten Zusammenhang stehen, weswegen der Sicherheitsabstand sowohl zeitlich als auch örtlich bestimmt und gemessen werden kann.

**[0014]** Dazu wird für jeden Ablauf unter Berücksichtigung des maximalen Arbeitsvermögens der Gleisbremse ein erlaubter Geschwindigkeitsbereich für den Einlauf in die nächste Bremse berechnet (zum Beispiel nach dem Prinzip der sog. Rückwärtskettung von Gleisbremsen nach einem nachfolgend noch beschriebenen FDeltaV Verfahren). Dieser Geschwindigkeitsbereich berücksichtigt dabei die vorab bekannten Ablaufeigenschaften mit einem dazugehörigen Erwartungs-Laufwiderstandsbereich und das zur Verfügung stehende Arbeitsvermögen (maximal erreichbare Bremsarbeit)

der Folgebremse (n) .

**[0015]** Anhand dieser Grenzen für die Einlaufgeschwindigkeit in die Folgebremse wird das Zeitfenster für den Einlauf in die nächste Bremse berechnet, innerhalb dessen die Bremsensteuerung die Einlaufzeit für alle möglichen Laufwiderstandswerte des Ablaufs durch Anpassung ihrer Auslaufgeschwindigkeit erzielen kann. Aus der Kombination aus

- dem minimal für diesem Ablauf zu erwarteten Laufwiderstand (als Grenzgutläufer) und einer daraus resultierenden maximal erwarteten Bremsarbeit in der Folgebremse sowie
- dem maximale zu erwartete Laufwiderstand (als Grenzslechtläufer) mit weniger Bremsarbeit

wird ein mit Sicherheit erzielbarer Zeitbereich für den Einlauf in die nächste Bremse berechnet. Dieser wird entsprechend der Kompensation des variierten Laufwiderstands durch die Bremsarbeit und damit Auslaufgeschwindigkeit schmaler sein als die bisher statisch berechnete Trompete. Zwar muss für alle Gleisobjekte im Gleisabschnitt bis zu dieser nächsten Bremse eine Trompete mit dem erwarteten minimalen bzw. maximalen Laufwiderstand verwendet werden, jedoch reduziert sich die zu erwartende zeitliche Spreizung der nächsten Bremsenstaffel gegenüber dem bisherigen Berechnungsmodell. Da die Simulation bei folgenden Durchläufen der Simulation ab dieser Bremsenstaffel daher mit einer schmäleren Trompete startet, kann der Effekt der sich stetig verbreiternden ZWL-Trompete an jeder Bremsenstaffel weiter reduziert werden.

**[0016]** In der Vorab-Simulation oder mit anderen Worten dem ersten Durchlauf der Simulation wird also ein Zeitfenster bereitgestellt, in welches die Bremse mit dem Ablauf später ungeachtet seiner realen Laufeigenschaften ablaufdynamisch zielen kann. Anhand der Bestimmung einer Einlaufzeit in dem jeweiligen Zeitfenster für alle ablaufenden Abläufe an jeder Gleisbremse kann eine immer dichtere Folge der Gesamtheit der Abläufe sukzessive in nachfolgenden Durchläufen der Simulation berechnet werden. Entsprechend wird der Bremsensteuerung zusätzlich zur Laufzeit die zu dem bekannten realen Laufwiderstand passende Auslaufgeschwindigkeit vorgegeben, sodass der Ablauf, wie vorab beschrieben, zwischen seinem Vorläufer und Nachläufer dynamisch einfädeln kann.

**[0017]** 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 sozusagen durch die Einengung der Trompeten per Anpassung der Abdrückgeschwindigkeiten und Abdrückzeitpunkte noch nicht abgedrückter Abläufe und der Bremsenauslaufgeschwindigkeiten noch nicht passierter Gleisbremsen eine Gesamtoptimierung des Abdrückvorgangs während des Ablaufens sukzessive erzielt und bei noch nicht abgedrückten Abläufen schon am Abdrückpunkt berücksichtigt werden.

Als Ergebnis der Anpassungen in der Verteilzone und am Abdrückpunkt verkürzt sich die Abdrückdauer des Zuges, steigt also die realisierbare Leistung der Ablaufanlage durch eine zeitlich engere Abfolge der Abdrückvorgänge.

**[0018]** 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.

**[0019]** Unter einer "Rechenumgebung" kann im Zusammenhang mit der Erfindung eine Infrastruktur bestehend aus Komponenten wie Computern, Speichereinheiten, Programmen und aus mit den Programmen zu verarbeitenden Daten, verstanden werden, die zur Ausführung mindestens einer Applikation, die eine Aufgabe zu erfüllen hat, verwendet werden. Die Infrastruktur kann insbesondere auch aus einem Netzwerk der genannten Komponenten bestehen.

**[0020]** Unter einer "Recheninstanz" (oder kurz Instanz) kann innerhalb einer Rechenumgebung eine funktionsfähige Einheit verstanden werden, die einer Applikation zugeordnet werden kann und diese ausführen kann. Diese funktionsfähige Einheit bildet bei der Ausführung der Applikation ein physikalisch und/oder virtuell in sich geschlossenes System.

**[0021]** Der Ausdruck "Rechner" oder "Computer" deckt alle elektronischen 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.

**[0022]** 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.

**[0023]** 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.

**[0024]** Als "Schnittstellen" können hardwaretechnisch, beispielsweise kabelgebunden oder als Funkverbindung, und/oder softwaretechnisch, beispielweise als Interaktion zwischen einzelnen Programmmodulen oder Programmteilen eines oder mehrerer Computerprogramme, realisiert sein.

**[0025]** 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.

**[0026]** Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Berücksichtigung des bergseitigen Endes des betreffenden Ablaufes durch das in Fahrtrichtung gesehene letzte Rad des Ablaufes und/oder die Berücksichtigung des talseitigen Endes des betreffenden Ablaufes durch das das in Fahrtrichtung gesehene erste Rad des Ablaufes erfolgt.

**[0027]** Diese Ausgestaltung der Erfindung hat den Vorteil, dass sich das Durchlaufen eines Rades an einer bestimmten Stelle in der Ablaufanlage sehr einfach durch Achszähler (Radsensoren) oder andere Gleiskontakte, die im Gleis verbaut sind, ermitteln lässt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der betreffende erste Wagen bzw. letzte Wagen bezüglich der ersten bzw. letzten Achse einen Überhang aufweist. Diese Überhänge sind in ihrer Länge jedoch begrenzt, sodass dies durch Definieren eines vergleichsweise größeren Sicherheitsabstandes berücksichtigt werden kann.

**[0028]** Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass als Vielzahl abzudrückender Abläufe alle Abläufe eines Zuges beim Simulieren berücksichtigt werden.

**[0029]** 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 alle zu einem Zug gehörenden Abläufe zu berücksichtigen, liegt darin, dass eine für den gesamten Zug optimierte Ablaufplanung angestrebt werden kann. Im Einzelnen heißt dies, dass Erkenntnisse, die über gerade ablaufenden Wagen sensortechnisch ermittelt wurden, bei der Planung der noch abzudrückenden Wagen einfließen können, wie zum Beispiel die Verringerung der Sicherheitsabstände zwischen einander nachlaufenden Abläufen (hierzu im Folgenden noch mehr).

**[0030]** Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass in der Simulation Weichen als Trennungspunkte der Laufwege zwischen dem vorlaufenden Vorläufer und dem nachlaufenden Nachläufer berücksichtigt werden, indem die Berücksichtigung des nicht zu unterschreitenden Sicherheitsabstandes zwischen dem betroffenen Vorläufer und dem betroffenen Nachläufer hinter dem Trennungspunkt beendet wird.

**[0031]** Als betroffener Vorläufer und betroffener Nachläufer sind nach dieser Ausgestaltung diejenigen Vorläufer und Nachläufer zu verstehen, deren Laufwege sich an einem Trennungspunkt getrennt haben. Mit anderen Worten läuft der Vorläufer hinter dem Trennungspunkt nicht mehr mit einem Laufwegabstand vor dem Nachläufer, da beide sich fortan auf unterschiedlichen Gleisen der Ablaufanlage und damit unterschiedlichen Laufwegen bewegen.

**[0032]** Dies bedeutet aber, dass zwischen dem betroffenen Vorläufer und dem betroffenen Nachläufer keine Einholvorgänge mehr möglich sind und diese deswegen auch nicht berücksichtigt werden müssen. Läuft beispielsweise ein Gutläufer einem Schlechtläufer nach, so kann nach Trennung der Laufwege das Geschwindigkeitspotenzial des Gutläufers genutzt werden, da dieser nicht mehr nur deswegen stärker abgebremst werden muss, damit dieser einen schlechter laufenden Vorläufer nicht eingeholt. Durch Berücksichtigung in den Durchläufen der Simulation ist vorteilhaft ein weiterer Performancegewinn bei der Ablaufplanung möglich.

**[0033]** Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass in der Simulation (im ersten Durchlauf und/oder in nachfolgenden Durchläufen) hinter dem (geplanten) Trennungspunkt für den betroffenen Vorläufer und den nun nachfolgenden neuen Nachläufer für mindestens eine noch zu befahrende Gleisbremse eine Auslaufgeschwindigkeit unter Berücksichtigung des vorgegebenen, nicht zu unterschreitenden Sicherheitsabstandes zwischen dem vorlaufenden Vorläufer und dem nachlaufenden Nachläufer, und unter Berücksichtigung des maximal zu erwartenden Laufwiderstandes des Vorläufers und des minimal zu erwartenden Laufwiderstandes des Nachläufers berechnet wird, für den betroffenen Nachläufer und den nun vorausfahrenden neuen Vorläufer für mindestens eine noch zu befahrende Gleisbremse eine Auslaufgeschwindigkeit unter Berücksichtigung des vorgegebenen, nicht zu unterschreitenden Sicherheitsabstandes zwischen dem vorlaufenden Vorläufer und dem nachlaufenden Nachläufer, und unter Berücksichtigung des maximal zu erwartenden Laufwiderstandes des Vorläufers und des minimal zu erwartenden Laufwiderstandes des Nachläufers berechnet wird.

**[0034]** Diese Ausgestaltung der Erfindung macht sich den Umstand zunutze, dass nach Trennung der Laufwege der betroffene Vorläufer nun einen neuen Nachläufer haben kann und der betroffene Nachläufer nun einen neuen Vorläufer. Über diese neuen Vorläufer bzw. neuen Nachläufer liegen zumindest im fortgeschrittenen Ablaufvorgang ebenfalls bereits Messergebnisse vor, die deren Laufverhalten genauer spezifizieren. Diese Erkenntnisse können nun bei der Ablaufplanung im Rahmen der Simulation berücksichtigt werden. Es ergeben sich hierdurch neue Potenziale für eine Optimierung des Ablaufvorganges, die insbesondere auch für noch nicht abgedrückte Abläufe Berücksichtigung finden kann und so einen bedeutenden Performancegewinn ermöglichen.

**[0035]** Durch die Trennung der Laufwege aufeinanderfolgender Abläufe, also dem betroffenen Vorläufer und dem betroffenen Nachläufer, wird sich normalerweise eine Entschärfung der Situation hinsichtlich der Frage von drohenden Einholvorgängen ergeben. Dies liegt daran, dass sich die Zahl der Abläufe so auf mehrere Gleise verteilt und damit die Abstände zwischen den einzelnen Abläufen, also dem betroffenen Vorläufer und dem nun nachfolgenden neuen Nach-

läufer und dem betroffenen Nachläufer und dem nun vorausfahrenden neuen Vorläufer, vergrößert. Deswegen ist eine Berücksichtigung in einem erneuten Durchlauf der Simulation nicht obligatorisch. Allerdings trägt die Berücksichtigung der sich trennenden Laufwege vorteilhaft zu einem höheren Optimierungspotenzial im Sinne der Erfindung bei.

**[0036]** Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass in der Simulation ein maximales Beschleunigungsvermögen der Abdrücklokomotive bei der Berechnung der Abdrückgeschwindigkeit berücksichtigt wird.

**[0037]** Die mechanischen Eigenschaften der zum Einsatz kommenden Abdrücklokomotive begrenzen die tatsächlich realisierbaren Änderungen der durch die Durchläufe der Simulation ermittelten Optimierungspotenzials. Daher ist es vorteilhaft, wenn diese Randbedingungen bereits bei den Durchläufen der Simulation berücksichtigt werden. Es ist aber auch möglich, dass die mechanischen Eigenschaften der Abdrücklokomotive unberücksichtigt bleiben. Wenn diese dann die erforderlichen Beschleunigungswerte nicht erbringt, wird das Optimierungspotenzial nicht vollständig ausgeschöpft. Allerdings wird durch nachfolgende Durchläufe der Simulation eine erneute Anpassung an die realen Gegebenheiten erfolgen und Diskrepanzen zwischen der idealerweise vollständigen Ausschöpfung des Optimierungspotenzials und der realen Ausschöpfung wieder ausgeglichen. Deswegen kann die Abdrücklokomotive auch nur mit dem Ziel des Erreichens der Abdrückgeschwindigkeit für jeden Ablauf gesteuert werden, ohne dass dabei garantiert werden kann, ob die Abdrückgeschwindigkeit tatsächlich erreicht wird.

**[0038]** Unter dem Beschleunigungsvermögen der Abdrücklokomotive ist auch ein negatives Beschleunigungsverhalten zu verstehen, also das Bremsen. Dies stellt jedoch im Vergleich zum positiven Beschleunigungsverhalten aufgrund des Antriebs der Abdrücklokomotive den weniger kritischen Fall dar, weil die realisierbare Bremsleistung im Allgemeinen über der realisierbaren Antriebsleistung der Abdrücklokomotive liegt.

**[0039]** 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.

**[0040]** 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.

**[0041]** 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.

**[0042]** 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.

**[0043]** 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.

**[0044]** 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.

**[0045]** 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 einem exemplarischen Zeit-Weg-Diagramm ZWL als Ergebnis wiederholter Durchläufe einer Simulation eines beispielhaften Ablaufvorganges eines Zuges gemäß Figur 1,

Figur 3 Ein Ablaufdiagramm des Verfahrens zum Steuern des Ablaufvorganges.

**[0046]** Figur 1 zeigt in einer schematischen Skizze ein Ausführungsbeispiel einer Ablaufanlage 10 mit einem Ausfüh-

rungsbeispiel 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.

**[0047]** 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.

**[0048]** Nur im Längsschnitt dargestellt aber vor jeder Gleisbremse vorhanden sind im Ablaufweg Vorkontakte in Form von Achszählern, wobei vor der Richtungsgleisbremse 70 ein erster Achszähler AZ1, vor der Talbremse 60 ein zweiter Achszähler AZ2 und vor der Bergbremse 91 ein dritter Achszähler AZ3 vorgesehen sind. Diese Achszähler senden Zählimpulse bei Überfahren durch eine Achse der Abläufe (konkret von deren Räder), so dass durch die Auswertung der Zählimpulse die Achszahl sowie bei bekannter Ablauflänge auch die Geschwindigkeit (im Bedarfsfall auch die Bewegungsrichtung) des Ablaufes ermittelt werden kann.

**[0049]** 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 eine Ablauf 102 dargestellt ist) abgedrückt worden sind und sich in der Folge, angetrieben durch die einwirkende Schwerkraft, entlang der Ablaufanlage 10 bewegen.

**[0050]** 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 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 Bremsstaffel (nicht dargestellt).

**[0051]** 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 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).

**[0052]** 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 Betrachtung beziehungsweise Optimierung der jeweiligen Geschwindigkeiten der Abläufe 100, 101, 102 vorgenommen wird. Im Rahmen des beschriebenen Ausführungsbeispiels sei hierbei angenommen, dass 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 passiert haben beziehungsweise passieren werden.

**[0053]** Exemplarisch wird nachfolgend zunächst ein Durchlauf des Verfahrens für den Ablauf 100 erläutert, wobei dies zu einem im Vergleich zur Figur 1 früheren Stadium des Ablaufvorganges erfolgen soll, bei dem sich der Ablauf 100 noch an der Stelle des in Figur 1 dargestellten Ablaufes 102 befunden hat.

**[0054]** Beginnend von der im vorgesehenen Laufweg des Ablaufs 100 am weitesten talwärts gelegenen Gleisbremse, d.h. der Richtungsgleisbremse 70, wird nun für diese ausgehend von einer Soll-Auslaufgeschwindigkeit aus der Richtungsgleisbremse 70 zumindest ein Wert für eine Einlaufgeschwindigkeit in die Richtungsgleisbremse 70 ermittelt. Dabei kann die Soll-Auslaufgeschwindigkeit aus den Richtungsgleisbremsen 70 bis 77 beispielsweise auf einen einheitlichen Wert von 1,5 m/s vorgegeben werden. Ausgehend von dieser Soll-Auslaufgeschwindigkeit aus der ersten Gleisbremse in Form der Richtungsgleisbremse 70 wird nun - und zwar noch bevor der Ablauf 100 die Messstation MST erreicht hat - unter Berücksichtigung des Arbeitsvermögens der Richtungsgleisbremse 70 zumindest ein Wert für die Einlaufgeschwindigkeit in die Richtungsgleisbremse 70 ermittelt beziehungsweise prognostiziert. Bei den derart ermittelten Werten für die Einlaufgeschwindigkeit handelt es sich wegen der noch unbekanntem Eigenschaften des Ablaufs 100 um eine verhältnismäßig große Schar von Geschwindigkeitswerten mit einem durch einen unteren sowie einen oberen Wert

begrenzten Wertebereich für die Einlaufgeschwindigkeit, der in der bereits erwähnten ZWL-Trompete sowie sog. Sperrdreiecken SD Berücksichtigung findet (siehe Figur 2 und die dazugehörigen Erläuterungen).

**[0055]** Hierbei wird der untere Grenzwert ohne Berücksichtigung von noch nicht bekannten Eigenschaften des Ablaufes durch eine Minimalgeschwindigkeit bestimmt, bei welcher der Ablauf 100 die Richtungsgleisbremse 70 ohne von dieser geleistete Bremsarbeit mit der Soll-Auslaufgeschwindigkeit verlässt. Hingegen entspricht der obere Grenzwert einer Maximalgeschwindigkeit, bei der ein Abbremsen des Ablaufs 100 auf die Soll-Auslaufgeschwindigkeit durch die Richtungsgleisbremse 70 gerade noch zuverlässig möglich ist.

**[0056]** Ausgehend von dem derart ermittelten zumindest einen Wert für die Einlaufgeschwindigkeit in die erste Gleisbremse in Form der Richtungsgleisbremse 70 wird nun für die bezogen auf die Richtungsgleisbremse 70 bergwärts gelegene zweite Gleisbremse in Form der Talbremse 60 zumindest ein Wert für eine Auslaufgeschwindigkeit aus dieser zweiten Gleisbremse bestimmt. Dies bedeutet, dass vorzugsweise wiederum ohne Berücksichtigung von Eigenschaften des betreffenden Ablaufs 100 solche Werte für die Auslaufgeschwindigkeit aus der Talbremse 60 bestimmt werden, bei denen sichergestellt ist, dass die Einlaufgeschwindigkeit in die Richtungsgleisbremse 70 im Bereich des ermittelten zumindest einen Wertes für die Einlaufgeschwindigkeit liegt beziehungsweise im Falle eines ermittelten Maximalwertes für die Einlaufgeschwindigkeit dieser nicht überschritten wird. Dieser Ermittlungsvorgang wird dann für die Talbremse als erste Gleisbremse und die Bergbremse als zweite Gleisbremse wiederholt.

**[0057]** Im ersten Durchlauf des Verfahrens kann somit durch eine bremsübergreifende Betrachtung eine Steuerung aller Bremsen erfolgen. Dieses Berechnungsprinzip wird auch als Rückwärtskettung (bei drei Bremsstaffeln vorliegend eine zweifache Rückwärtskettung) bezeichnet und ist an sich bekannt.

**[0058]** In weiteren Durchläufen werden die weiteren dem Ablauf 100 folgende Abläufe 101, 102 ... in der gleichen Weise behandelt, dass also auch für diese die Parameter zur Steuerung der mindestens einen Gleisbremse gemäß Figur 1, also der Richtungsgleisbremse 70, der Talbremse 60 und der Bergbremse 91, berechnet werden. Das Ergebnis jedes Durchlaufes ist eine ZWL-Trompete des betreffenden Ablaufes. Unter Kenntnis aller ZWL-Trompeten (bzw. der diese bestimmenden Parameter) kann eine Ablaufsteuerung der betrachteten Abläufe simuliert werden, und zwar, noch bevor der erste Ablauf abgedrückt worden ist. Hierfür muss lediglich bekannt sein, in welche Abläufe ein Güterzug zerlegt werden soll (wobei ein Ablauf auch mehrere Wagen enthalten kann). Dabei werden die einzuhaltenden Mindestabstände zwischen den Abläufen berücksichtigt, die erforderlich sind, damit ein nachfolgender Ablauf (Nachläufer) einen vorausfahrenden Ablauf (Vorläufer) nicht eingeholt. Ein solches Simulationsergebnis ist in Figur 2 dargestellt (hierzu im Folgenden noch mehr).

**[0059]** Weiter ist vorgesehen, dass die Eigenschaften des Ablaufes 100, für den auch das weitere Vorgehen exemplarisch erläutert wird), in Form von Messgrößen, die im Rahmen des Verfahrens berücksichtigt werden sollen, in der Messstation MST gemessen beziehungsweise aus entsprechenden Messgrößen ermittelt werden. Die Messstation ist vorzugsweise ablaufbergseitig nahe des Berggipfels BG angeordnet. So können die individuellen Ablaufeigenschaften in einem frühen Stadium des betreffenden Ablaufvorganges ermittelt werden.

**[0060]** Sobald Messwerte über den betreffenden Ablauf 100 vorliegen, wird das Verfahren der Berechnung der Steuerwerte für die Richtungsgleisbremse 70, die Talbremse 60 und die Bergbremse 91 unter Berücksichtigung der Ablaufeigenschaften nach dem Prinzip der Rückwärtskettung in einem erneuten Durchlauf wiederholt. Dies geschieht zu einem Zeitpunkt, in dem der Ablauf 101 noch nicht, wie in Figur 1 dargestellt, abgedrückt wurde (also in einem früheren als dem in Figur 1 dargestellten Stadium).

**[0061]** Beginnend von der im vorgesehenen Laufweg des Ablaufs 100 am weitesten talwärts gelegenen Gleisbremse, d.h. der Richtungsgleisbremse 70, wird erneut für diese ausgehend von der Soll-Auslaufgeschwindigkeit aus der Richtungsgleisbremse 70 zumindest ein Wert für eine Einlaufgeschwindigkeit in die Richtungsgleisbremse 70 ermittelt. Ausgehend von dieser Soll-Auslaufgeschwindigkeit aus der ersten Gleisbremse in Form der Richtungsgleisbremse 70 wird nun nicht nur unter Berücksichtigung des Arbeitsvermögens der Richtungsgleisbremse 70, sondern auch unter Berücksichtigung von inzwischen aus den Messergebnissen der Messstation MST ermittelten Eigenschaften des Ablaufs 100 zumindest ein Wert für die Einlaufgeschwindigkeit in die Richtungsgleisbremse 70 ermittelt beziehungsweise prognostiziert.

**[0062]** Bei den derart ermittelten Werten für die Einlaufgeschwindigkeit handelt es sich wegen der nun besser bekannten Eigenschaften des Ablaufs 100 um eine Schar von Geschwindigkeitswerten mit einem durch einen unteren sowie einen oberen Wert enger als vorher begrenzten Wertebereich für die Einlaufgeschwindigkeit, der in der bereits erwähnten ZWL-Trompete Berücksichtigung findet (siehe auch Figur 3). Somit ist der zumindest eine ermittelte Wert für die Einlaufgeschwindigkeit in die Richtungsgleisbremse 70 unter Berücksichtigung der Messwerte in der Messstation MST für den Ablauf 100 angepasst, d.h. unter Berücksichtigung beispielsweise der Masse, der Achszahl, der Verteilung der Masse auf die Achsen und des Laufwiderstands des Ablaufs 100, derart konkretisiert, dass er zwischen einem nun engeren unteren und oberen Grenzwert (d. h. innerhalb einer ZWL-Trompete mit einer engeren Öffnung) liegt.

**[0063]** Ausgehend von dem derart ermittelten zumindest einen Wert für die Einlaufgeschwindigkeit in die erste Gleisbremse in Form der Richtungsgleisbremse 70 wird nun für die bezogen auf die Richtungsgleisbremse 70 bergwärts gelegene zweite Gleisbremse in Form der Talbremse 60 zumindest ein Wert für eine Auslaufgeschwindigkeit aus der

zweiten Gleisbremse bestimmt. Dies bedeutet, dass wiederum unter Berücksichtigung von Eigenschaften des betreffenden Ablaufs 100 die Werte für die Auslaufgeschwindigkeit aus der Talbremse 60 konkretisiert werden, und trotzdem sichergestellt ist, dass die Einlaufgeschwindigkeit in die Richtungsgleisbremse 70 im Bereich der ermittelten zumindest Werte für die Einlaufgeschwindigkeit liegt beziehungsweise im Falle eines ermittelten Maximalwertes für die Einlaufgeschwindigkeit dieser nicht überschritten wird. Dieser Ermittlungsvorgang wird dann für die Talbremse als erste Gleisbremse und die Bergbremse als zweite Gleisbremse wiederholt.

**[0064]** Überfährt der Ablauf 100 einen der Achszähler AZ1, AZ2, AZ3, werden, wie oben erläutert, weitere Messwerte über den betreffenden Ablauf erhoben. Diese ermöglichen eine weitere Konkretisierung der Ablaufeigenschaften, insbesondere des Ablaufwiderstandes, welcher insbesondere mit Hilfe der zwischen dem Passieren jeweils der Messstation MST, des dritten Achszählers AZ3, des zweiten Achszählers AZ2 und des ersten Achszählers AZ1 liegenden Zeitintervalle berechnet werden kann.

**[0065]** Mit den korrigierten Parametern für den Ablauf kann dann ein weiterer Durchlauf der Simulation in der vorstehend beschriebenen Weise für den Ablauf 100 durchgeführt werden. Weitere Korrekturen werden ermöglicht, wenn der Ablauf 100 nacheinander den dritten Achszähler AZ3, den zweiten Achszähler AZ2 und den ersten Achszähler AZ1 passiert. Hier kann überprüft werden, ob der Ablauf die bisher prognostizierten Eigenschaften tatsächlich aufweist, insbesondere schneller oder langsamer abläuft, als prognostiziert. Ist dies der Fall, können die Parameter erneut angepasst werden und mit den angepassten Parametern ein weiterer Durchlauf in der vorstehend beschriebenen Weise für den Ablauf 100 durchgeführt werden.

**[0066]** Genauso wird mit den Abläufen verfahren, die dem Ablauf 100 folgen, also gemäß Figur 1 mit den Abläufen 101 und 102. D. h., dass ein erster Durchlauf der Simulation für alle Abläufe durchgeführt wird, noch bevor Messwerte aus der Messstation MST vorliegen. Vorteilhaft können jedoch bereits aktualisierte Parameter der bereits ablaufenden Abläufe, also des Ablaufes 100 für den Ablauf 101 und später dann des Ablaufs 101 für den Ablauf 102 berücksichtigt werden, wodurch die Sicherheitsreserve in der bereits beschriebenen Weise verringert werden kann. Danach werden weitere Durchläufe durchgeführt und hierbei die Messwerte aus der Messstation MST, dem dritten Achszähler AZ3, dem zweiten Achszähler AZ2 und dem ersten Achszähler AZ1 berücksichtigt.

**[0067]** Mit anderen Worten kann die Sicherheitsreserve bei der Prognose des Ablaufvorganges durch Simulation sukzessive verringert werden, und zwar in dem Maße, wie die Ablaufeigenschaften durch Erstellung von Messwerten besser bekannt werden. Die verringerte Sicherheitsreserve kommt insbesondere in einer geringeren Öffnung der ZWL-Trompete zum Ausdruck, mit dem Ergebnis einer Steigerung der Ablaufleistung, da der Sicherheitsabstand zwischen aufeinanderfolgenden Abläufen verringert werden kann, ohne Einholvorgänge zu riskieren (hierzu im Folgenden noch mehr). Hierbei ist insbesondere der jeweilige gemeinsame Laufweg der Abläufe 100, 101, 102 zu betrachten, um Einholvorgänge zu vermeiden und auch ein sicheres Umstellen der Verteilweichen 80 bis 86 in der Verteilzone 40 zu ermöglichen, wenn die Abläufe unterschiedliche Laufwege haben. Darüber hinaus können im Rahmen des Verfahrens auch weitere Randbedingungen, wie beispielsweise maximale Befahrungsgeschwindigkeiten im Laufweg, berücksichtigt werden. 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.

**[0068]** Zwecks Durchführung des Verfahrens weist die durch die zentrale Steuervorrichtung 230, die Talbremsensteuerung 200 sowie die Richtungsgleisbremsensteuerung 220 gebildete Steuereinrichtung neben hardwaretechnischen Komponenten, etwa in Form entsprechender Prozessoren und Speichermittel, weiterhin softwaretechnische Komponenten, etwa in Form von Programmen zur Simulation des Laufverhaltens der Abläufe 100, 101, auf.

**[0069]** In Figur 2 sind exemplarisch die Zeitweglinien ZWL von den Abläufen 100, 101 und 102 dargestellt. Es sind verschiedene Durchläufe DL1, DLn einer Simulation dargestellt, die nach der Erfindung erstellt wurde. In jeder Simulation wird der komplette Ablaufvorgang der drei Abläufe 100, 101, 102 durchgerechnet.

**[0070]** 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 der x-Achse der Berggipfel BG sowie die Gleisbremsen 91, 60, 70 liegen. Auf der z-Achse ist die Zeit t dargestellt. Deswegen ist der Pfeil für die fortschreitende Zeit in der Zeichnung nach unten gerichtet.

**[0071]** 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 ... T6 nach unten hin begrenzt, durch das jeweils bergseitige letzte Rad des Ablaufs, sodass diese ZWL jeweils am Abdrückpunkt AP des Ablaufes AP100, AP101 des Ablaufs 101 und AP102 des Ablaufs 102 beginnt. Daher ergibt eine gedachte Verbindungslinie zwischen dem jeweiligen Anfang der ZWL in dem Diagramm immer eine Waagerechte, da sich das erste sowie letzte Rad des betreffenden Ablaufes zum gleichen Zeitpunkt an unterschiedlichen Stellen x des Ablaufweges befinden.

**[0072]** Aufgrund der Unsicherheiten bei der Ablaufplanung, die bei der Simulation berücksichtigt werden, weiten sich die Trompeten T1 ... T6 bei fortschreitendem Abläufen immer weiter auf. Deswegen würden waagerechte Linien in der

fortschreitenden Trompete T1 ... T6 selbstverständlich eine größere Länge ergeben als die tatsächliche Länge des bzw. genau gesagt die Länge zwischen dem ersten und letzten Rad des betreffenden Ablaufs (Überhänge können, wie bereits erwähnt, durch größere Sicherheitsabstände berücksichtigt werden).

**[0073]** Da sich beim fortschreitenden Ablauf der Bereich des Ablaufweges, in dem sich jeweils das erste bzw. letzte Rad des betreffenden Ablaufs befindet, vergrößert, verringert sich demgegenüber der Bereich des Ablaufweges zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abläufen, der sich zuverlässig zwischen den Abläufen befindet. Dies lässt sich Figur 2 eindeutig, insbesondere beim Durchlauf DL1 entnehmen, wenn man die Bereiche zwischen den Trompeten T1 ... T3 betrachtet, in denen Sperrdreiecke SD eingezeichnet sind. 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 Trompeten T1 ... T3 maßgeblich.

**[0074]** Die Sperrdreiecke SD veranschaulichen hierbei, welche Größen hierbei zu berücksichtigen sind. Die Sperrdreiecke SD sind rechtwinklig und haben eine waagerechte Seite, die gerade der Länge der Gleisbremse entspricht. Dies liegt daran, dass das erste Rad des Nachläufers die Gleisbremse erst erreichen darf, wenn das letzte Rad des Vorläufers diese wieder verlassen hat. Deswegen darf die Zeit, in der sich das letzte Rad des Vorläufers noch in der Gleisbremse befindet, nicht in die Zeitreserve zwischen dem Vorläufer und dem Nachläufer repräsentierenden benachbarten Trompeten T1 und T2 bzw. T2 und T3 eingerechnet werden. Die waagerechte Linie wird daher in Figur 2 mit der Länge  $l_{91}$  der Bergbremse 91 der Länge  $l_{60}$  der Talbremse 60 sowie der Länge  $l_{70}$  der Richtungsgleisbremse 70 bezeichnet.

**[0075]** Die senkrechte Dreiecksseite bildet das Zeitfenster ZF, in dem zuverlässig kein Ablauf in der betreffenden Gleisbremse ist. Unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit der Abläufe lässt sich diese direkt mit einem erforderlichen Sicherheitsabstand in Beziehung setzen (Geschwindigkeit multipliziert mit dem Zeitfenster ergibt den Sicherheitsabstand). Somit gibt es bei einem geforderten Sicherheitsabstand auch ein kritisches Zeitfenster ZFK zwischen dem jeweiligen Vorläufer und Nachläufer, dessen Unterschreiten zu einer Unterschreitung des minimal geforderten Sicherheitsabstands und im schlimmsten Fall sogar zu einem Einholvorgang zwischen Vorläufer und Nachläufer führen würde. Dieses ist in Figur 2 jeweils schraffiert dargestellt und ist in der Simulation bestimmend dafür, in welchen Zeitabständen aufeinanderfolgende Abläufe abgedrückt werden, oder, anders ausgedrückt, welchen zeitlichen Abstand  $t$  die Abdrückpunkte AP100, AP101, AP102 haben. Dieser zeitliche Abstand bestimmt die zeitliche Ablaufleistung am Ablaufberg, weil ein Zug umso schneller am Berggipfel abgedrückt werden kann, je kürzer diese zwischen den Abdrückpunkten liegenden Zeiträume sind.

**[0076]** Es soll angenommen werden, dass zum Zeitpunkt des ersten Durchlaufs DL1 der Simulation noch keiner der Abläufe 100 ... 102 abgedrückt wurde. Deswegen sind die Unsicherheiten mangels unbekannter und nur zu schätzender Ablaufeigenschaften der Abläufe 100 ... 102 verhältnismäßig groß und die Trompeten T1 ... T3 relativ stark geöffnet. Dies führt wegen der kritischen Zeitfenster ZFK zu verhältnismäßig langen Zeiträumen zwischen den einzelnen Abdrückvorgängen, repräsentiert durch die Abdrückpunkte AP100 ... AP102. Hier setzt die Erfindung an, indem während der Steuerung des Ablaufvorganges die Simulation in folgenden Durchläufen durchgeführt wird. In Figur 2 ist einer dieser späteren Durchläufe DLn exemplarisch dargestellt.

**[0077]** Hierbei sei angenommen, dass der Ablauf 100 bereits die Talbremse 60 passiert hat und der Ablauf 101 bereits die Bergbremse 91. Der Ablauf 102 ist noch nicht abgedrückt worden. Gestrichelt eingezeichnet sind die Trompeten T1, T2, T3 aus dem ersten Durchlauf DL1 zur Verdeutlichung des ausgeschöpften Optimierungspotentials.

**[0078]** Wie sich für den Ablauf 100 zeigt, konnten die ZWL des ersten Rades und des letzten Rades des Ablaufes 100 unter Auswertung der Ergebnisse des dritten Achszählers AZ3 und des zweiten Achszählers AZ2 gemäß Figur 2 bereits korrigiert werden, und zwar an das real vorliegende Ablaufverhalten des Ablaufes 100. Daher ergibt sich zu dem Zeitpunkt, in dem das letzte Rad des Einlaufs den Achszähler passiert, genau die Länge  $l_{100}$  aus der Spreizung der Trompete an der betreffenden Stelle (die Lage der Achszähler AZ3, AZ2 wird der Einfachheit halber gemäß Figur 2 genau am jeweiligen Anfang der betreffenden Gleisbremse angenommen). Es zeigt sich, dass die sich so ergebende Trompete T4 wesentlich enger ausfällt als die im ersten Durchlauf berechnete Trompete T1, wodurch eine Zeitreserve  $\Delta T1$  zwischen der unteren ZWL der ersten Trompete T1 sowie der unteren ZWL der vierten Trompete T4 genutzt werden konnte, um den Ablauf 101 früher abzudrücken. Das Sperrdreieck SD mit dem kritischen Zeitfenster ZFK "rutscht" sozusagen in der Darstellung gemäß Figur 2 um den Betrag  $\Delta T1$  nach oben, und die zweite Trompete T2 ist ebenfalls um den Betrag  $\Delta T1$  "gefolgt".

**[0079]** Dieser Vorgang ist zwar in dem Durchlauf DLn dargestellt, liegt historisch aber in einem früheren nicht dargestellten Durchlauf. In dem Stadium gemäß dem Durchlauf DLn ist nämlich der Durchlauf Ablauf 101 bereits abgedrückt worden und hat infolgedessen die Messstation MST bereits passiert. Der Figur 2 lässt sich entnehmen, dass auch durch Auswertung der Messwerte der Messstationen MST bereits eine genauere Einschätzung des Ablaufverhaltens des Ablaufes 101 möglich ist und deshalb auch eine genauere Simulation. Diese ist in Figur 2 durch die im Vergleich zur zweiten Trompete T2 engere fünfte Trompete T5 dargestellt. Dadurch, dass die nun berechnete Trompete T5 nicht nur nach oben "gerutscht" ist, sondern auch enger als die ursprüngliche zweite Trompete T2, vergrößert sich damit auch der realisierte Zeitgewinn auf  $\Delta T2$ , in dem der erste Zeitgewinn  $\Delta T1$  enthalten ist.

**[0080]** Da der Ablauf 101 noch nicht die Bergbremse 91 erreicht hat, ist noch genug Zeit, um den realisierbaren Zeitgewinn  $\Delta T_2$  beim Abdrücken den Ablaufs 102 zu berücksichtigen. Dieser wird somit früher abgedrückt als in der ursprünglichen, in Durchlauf DL1 errechneten Simulation vorgesehen war.

**[0081]** Selbstverständlich lassen sich die realisierbaren Zeitgewinne Delta T nur in dem Maße verwirklichen wie dies aufgrund der Trägheitskräfte des Zuges sowie des Leistungsvermögens der Abdrücklokomotive überhaupt möglich ist. Diese kann auf den Zug zwecks Abdrücken nur eine endliche Beschleunigung oder Bremsung ausüben, wobei dies in der Simulation berücksichtigt werden kann.

**[0082]** Angewendet werden können zum Beispiel zwei unterschiedliche Ansätze zur Berechnung der Bremsenauslaufgeschwindigkeiten, solange noch keine individuellen Eigenschaften der Abläufe durch Messungen ermittelt wurden oder anderweitig bekannt sind.

**[0083]** Das eine Verfahren soll im Folgenden FDeltaV-Verfahren genannt werden. Hier werden in der Simulation alle Abläufe so aus der Bremse entlassen, dass sie zur gleichen Zeit wie ein vergleichbarer Grenzscheitläufer den nächsten Zielpunkt (Gleisbremse oder Stillstand auf dem Richtungsgleis am Zielort) erreichen. Zwar wird dabei das Zeitfenster aus Vor- und Nachläuferberechnung 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. Der hauptsächlichliche Zeitverlust entsteht hier durch die Anpassung an das Zeitverhalten des Grenzscheitläufers, damit dieser in keinem Fall einen vorausfahrenden realen Grenzscheitläufer einholen kann, das kritische Zeitfenster ZFK also erhalten bleibt.

**[0084]** Das andere Verfahren soll im Folgenden VRZ-Verfahren genannt werden. Hier wird bei der Vor- bzw. Nachläuferberechnung auf eine vorgegebene jeweilige Einlaufgeschwindigkeit am Zielort und in die Gleisbremsen gezielt. Einerseits wird auch hier durch die festen Einlaufgeschwindigkeiten das Optimierungspotential von Gutläufern nicht genutzt, außerdem verbreitert sich dabei die ZWL-Trompete und damit das Zeitfenster für einen Einlauf am Zielort zunächst noch stark, solange keine Messergebnisse zu den Abläufen vorliegen.

**[0085]** In Figur 3 ist das Verfahren schematisch als Blockschaltbild dargestellt. Es wird beim Verfahrensablauf unterschieden zwischen einem Teilverfahren für die Messung MS, einem Teilverfahren für die Simulation des Ablaufvorgangs SI und einem Teilverfahren für die Steuerung des Ablaufvorgangs ST. Diese Teilverfahren können in einem Computer oder in verschiedenen Computern ablaufen. Beispielsweise kann das Teilverfahren für die Steuerung ST in einer Bremsensteuerung durchgeführt werden und das Teilverfahren für die Simulation in einem zentralen Computer mit der Rechenkapazität für schnelle Simulationvorgänge. Das Teilverfahren für die Messung MS kann ebenfalls durch Computer unterstützt werden oder es werden die Messwerte direkt an die Steuerung weitergegeben, die das Teilverfahren für die Steuerung ST durchführt.

**[0086]** Bei dem Beispiel gemäß Figur 3 werden alle Teilverfahren zunächst gestartet. Die Abläufe in den einzelnen Teilverfahren sind in ihrer horizontalen Anordnung weitgehend an einen zeitlichen Ablauf des Verfahrens angepasst, um das Ineinandergreifen der Teilverfahren besser zu verdeutlichen. Da hierbei auch Rekursionsschleifen zum Einsatz kommen, ist die horizontale Anordnung nur für eine grobe Orientierung gedacht.

**[0087]** In dem Teilverfahren für die Simulation SI werden zunächst Ablaufdaten für einen Zug mit abzudrückenden Abläufen A\_DAT eingelesen. Anschließend findet mit diesen Daten und bereits vorliegenden Daten, die die verwendete Ablaufanlage beschreiben, in einem Simulationsschritt des Ablaufvorgangs A\_SIM eine Ablaufsimulation statt. Aus dieser Ablaufsimulation lassen sich Steuerungsdaten für die Steuerung der Gleisbremsen ST\_DAT berechnen, welche an das Teilverfahren für die Steuerung ST ausgegeben werden. Dieses ist bereits gestartet.

**[0088]** In dem Teilverfahren für die Steuerung wird nach Einlesen der Steuerungsdaten ST\_DAT in einem Steuerungsschritt ST\_A für die Gleisbremsen (und optional auch für Weichen und andere Komponenten des Ablaufbergs) die Ablaufanlage dahingehend gesteuert, dass unter Berücksichtigung der im Simulationsschritt A\_SIM ermittelten Vorgaben eine Ablaufsteuerung ohne Kollision erfolgen kann. In einem nachfolgenden Abfrageschritt für das Verfahrensende wird nach dem Ende des Ablaufvorgangs gefragt. Ist dieses erreicht, wird das Verfahren gestoppt. Andernfalls wird das Verfahren mit dem Einlesen ST\_DAT neuer Steuerungsdaten wiederholt.

**[0089]** Nachdem das Teilverfahren für die Messung gestartet ist, werden in einem Messschritt für die Ablaufeigenschaften MS\_A nacheinander die Ablaufeigenschaften der passierenden Abläufe gemessen. Anschließend werden die erhobenen Messdaten MS\_DAT ausgegeben und in das Teilverfahren für die Simulation eingelesen. Im Teilverfahren für die Simulation SI erfolgt ebenfalls eine Abfrage, ob das Verfahrensende erreicht. Nur, wenn keine neuen Messdaten mehr eingelesen werden sollen, ist dies der Fall und führt zu einer Beendigung des Verfahrens. Ansonsten wird mit aktualisierten Messdaten MS\_DAT der Simulationsschritt des Ablaufvorganges A\_SIM für alle zu betrachtende Abläufe wiederholt.

**[0090]** Das Teilverfahren für die Messung MS wird durchgeführt, bis alle zu betrachtenden Abläufe (Messeinrichtungen gemäß Figur 1 beispielsweise MST, AZ1, AZ2, AZ3) passiert haben. Dann wird ein Abfrageschritt für das Verfahren für das Ende STP? dazu führen, dass das Verfahren angehalten wird. Ansonsten wird ein weiterer Messschritt MS\_A für einen Ablauf durchgeführt.

Bezugszeichenliste

[0091]

5	10	Ablaufanlage
	20	Ablauframpe
	30	Zwischenneigung
	40	Verteilzone
	80 ... 86	Verteilweichen
10	50 ... 57	Richtungsgleise
	90, 91	Bergbremsen
	60, 61	Talbremsen
	70 ... 77	Richtungsgleisbremsen
	100 ... 102	Ablauf
15	110	Abdrücklokomotive
	200	Talbremsensteuerung
	250	Bergbremsensteuerung
	220	Richtungsgleisbremsensteuerung
	230	zentrale Steuervorrichtung
20	211, 221, 231, 233, 241, 251	Schnittstelle
	BG	Berggipfel
	AP	Abdrückpunkt
	BB	Bergbremsstaffel
25	TB	Talbremsstaffel
	RGB	Richtungsgleisbremsstaffel
	MST	Messstation
	AZ1 ... AZ3	Achszähler
30	t	Zeit
	x	Laufweg
	$l_{100} \dots l_{102}$	Länge eines Ablaufes
	$l_{60} \ l_{70} \ l_{91}$	Länge einer Gleisbremse
	DL1 ... DLn	Durchlauf (Simulation)
35	ZWL	Zeit-Weg-Linie
	T1 ... T6	ZWL-Trompete
	SD	Sperrdreieck
	ZF	Zeitfenster
	$\Delta t1 \dots \Delta t2$	Zeitersparnis
40	MS	Teilverfahren für die Messung
	SI	Teilverfahren für die Simulation des Ablaufvorganges
	ST	Teilverfahren für die Steuerung des Ablaufvorganges
	ST_A	Steuerungsschritt für Gleisbremsen
	A_SIM	Simulationsschritt des Ablaufvorganges
45	A_DAT	Ablaufdaten für einen Zug
	ST_DAT	Steuerungsdaten für die Steuerung der Gleisbremsen
	MS_A	Messschritt für Ablaufeigenschaften
	MS_DAT	Messdaten
	STP?	Abfrageschritt für Verfahrensende
50		

Patentansprüche

1. Verfahren zum rechnergestützten Simulieren des Ablaufens einer Vielzahl von Abläufen (100 ... 102) in einer rangiertechnischen Ablaufanlage (10), bei dem simuliert wird, dass die Abläufe an einem Abdrückpunkt (AP) abgedrückt werden und auf einem Weg durch die Ablaufanlage (10) zum Steuern mindestens eine Gleisbremse durchlaufen, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Ablaufen der Vielzahl von Abläufen (100 ... 102) rechnergestützt in wiederholten Durchläufen simuliert

## EP 4 328 113 A1

wird, wobei ein Ablaufverhalten jedes Ablaufes (100 ... 102) ermittelt wird, indem

- für einen maximal zu erwartenden Laufwiderstand jedes Ablaufes (100 ... 102) zur Ermittlung eines Zeit-Weg-Verhaltens ein bergseitiges Ende des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) berücksichtigt wird,
- für einen minimal zu erwartenden Laufwiderstand jedes Ablaufes (100 ... 102) zur Ermittlung des Zeit-Weg-Verhaltens ein talseitiges Ende des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) berücksichtigt wird,
- für jeden Ablauf (100 ... 102) eine Abdrückgeschwindigkeit unter Berücksichtigung eines vorgegebenen nicht zu unterschreitenden Sicherheitsabstandes zwischen jeweils aufeinanderfolgenden Abläufen (100 ... 102), nämlich dem vorlaufenden Vorläufer und dem nachlaufenden Nachläufer, und unter Berücksichtigung des maximal zu erwartenden Laufwiderstandes des Vorläufers und des minimal zu erwartenden Laufwiderstandes des Nachläufers berechnet wird,
- für jeden Ablauf (100 ... 102) für die mindestens eine Gleisbremse eine Auslaufgeschwindigkeit unter Berücksichtigung des vorgegebenen, nicht zu unterschreitenden Sicherheitsabstandes zwischen jeweils aufeinanderfolgenden Abläufen (100 ... 102), nämlich dem vorlaufenden Vorläufer und dem nachlaufenden Nachläufer, und unter Berücksichtigung des maximal zu erwartenden Laufwiderstandes des Vorläufers und des minimal zu erwartenden Laufwiderstandes des Nachläufers berechnet wird,
- Die berechneten Abdrückgeschwindigkeiten und berechneten Auslaufgeschwindigkeiten 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) an einem Abdrückpunkt (AP) abgedrückt werden und auf einem Laufweg durch die Ablaufanlage (10) zum Steuern mindestens eine Gleisbremse durchlaufen,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** das Ablaufen der Vielzahl von Abläufen (100 ... 102) rechnergestützt in wiederholten Durchläufen simuliert wird, wobei ein Ablaufverhalten jedes Ablaufes (100 ... 102) ermittelt wird, indem

- für einen maximal zu erwartenden Laufwiderstand jedes Ablaufes (100 ... 102) zur Ermittlung eines Zeit-Weg-Verhaltens ein bergseitiges Ende des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) berücksichtigt wird,
- für einen minimal zu erwartenden Laufwiderstand jedes Ablaufes (100 ... 102) zur Ermittlung des Zeit-Weg-Verhaltens ein talseitiges Ende des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) berücksichtigt wird,
- für jeden Ablauf (100 ... 102) eine Abdrückgeschwindigkeit unter Berücksichtigung eines vorgegebenen nicht zu unterschreitenden Sicherheitsabstandes zwischen jeweils aufeinanderfolgenden Abläufen (100 ... 102), nämlich dem vorlaufenden Vorläufer und dem nachlaufenden Nachläufer, und unter Berücksichtigung des maximal zu erwartenden Laufwiderstandes des Vorläufers und des minimal zu erwartenden Laufwiderstandes des Nachläufers berechnet wird,
- für jeden Ablauf (100 ... 102) für die mindestens eine Gleisbremse eine Auslaufgeschwindigkeit unter Berücksichtigung des vorgegebenen, nicht zu unterschreitenden Sicherheitsabstandes zwischen jeweils aufeinanderfolgenden Abläufen (100 ... 102), nämlich dem vorlaufenden Vorläufer und dem nachlaufenden Nachläufer, und unter Berücksichtigung des maximal zu erwartenden Laufwiderstandes des Vorläufers und des minimal zu erwartenden Laufwiderstandes des Nachläufers berechnet wird,
- die Abdrücklokomotive (10) mit dem Ziel des Erreichens der Abdrückgeschwindigkeit jedes Ablaufes (100 ... 102) gesteuert wird und die mindestens eine Gleisbremse mit dem Ziel des Erreichens der Auslaufgeschwindigkeit für jeden Ablauf (100 ... 102) gesteuert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Berücksichtigung des bergseitigen Endes des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) durch das in Fahrtrichtung gesehen letzte Rad des Ablaufes (100 ... 102) und/oder die Berücksichtigung des talseitigen Endes des betreffenden Ablaufes (100 ... 102) durch das das in Fahrtrichtung gesehen erste Rad des Ablaufes (100 ... 102) erfolgt.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

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

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** in der Simulation Weichen als Trennungspunkte der Laufwege (x) zwischen dem vorlaufenden Vorläufer

und dem nachlaufenden Nachläufer berücksichtigt werden, indem die Berücksichtigung des nicht zu unterschreitenden Sicherheitsabstandes zwischen dem betroffenen Vorläufer und dem betroffenen Nachläufer hinter dem Trennungspunkt beendet wird.

- 5     **6.** Verfahren nach Anspruch 5,  
      **dadurch gekennzeichnet,**  
      **dass** in der Simulation hinter dem Trennungspunkt
- 10       • für den betroffenen Vorläufer und den nun nachfolgenden neuen Nachläufer für mindestens eine noch zu befahrende Gleisbremse eine Auslaufgeschwindigkeit unter Berücksichtigung des vorgegebenen, nicht zu unterschreitenden Sicherheitsabstandes zwischen dem vorlaufenden Vorläufer und dem nachlaufenden Nachläufer, und unter Berücksichtigung des maximal zu erwartenden Laufwiderstandes des Vorläufers und des minimal zu erwartenden Laufwiderstandes des Nachläufers berechnet wird,
  - 15       • für den betroffenen Nachläufer und den nun vorausfahrenden neuen Vorläufer für mindestens eine noch zu befahrende Gleisbremse eine Auslaufgeschwindigkeit unter Berücksichtigung des vorgegebenen, nicht zu unterschreitenden Sicherheitsabstandes zwischen dem vorlaufenden Vorläufer und dem nachlaufenden Nachläufer, und unter Berücksichtigung des maximal zu erwartenden Laufwiderstandes des Vorläufers und des minimal zu erwartenden Laufwiderstandes des Nachläufers berechnet wird.
- 20     **7.** Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
      **dadurch gekennzeichnet,**  
      **dass** in der Simulation ein maximales Beschleunigungsvermögen der Abdrücklokomotive (110) bei der Berechnung der Abdrückgeschwindigkeit berücksichtigt wird.
- 25     **8.** Rangiertechnischen Ablaufanlage (10) für Abläufe, wobei mehrere Laufwege (x) durch die Ablaufanlage (10) mit jeweils mindestens eine Gleisbremse realisiert sind, und einer Steuerung für die mindestens eine Gleisbremse  
      **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  
30       der vorangehenden Ansprüche durchzuführen.
- 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.
- 35     **10.** Computerprogrammprodukt, umfassend Programmbefehle, die bei der Ausführung des Programms durch die rangiertechnische Ablaufanlage (10) nach Anspruch 8 dazu veranlassen, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 7 durchzuführen.
- 40     **11.** Computerlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogrammprodukt nach dem letzten voranstehenden Anspruch gespeichert ist.

45

50

55

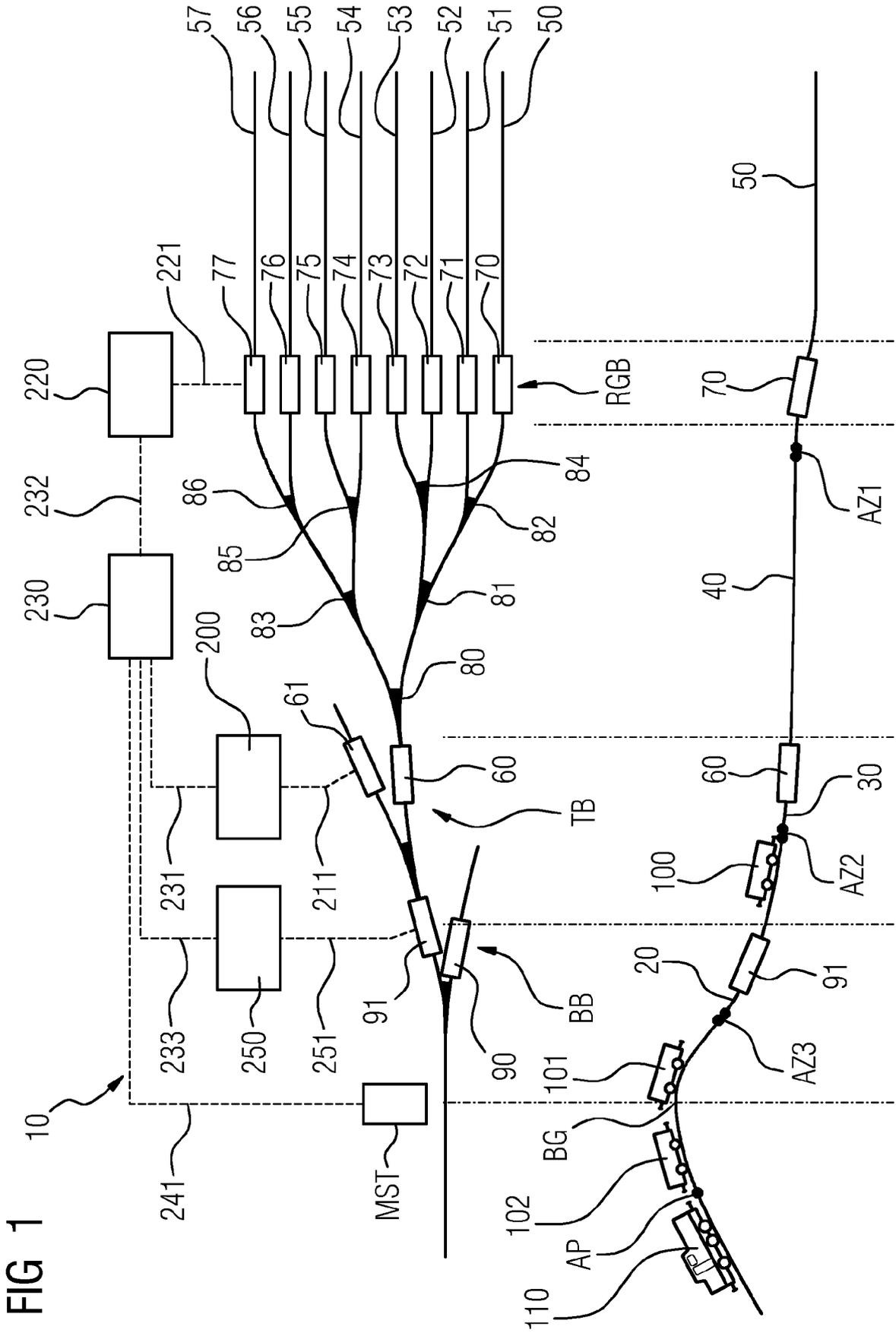


FIG 2

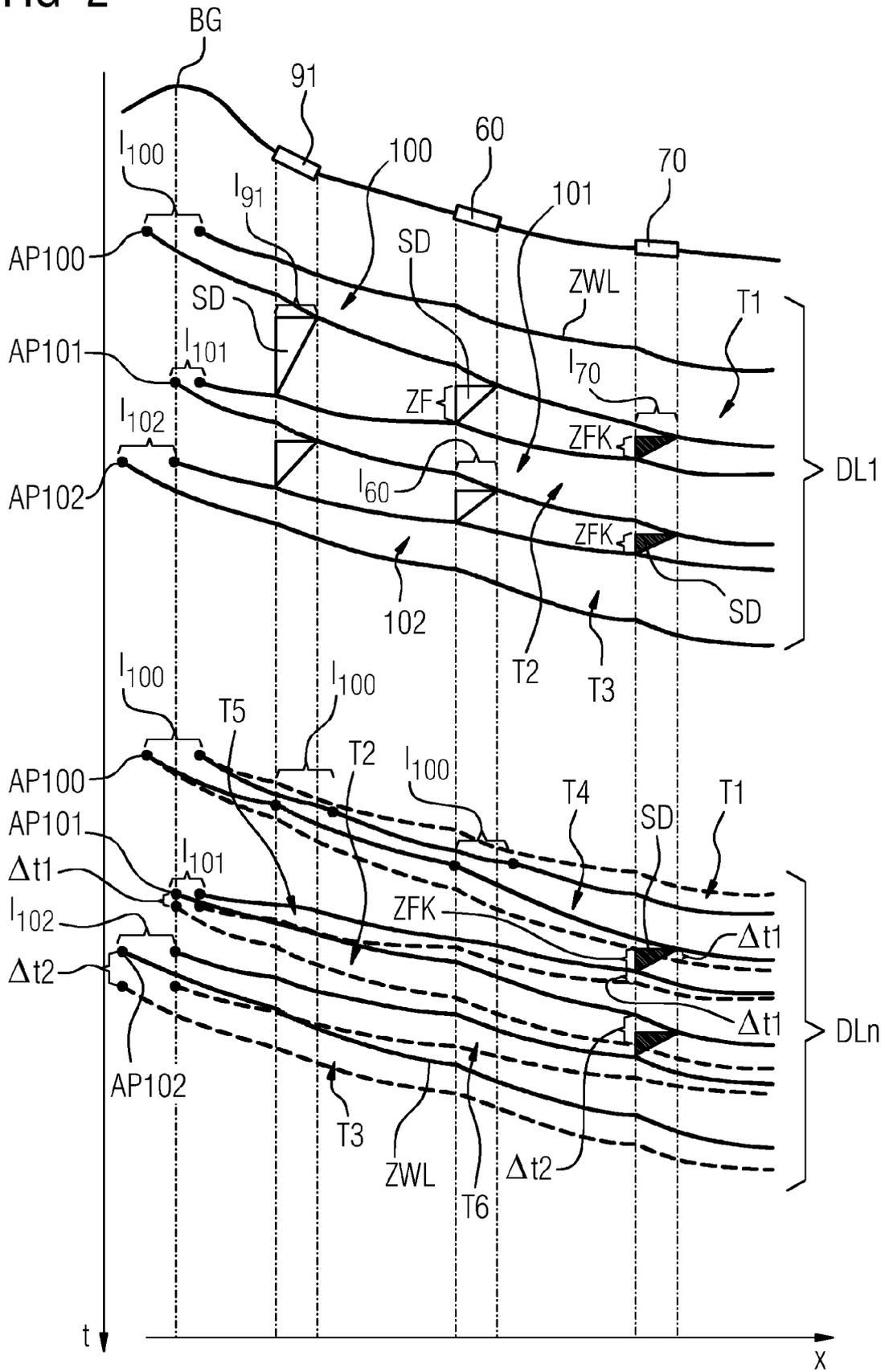
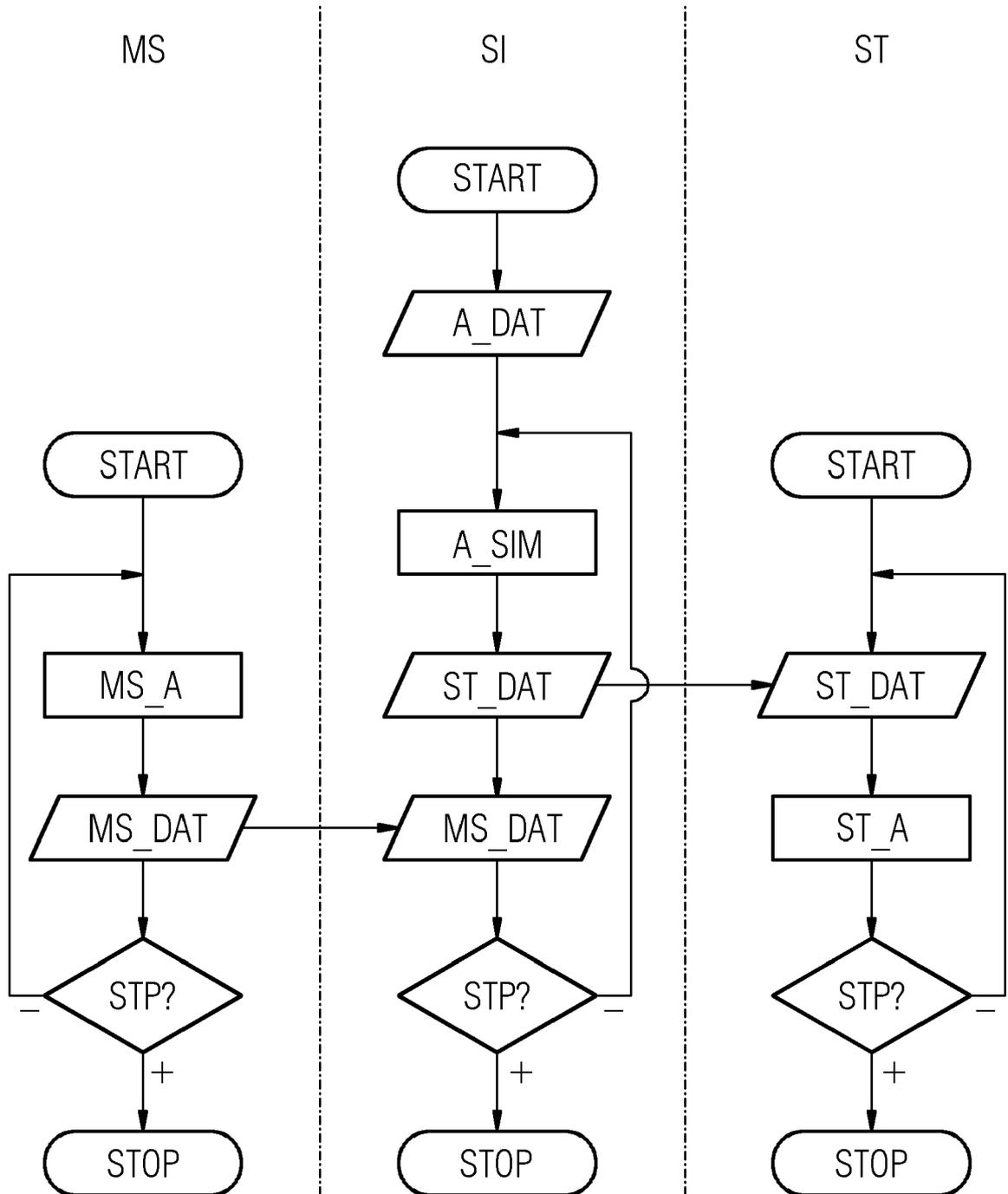


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 19 2458

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)	1, 2, 4-6, 8-11	INV. B61L17/02
A	* Absatz [0004] * * Absätze [0027] - [0030]; Abbildung 1 * * Absätze [0031] - [0033]; Abbildung 2 * * Absätze [0035] - [0037], [0040], [0044] - [0046]; Abbildung 3 * -----	3, 7	B61L27/60
A, D	DE 10 2011 079501 A1 (SIEMENS AG [DE]) 24. Januar 2013 (2013-01-24) * Absätze [0033] - [0042]; Abbildung 1 * -----	1-11	
A	DE 10 2011 079335 A1 (SIEMENS AG [DE]) 24. Januar 2013 (2013-01-24) * Absätze [0016], [0040]; Abbildungen * -----	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B61L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlussdatum der Recherche <b>8. Februar 2023</b>	Prüfer <b>Martínez Martínez, J</b>
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 : mündliche 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 2458

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

08-02-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	<b>DE 102012203812 A1</b>	<b>12-09-2013</b>	<b>DE 102012203812 A1</b>	<b>12-09-2013</b>
			<b>WO 2013135501 A1</b>	<b>19-09-2013</b>
15	<b>DE 102011079501 A1</b>	<b>24-01-2013</b>	<b>DE 102011079501 A1</b>	<b>24-01-2013</b>
			<b>EP 2720926 A1</b>	<b>23-04-2014</b>
			<b>LT 2720926 T</b>	<b>25-04-2017</b>
			<b>RU 2014106220 A</b>	<b>27-08-2015</b>
20			<b>US 2014144345 A1</b>	<b>29-05-2014</b>
			<b>WO 2013010796 A1</b>	<b>24-01-2013</b>
	<b>DE 102011079335 A1</b>	<b>24-01-2013</b>	<b>DE 102011079335 A1</b>	<b>24-01-2013</b>
25			<b>EP 2718165 A1</b>	<b>16-04-2014</b>
			<b>RU 2014105839 A</b>	<b>27-08-2015</b>
			<b>US 2014137762 A1</b>	<b>22-05-2014</b>
30			<b>WO 2013010793 A1</b>	<b>24-01-2013</b>
35				
40				
45				
50				
55				

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 [0005] [0006]