

(19)



(11)

EP 4 467 420 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.11.2024 Patentblatt 2024/48

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61L 27/20 ^(2022.01) **B61L 27/40** ^(2022.01)
B61L 27/53 ^(2022.01) **B61L 15/00** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23175088.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61L 15/0058; B61L 27/20; B61L 27/40;
B61L 27/53

(22) Anmeldetag: **24.05.2023**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Eördegh, Péter**
38108 Braunschweig (DE)
• **Froböse, Thomas**
38170 Berklingen-Vahlberg (DE)
• **Naundorf, Ludwig**
38102 Braunschweig (DE)

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

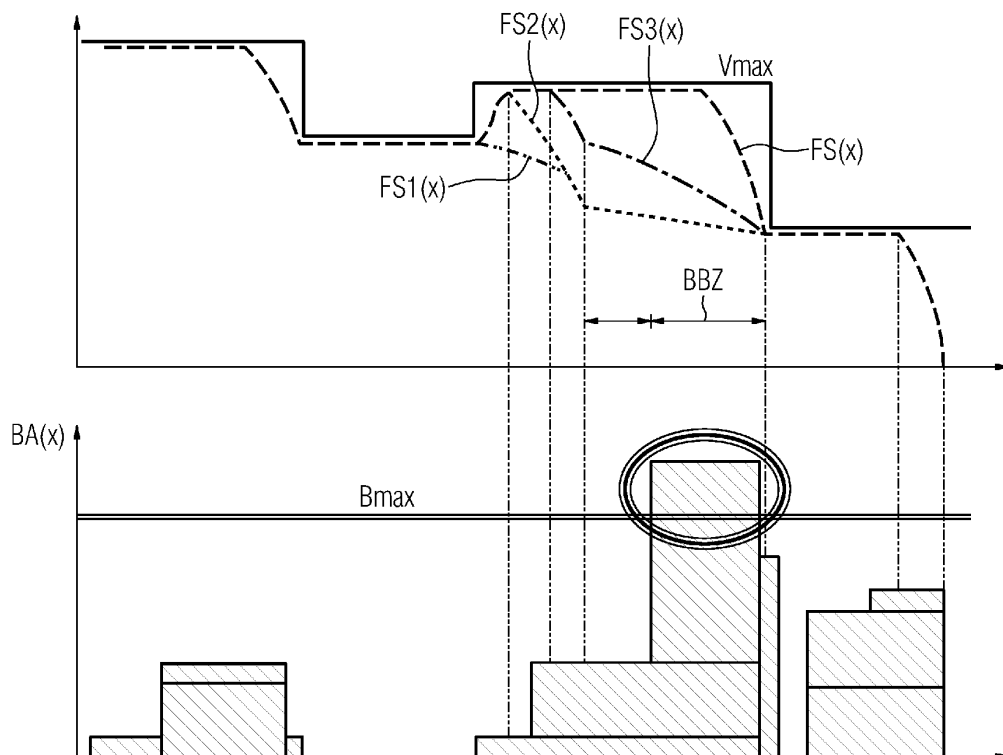
(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **VERFAHREN UND EINRICHTUNGEN FÜR DEN BETRIEB EINES EISENBAHNSYSTEMS**

(57) Die Erfindung bezieht sich unter anderem auf ein Verfahren für den Betrieb eines Eisenbahnsystems. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass eine durch Belastungsvorgänge auf eine Schiene eines Eisenbahngleises ausgeübte mechanische Belastung unter Bil-

dung einer Belastungsangabe (BA) für zumindest einen Schienenort (x) ermittelt wird und ein Warnsignal (WS) erzeugt wird, wenn die ermittelte Belastungsangabe (BA) eine vorgegebene Belastungsschwelle (B_{max}) überschreitet.

FIG 11



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich unter anderem auf ein Verfahren für den Betrieb eines Eisenbahnsystems.

[0002] Im Bereich der Eisenbahntechnik kann das Problem auftreten, dass einzelne Abschnitte von Eisenbahngleisen höher belastet werden als andere Abschnitte und es unter Umständen zu einem Bruch von Schienen kommen kann. Beispielsweise sind solche Abschnitte von Schienen besonders gefährdet, in denen regelmäßig Brems- oder Beschleunigungsvorgänge auftreten.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren für den Betrieb eines Eisenbahnsystems anzugeben, das die beschriebene Belastungs- und Bruchproblematik berücksichtigt.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in Unteransprüchen angegeben.

[0005] Danach ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass eine durch Belastungsvorgänge auf eine Schiene eines Eisenbahngleises ausgeübte mechanische Belastung unter Bildung einer Belastungsangabe für zumindest einen Schienenort ermittelt wird und ein Warnsignal erzeugt wird, wenn die ermittelte Belastungsangabe eine vorgegebene Belastungsschwelle überschreitet.

[0006] Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, dass dieses eine durchgängige kontinuierliche Belastungsüberwachung der Schienen ermöglicht und somit ein rechtzeitiges Eingreifen durch Wartungs- oder Reparaturmaßnahmen erlaubt.

[0007] Vorteilhaft ist es, wenn zwei oder mehr unterschiedliche Belastungsschwellen mit individuellen Warnsignalen vorgesehen werden, also beispielsweise eine erste Belastungsschwelle für ein Vorwarnsignal bei noch zulässiger Gesamtbelastung und eine zweite Belastungsschwelle für ein Hauptwarnsignal bei bereits kritischer Gesamtbelastung.

[0008] Die Belastungsermittlung kann gleichermaßen für Beschleunigungs- und Bremsvorgänge durchgeführt werden; alternativ können nur Beschleunigungsvorgänge oder nur Bremsvorgänge berücksichtigt werden oder es können Beschleunigungsvorgänge und Bremsvorgänge in unterschiedlicher Gewichtung berücksichtigt werden.

[0009] Die Belastungsangabe wird vorzugsweise für eine Vielzahl an Schienenorten unter Bildung einer ortsbezogenen Belastungsangabe ermittelt und es wird vorzugsweise ein ortsbezogenes Warnsignal erzeugt, das den jeweiligen Ort der Überschreitung der Belastungsschwelle anzeigt.

[0010] Die Belastungsangabe wird vorzugsweise aktualisiert, um einen weiteren Belastungsvorgang zu berücksichtigen, indem die von dem jeweiligen Belastungsvorgang betroffenen Schienenorte ermittelt werden, für jeden der betroffenen Schienenorte jeweils eine Belastungserhöhungsangabe ermittelt wird, die die durch den jeweiligen Belastungsvorgang hervorgerufene zusätzliche Belastung beschreibt, und die Belastungsangabe aktualisiert wird, indem für jeden der betroffenen Schienenorte jeweils die vorherige Belastungsangabe um die zugehörige Belastungserhöhungsangabe erhöht wird.

[0011] Die Belastungserhöhungsangaben können beispielsweise fahrzeugbezogen ermittelt werden, indem bei Beschleunigungen oder Bremsvorgängen die Fahrzeugmasse des jeweiligen Schienenfahrzeugs mit dem Betrag a des (positiven oder im Falle von Bremsvorgängen negativen) Beschleunigungswerts multipliziert wird, zum Beispiel gemäß:

$$BEA(x) = Mz \times a(x)$$

wobei BEA die Belastungserhöhungsangabe pro Überfahrt des Schienenortes x , a den Betrag der Beschleunigung und Mz die Masse des Schienenfahrzeugs während des Überfahrereignisses beschreiben.

[0012] Die Belastungserhöhungsangaben können alternativ achsbezogen ermittelt werden, indem beispielsweise bei Beschleunigungen oder Bremsvorgängen jeweils die achsbezogene Fahrzeugmasse mit dem Betrag des Beschleunigungswerts multipliziert wird, zum Beispiel gemäß:

$$BEA(x) = \sum_{j=0}^Q Ma(j) \times a(x)$$

wobei Q die Anzahl der Achsen des Schienenfahrzeugs, BEA die Belastungserhöhungsangabe für den Schienenort x nach dem Überfahren der letzten bzw. Q -ten Achse, a den Betrag der Beschleunigung und $Ma(j)$ die achsbezogene Masse der jeweiligen Achse des Schienenfahrzeugs beschreiben.

[0013] Die Belastungsangabe kann beispielsweise ermittelt werden, indem die Belastungserhöhungsangaben aufsummiert werden, zum Beispiel gemäß:

$$BA(x, N) = \sum_{i=0}^N BEA(x, i)$$

wobei BA die Belastungsangabe nach dem N-ten Überfahren des Schienenortes x und BEA(x, i) die ortsbezogene Belastungserhöhungsangabe beim i-ten Überfahrereignis beschreiben.

[0014] Die Belastungsvorgänge können bereits vollendete Belastungsvorgänge sein und die Belastungsangabe kann eine die aktuelle Belastungssituation betreffende Belastungsangabe sein.

[0015] Auch kann vorgesehen sein, dass die Ermittlung der Belastungsangabe prognostizierte Belastungsvorgänge einschließt und die Belastungsangabe eine prognostizierte Belastungssituation beschreibt.

[0016] Die Belastungsangabe und/oder das Warnsignal werden vorzugsweise schienenortbezogen auf einem Bildschirm angezeigt, der einen die Schiene enthaltenden Gleisabschnitt einer Eisenbahngleisanlage visualisiert.

[0017] Auch kann in vorteilhafter Weise vorgesehen sein, dass bei Vorliegen eines Warnsignals, beispielsweise eines Warnsignals, das wie oben beschrieben für zumindest einen Schienenort erzeugt worden ist, Maßnahmen ermittelt werden, die geeignet sind, die zukünftig auf Belastungsvorgängen beruhende Belastung für die betroffenen Schienenorte zu reduzieren. Eine solche Ermittlung von Maßnahmen wird ebenfalls als Erfindung angesehen.

[0018] Die Maßnahmen schließen vorzugsweise die Ermittlung geänderter Fahrstrategien für die Schienenfahrzeuge ein.

[0019] Alternativ oder zusätzlich kann in vorteilhafter Weise vorgesehen sein, dass die Maßnahmen die Veränderung von Höchstgeschwindigkeitsangaben für die die betroffenen Schienenorte umfassenden Streckenabschnitte oder davor liegende Streckenabschnitte einschließen.

[0020] Alternativ oder zusätzlich kann in vorteilhafter Weise vorgesehen sein, dass die Maßnahmen die Ermittlung von Belastungsbeschränkungszonen, in denen geplantes Bremsen oder Beschleunigen verboten oder die Brems- und Beschleunigungsstärke auf ein vorgegebenes Maß begrenzt wird, einschließen.

[0021] Alternativ oder zusätzlich kann in vorteilhafter Weise vorgesehen sein, dass Haltepunkte auf zufälliger Basis variiert werden. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die Maßnahmen die Ermittlung von aktuellen Haltepunkten vor fest vorgegebenen Sollhaltepunkten zumindest auch auf der Basis einer rechnerseitig ermittelten Zufallszahl oder Pseudozufallszahl einschließen. Beispielsweise kann ein aktueller Haltepunkt X_{aktuell} vor einem Sollhaltepunkt X_{soll} ermittelt werden gemäß:

$$X_{\text{aktuell}} = X_{\text{soll}} - \text{RND} * dX$$

wobei RND die Zufallszahl oder Pseudozufallszahl und dX eine maximale Variabilität der Haltepunkte beschreibt. Kann beispielsweise RND zwischen 0 und 1 schwanken und beträgt dX= 10 Meter, so gilt für jeden aktuellen Haltepunkt:

$$X_{\text{soll}} - 10 \text{ Meter} \leq X_{\text{aktuell}} \leq X_{\text{soll}}$$

[0022] Der aktuelle Haltepunkt X_{aktuell} wird vorzugsweise vor Beginn eines jeden Anhaltevorgangs, der einen variablen Haltpunkt betrifft, neu berechnet.

[0023] Auf die beschriebene Art und Weise lässt sich die Belastung der Gleise vor den Haltepunkten verringern.

[0024] Bei Sollhaltepunkten, für die keine Toleranz gewünscht ist, beispielsweise in Bahnhöfen, kann auf die Berechnung aktueller Haltepunkte verzichtet werden oder es kann für diese Haltepunkte der Variabilitätswert dX auf Null gesetzt werden.

[0025] Die Erfindung bezieht sich außerdem auf eine Warneinrichtung zum Erzeugen eines eine Schiene eines Eisenbahngleises betreffenden Warnsignals. Erfindungsgemäß ist diesbezüglich vorgesehen, dass die Einrichtung eine Rechenanlage umfasst, die dazu programmiert ist, ein Verfahren zum Erzeugen eines Warnsignals wie oben beschrieben auszuführen.

[0026] Die Erfindung bezieht sich außerdem auf eine Einrichtung zum Ermitteln einer Maßnahme. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Einrichtung eine Rechenanlage umfasst, die dazu programmiert ist, ein Verfahren zur Maßnahmenermittlung wie oben beschrieben auszuführen.

[0027] Die Erfindung bezieht sich außerdem auf ein Fahrzeugsteuerungssystem. Erfindungsgemäß ist das Fahrzeugsteuerungssystem geeignet, Belastungsbeschränkungszonen, insbesondere solche, die nach einem Verfahren wie oben beschrieben ermittelt worden sind, bei der Fahrzeugsteuerung, insbesondere bei der Ermittlung von Fahrstrategien, zu berücksichtigen und/oder Haltepunkte vor fest vorgegebenen Sollhaltepunkten zumindest auch auf der Basis einer rechnerseitig ermittelten Zufallszahl oder Pseudozufallszahl vor Beginn eines Anhaltevorgangs zu ermitteln.

[0028] Die Erfindung bezieht sich außerdem auf ein Computerprogrammprodukt. Erfindungsgemäß umfasst das Computerprogrammprodukt Befehle, die bei Ausführung durch eine Recheneinrichtung diese veranlassen, Verfahren

wie oben beschrieben oder Einrichtungen oder Fahrzeugsteuerungssysteme wie oben beschrieben zu bilden.

[0029] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert; dabei zeigen beispielhaft:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Warneinrichtung, anhand derer beispielhaft erfindungsgemäße Verfahren zum Erzeugen eines Warnsignals erläutert werden,

Fig. 2-7 Ausführungsvarianten der Arbeitsweise der Warneinrichtung gemäß Figur 1,

Figur 8 ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Maßnahmenermittlungseinrichtung, anhand derer beispielhaft erfindungsgemäße Verfahren zum Ermitteln von Maßnahmen erläutert werden,

Fig. 9-11 Ausführungsvarianten der Arbeitsweise der Maßnahmenermittlungseinrichtung gemäß Figur 1,

Figur 12 ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Einrichtung, in der eine Warneinrichtung, beispielsweise die Warneinrichtung gemäß Figur 1, und eine Maßnahmenermittlungseinrichtung, beispielsweise die Maßnahmenermittlungseinrichtung gemäß Figur 8, integriert sind, und

Figur 13 ein Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Fahrzeugsteuerungssystem.

[0030] In den Figuren werden der Übersicht halber für identische oder vergleichbare Komponenten stets dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0031] Die Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Warneinrichtung 10. Die Warneinrichtung 10 dient dazu, ein Eisenbahngleis hinsichtlich der mechanischen Belastung zu überwachen, die Schienenfahrzeuge beim Beschleunigen oder Bremsen auf die Schienen des Eisenbahngleises ausüben.

[0032] Die Warneinrichtung 10 umfasst eine Berechnungseinrichtung 11, eine Kumulationseinrichtung 12 und eine Vergleichseinrichtung 13.

[0033] Die Berechnungseinrichtung 11, die Kumulationseinrichtung 12 und die Vergleichseinrichtung 13 werden bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 durch Softwaremodule SW11, SW12 und SW13 realisiert, die Bestandteile eines Computerprogrammprodukts CPP1 sind. Das Computerprogrammprodukt CPP1 ist in einem Speicher 101 abgespeichert, der mit einer Recheneinrichtung 102 in Verbindung steht. Führt die Recheneinrichtung 102 das Computerprogrammprodukt CPP1 aus, so bilden die Softwaremodule SW11, SW12 und SW13 die Berechnungseinrichtung 11, die Kumulationseinrichtung 12 und die Vergleichseinrichtung 13.

[0034] Die Berechnungseinrichtung 11 wertet einen eingangsseitig anliegenden Geschwindigkeitsverlauf V aus und erzeugt für diejenigen Orte x des Eisenbahngleises eine ortsbezogene Belastungserhöhungsangabe BEA, für die ein das Eisenbahngleis befahrendes Schienenfahrzeug beschleunigt oder gebremst wird. Vorzugsweise wird eine Belastungserhöhungsangabe BEA nur dann erzeugt, wenn die Geschwindigkeitsänderung eine vorgegebene Änderungsschwelle überschreitet.

[0035] Die Kumulationseinrichtung 12 kumuliert bzw. addiert ortsbezogen die Belastungserhöhungsangaben BEA unter Bildung einer ortsbezogenen Belastungsangabe BA, die die im Laufe des Betriebs aufgrund vielfachen Befahrens des Eisenbahngleises aufgetretene Gesamtbelastung quantitativ beschreibt.

[0036] Die Vergleichseinrichtung 13 vergleicht die ortsbezogene Belastungsangabe BA mit einer vorgegebenen Belastungsschwelle und erzeugt ein ortsbezogenes Warnsignal WS, wenn die ermittelte Belastungsangabe BA an zumindest einem Ort die Belastungsschwelle überschreitet.

[0037] Die Figur 2 zeigt beispielhaft, wie die Berechnungseinrichtung 11 die Belastungserhöhungsangabe BEA bilden kann, wenn ein Schienenfahrzeug gebremst wird; dabei ist im oberen Abschnitt der Figur 2 der Geschwindigkeitsverlauf V bezogen auf die Zugspitze bzw. das Bug und im unteren Abschnitt die ortsbezogene Belastungserhöhungsangabe BEA dargestellt. Beispielsweise kann die Berechnungseinrichtung 11 für die von der Geschwindigkeitsänderung betroffenen Orte x jeweils einen vom Maß der Geschwindigkeitsänderung abhängigen Wert B1 und B2 berechnen gemäß:

$$B1 = Mz * a1$$

und

$$B2 = Mz * a2$$

wobei Mz die Masse des Schienenfahrzeugs, a1 die Bremsbeschleunigung im Bereich zwischen den Orten x1 und x2 sowie im Bereich zwischen den Orten x3 und x4, a2 die Bremsbeschleunigung im Bereich zwischen den Orten x4 und x5

und L die Länge des Zuges bezeichnet.

[0038] Im Überlappungsbereich U wird für die Belastungserhöhungsangabe BEA vorzugsweise der höhere Wert B2 angenommen, weil das Heck des Schienenfahrzeugs bereits am Ort x4-L mit der höheren Bremsbeschleunigung a2 gebremst wird.

[0039] Die Figur 3 zeigt beispielhaft eine andere Art und Weise, wie die Berechnungseinrichtung 11 die Belastungserhöhungsangabe BEA bilden kann, wenn ein Schienenfahrzeug gebremst wird. Bei der Ausführungsform gemäß Figur 3 wird die Belastungserhöhungsangabe BEA achsbezogen berechnet, wodurch beispielsweise berücksichtigt wird, dass der Ortsbereich zwischen den Orten x1-L und x1 sowie der Ortsbereich zwischen den Orten x2-L und x2 weniger belastet wird als der Bereich zwischen den Orten X1 und X2-L. Anstatt eines über dem Ort x rechteckförmigen Verlaufs der BEA entsteht ein trapezförmiger Verlauf, wobei die Anstiegsflanken der Trapeze T1, T2 und T3 und die Abstiegsflanken der Trapeze T1, T2 und T3 jeweils stufenförmig sind; die Stufenweite wird durch das zeitliche Raster der Messwerterfassung definiert.

[0040] Die Figur 4 zeigt die Überlagerung der Trapeze T2 und T3 ohne die Stufen in einer anderen Darstellung. Im Überlappungsbereich U wird für die Belastungserhöhungsangabe BEA vorzugsweise berücksichtigt, dass das Heck des Schienenfahrzeugs bereits am Ort x4-L mit der höheren Bremsbeschleunigung a2 gebremst wird.

[0041] Die von der Berechnungseinrichtung 11 erzeugte ortsbezogene Belastungserhöhungsangabe BEA(x) wird an die Kumulationseinrichtung 12 weitergeleitet, die diese unter Bildung einer ortsbezogenen Belastungsangabe BA(x) kumuliert. Dies wird nachfolgend beispielhaft näher anhand der Figuren 5 bis 7 erläutert.

[0042] Die Figur 5 zeigt beispielhaft die von der Berechnungseinrichtung 11 erzeugte ortsbezogene Belastungserhöhungsangabe BEA und die von der Kumulationseinrichtung 12 berechnete ortsbezogene Belastungsangabe BA nach einer ersten Fahrt eines Schienenfahrzeugs auf dem Eisenbahngleis über dem Ort x. Dabei wird von einer rechteckförmigen Berechnung ausgegangen, wie sie oben im Zusammenhang mit der Figur 2 diskutiert wurde. Es lässt sich erkennen, dass die ermittelte Belastungsangabe BA die vorgegebene Belastungsschwelle Bmax noch nicht erreicht oder überschreitet, sodass demgemäß noch kein Warnsignal erzeugt wird. Vmax bezeichnet in der Figur 5 eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit.

[0043] Die Figur 6 zeigt beispielhaft die von der Berechnungseinrichtung 11 erzeugte ortsbezogene Belastungserhöhungsangabe BEA und die von der Kumulationseinrichtung 12 berechnete ortsbezogene Belastungsangabe BA nach einer zweiten Fahrt desselben oder eines anderen Schienenfahrzeugs auf dem Eisenbahngleis. Es lässt sich erkennen, dass die Belastungserhöhungsangabe BEA der zweiten Fahrt mit der Belastungserhöhungsangabe BEA der ersten Fahrt addiert wird, wodurch die kumulierte Belastungsangabe BA gebildet wird.

[0044] Die Figur 7 zeigt beispielhaft die von der Berechnungseinrichtung 11 erzeugte ortsbezogene Belastungserhöhungsangabe BEA und die von der Kumulationseinrichtung 12 berechnete ortsbezogene Belastungsangabe BA nach einer dritten Fahrt desselben oder eines anderen Schienenfahrzeugs auf dem Eisenbahngleis im Falle einer Notbremsung im Streckenbereich zwischen den Orten X1 und X2. Durch diese Notbremsung wird für den Bereich zwischen den Orten X1-L und X2 eine Belastungserhöhungsangabe BEA gebildet, die dazu führt, dass die Belastungsangabe BA in diesem Bereich die vorgegebene Belastungsschwelle Bmax überschreitet.

[0045] Die Vergleichseinrichtung 13 gemäß Figur 1 erkennt das Überschreiten der Belastungsschwelle Bmax und erzeugt für den Bereich zwischen den Orten X1-L und X2 ein ortsbezogenes Warnsignal WS. Die Belastungserhöhungsangabe BEA und/oder das Warnsignal WS werden vorzugsweise schienenortbezogen auf einem Bildschirm 20 angezeigt, der einen die Schiene enthaltenden Gleisabschnitt des Eisenbahngleises zeigt.

[0046] Die Figur 8 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine Einrichtung 30 zum Betreiben eines Eisenbahnsystems. Die Einrichtung 30 umfasst eine Maßnahmenermittlungseinrichtung 31, die dazu ausgestaltet ist, bei Vorliegen des Warnsignals WS, das wie oben erläutert für zumindest einen der Schienenorte erzeugt worden ist, Maßnahmen zu ermitteln, die geeignet sind, die zukünftige Belastung für die betroffenen Schienenorte zu reduzieren.

[0047] Die Maßnahmenermittlungseinrichtung 31 wird bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 8 durch ein Softwaremodul SW31 realisiert, das einen Bestandteil eines Computerprogrammprodukts CPP2 bildet. Das Computerprogrammprodukt CPP2 ist in einem Speicher 301 gespeichert, der mit einer Recheneinrichtung 302 in Verbindung steht. Führt die Recheneinrichtung 302 das Computerprogrammprodukt CPP2 aus, so bildet das Softwaremodul SW31 die Maßnahmenermittlungseinrichtung 31.

[0048] Die Maßnahmenermittlungseinrichtung 31 kann in vorteilhafter Weise eine Maßnahme ermitteln, die eine geänderter Höchstgeschwindigkeitsangabe Vmax(x) für die von dem Warnsignal betroffenen Schienenorte festlegt. Eine solche Ausgestaltung zeigt beispielhaft die Figur 9. Es lässt sich erkennen, dass für den Bereich zwischen den Orten X0 und X2 die Höchstgeschwindigkeit reduziert wird, um bei einer nachfolgenden vierten Fahrt eine weitere Erhöhung der BA in dem Bereich zwischen den Orten X1-L und X2 (vgl. Figur 7) zu vermeiden.

[0049] Die Maßnahmenermittlungseinrichtung 31 kann alternativ oder zusätzlich in vorteilhafter Weise eine Maßnahme ermitteln, die eine Definition von Belastungsbeschränkungszonen BBZ, in denen geplantes Bremsen oder Beschleunigen verboten oder die Brems- und Beschleunigungsstärke zumindest begrenzt wird, einschließt. Eine solche Ausgestaltung zeigt beispielhaft die Figur 10. Es lässt sich erkennen, dass eine Belastungsbeschränkungszone BBZ festgelegt wird, in

der ein Beschleunigen oder ein geplantes Bremsen verboten ist, sodass ein Schienenfahrzeug bei der vierten Fahrt seine Geschwindigkeit vor der Belastungsbeschränkungszone BBZ rechtzeitig entsprechend anpassen, beispielsweise reduzieren, muss, um die Höchstgeschwindigkeitsangabe $V_{\max}(x)$ einhalten zu können.

[0050] Die Maßnahmenermittlungseinrichtung 31 kann alternativ oder zusätzlich in vorteilhafter Weise eine Maßnahme festlegen, die geänderte Fahrstrategien für die Schienenfahrzeuge definiert. Eine solche Ausgestaltung zeigt beispielhaft die Figur 11. Es lassen in der Figur 11 drei geänderte Fahrstrategien $FS1(x)$, $FS2(x)$ und $FS3(x)$ erkennen, die im Unterschied zur ursprünglichen zeitoptimierten Fahrstrategie $FS(x)$ eine zusätzliche Belastung der Belastungsbeschränkungszone BBZ vermeiden oder zumindest reduzieren. In der Figur 11 bezieht sich die Fahrstrategie $FS1(x)$ auf ein energieoptimiertes Geschwindigkeitsprofil ohne Bremsen in der Belastungsbeschränkungszone BBZ, die Fahrstrategie $FS2(x)$ auf ein zeitoptimiertes Geschwindigkeitsprofil ohne Bremsen in der Belastungsbeschränkungszone BBZ und die Fahrstrategie $FS3(x)$ auf ein zeitoptimiertes Geschwindigkeitsprofil mit nur leichtem Bremsen in der Belastungsbeschränkungszone BBZ.

[0051] Die Figur 12 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine Einrichtung 30, in der bzw. in dessen Computerprogrammprodukt CPP3 zusätzlich zu der Maßnahmenermittlungseinrichtung 31 gemäß Figur 8 auch die Berechnungseinrichtung 11, die Kumulationseinrichtung 12 und die Vergleichseinrichtung 13, also die Warneinrichtung 10 gemäß Figur 1, integriert sind.

[0052] In der Figur 12 nicht gezeigt ist eine fakultative Haltepunktberechnungseinrichtung, die auch als ein in dem Computerprogrammprodukt CPP4 gemäß Figur 13 implementiertes Softwaremodul realisiert sein kann.

[0053] Diese Haltepunktberechnungseinrichtung kann aktuelle Haltepunkte auf zufälliger Basis variieren. Beispielsweise können aktuelle Haltepunkte vor fest vorgegebenen Sollhaltepunkten auf der Basis einer rechnerseitig ermittelten Zufallszahl oder Pseudozufallszahl ermittelt werden. Zum Beispiel kann ein aktueller Haltepunkt X_{aktuell} vor einem Sollhaltepunkt X_{soll} ermittelt werden gemäß:

$$X_{\text{aktuell}} = X_{\text{soll}} - \text{RND} * dX$$

wobei RND die Zufallszahl oder Pseudozufallszahl und dX eine maximale Variabilität der Haltepunkte beschreibt.

[0054] Die Figur 13 zeigt ein Ausführungsbeispiel für ein Fahrzeugsteuerungssystem 40, bei dem es sich beispielsweise um ein ATO-Fahrzeugsteuerungssystem für autonom fahrende Schienenfahrzeuge handeln kann.

[0055] Das Fahrzeugsteuerungssystem 40 umfasst unter anderem eine Maßnahmenermittlungseinrichtung 41. Die Maßnahmenermittlungseinrichtung 41 wird bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 13 durch ein Softwaremodul SW41 realisiert, das einen Bestandteil eines Computerprogrammprodukts CPP4 bildet. Das Computerprogrammprodukt CPP4 ist in einem Speicher 401 gespeichert, der mit einer Recheneinrichtung 402 in Verbindung steht. Führt die Recheneinrichtung 402 das Computerprogrammprodukt CPP4 aus, so bildet das Softwaremodul SW41 die Maßnahmenermittlungseinrichtung 41.

[0056] Die Maßnahmenermittlungseinrichtung 41 dient dazu, in Abhängigkeit von eingangsseitig vorliegenden Angaben zu Belastungsbeschränkungszone BBZ, die beispielsweise von einer streckenseitigen Einrichtung zu dem Fahrzeugsteuerungssystem 40 übermittelt worden sind, geänderte Fahrstrategien FS bzw. ortsbezogene Sollgeschwindigkeitsangaben V_s zu ermitteln. Wie im Zusammenhang mit der Figur 11 erläutert wurde, können beispielsweise Fahrstrategien $FS1(x)$, $FS2(x)$ und $FS3(x)$ errechnet werden, die sich von einer zeitoptimierten Fahrstrategie $FS(x)$ ohne Vorliegen von Belastungsbeschränkungszone BBZ unterscheiden, um eine zusätzliche Belastung der Belastungsbeschränkungszone BBZ zu vermeiden.

[0057] Im Übrigen können das Fahrzeugsteuerungssystem 40 und das Computerprogrammprodukt CPP4 herkömmlichen Fahrzeugsteuerungssystemen bzw. herkömmlichen Computerprogrammprodukten, wie sie im Bereich der Eisenbahntechnik bekannt sind, entsprechen.

[0058] Abschließend sei erwähnt, dass die Merkmale aller oben beschriebenen Ausführungsbeispiele untereinander in beliebiger Weise kombiniert werden können, um weitere andere Ausführungsbeispiele der Erfindung zu bilden.

[0059] Auch können alle Merkmale von Unteransprüchen jeweils für sich mit jedem der nebengeordneten Ansprüche kombiniert werden, und zwar jeweils für sich allein oder in beliebiger Kombination mit einem oder mehreren anderen Unteransprüchen, um weitere andere Ausführungsbeispiele zu erhalten.

[0060] Unabhängig vom grammatikalischen Geschlecht eines bestimmten Begriffes sind Personen mit männlicher, weiblicher oder anderer Geschlechteridentität mit umfasst.

Bezugszeichenliste

[0061]

- 10 Warneinrichtung
- 11 Berechnungseinrichtung

12	Kumulationseinrichtung
13	Vergleichseinrichtung
20	Bildschirm
30	Einrichtung
5 31	Maßnahmenermittlungseinrichtung
40	Fahrzeugsteuerungssystem
41	Maßnahmenermittlungseinrichtung
101	Speicher
102	Recheneinrichtung
10 301	Speicher
302	Recheneinrichtung
401	Speicher
402	Recheneinrichtung
15 BA	Belastungsangabe
B1	Wert
B2	Wert
BBZ	Belastungsbeschränkungszone
BEA	Belastungserhöhungsangabe
20 Bmax	Belastungsschwelle
CPP1	Computerprogrammprodukt
CPP2	Computerprogrammprodukt
CPP3	Computerprogrammprodukt
CPP4	Computerprogrammprodukt
25 FS(x)	Fahrstrategie
FS1(x)	geänderte Fahrstrategie
FS2(x)	geänderte Fahrstrategie
FS3(x)	geänderte Fahrstrategie
L	Länge
30 SW11	Softwaremodul
SW12	Softwaremodul
SW13	Softwaremodul
SW31	Softwaremodul
SW41	Softwaremodul
35 T1-T3	Trapeze
U	Überlappungsbereich
V	Geschwindigkeitsverlauf
Vmax	Maximalgeschwindigkeit
Vmax(x)	Höchstgeschwindigkeitsangabe
40 Vs	Sollgeschwindigkeitsangabe
WS	Warnsignal
x	Ort

Patentansprüche

- 45
1. Verfahren für den Betrieb eines Eisenbahnsystems,
dadurch gekennzeichnet, dass
- 50
- eine durch Belastungsvorgänge auf eine Schiene eines Eisenbahngleises ausgeübte mechanische Belastung unter Bildung einer Belastungsangabe (BA) für zumindest einen Schienenort (x) ermittelt wird und
 - ein Warnsignal (WS) erzeugt wird, wenn die ermittelte Belastungsangabe (BA) eine vorgegebene Belastungsschwelle (Bmax) überschreitet.
- 55
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Belastungsangabe (BA) für eine Vielzahl an Schienenorten (x) unter Bildung einer ortsbezogenen Belastungsangabe (BA) ermittelt wird und ein ortsbezogenes Warnsignal (WS) erzeugt wird, das den jeweiligen Ort der Überschreitung der Belastungsschwelle (Bmax) anzeigt.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Belastungsangabe (BA) aktualisiert wird, um einen weiteren Belastungsvorgang zu berücksichtigen, indem

- die von dem jeweiligen Belastungsvorgang betroffenen Schienenorte (x) ermittelt werden,
- für jeden der betroffenen Schienenorte (x) jeweils eine Belastungserhöhungsangabe (BEA) ermittelt wird, die die durch den jeweiligen Belastungsvorgang hervorgerufene zusätzlichen Belastung beschreibt, und
- die Belastungsangabe (BA) aktualisiert wird, indem für jeden der betroffenen Schienenorte (x) jeweils die vorherige Belastungsangabe (BA) um die zugehörige Belastungserhöhungsangabe (BEA) erhöht wird.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Belastungsvorgänge bereits vollendete Belastungsvorgänge sind und die Belastungsangabe (BA) eine die aktuelle Belastungssituation betreffende Belastungsangabe (BA) ist.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Ermittlung der Belastungsangabe (BA) prognostizierte Belastungsvorgänge einschließt und die Belastungsangabe (BA) eine prognostizierte Belastungssituation beschreibt.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Belastungserhöhungsangaben (BEA) fahrzeugbezogen ermittelt werden, indem bei Beschleunigungen oder Bremsvorgängen die Fahrzeugmasse des jeweiligen Schienenfahrzeugs mit dem Betrag des Beschleunigungswerts multipliziert wird gemäß:

$$BEA(x) = Mz \times a(x)$$

wobei BEA die Belastungserhöhungsangabe pro Überfahrt des Schienenortes x, a den Betrag der Beschleunigung und Mz die Masse des Schienenfahrzeugs während des Überfahreignisses beschreiben.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Belastungserhöhungsangaben (BEA) achsbezogen ermittelt werden, indem bei Beschleunigungen oder Bremsvorgängen jeweils die achsbezogene Fahrzeugmasse mit dem Betrag des Beschleunigungswerts multipliziert wird, zum Beispiel gemäß:

$$BEA(x) = \sum_{j=0}^Q Ma(j) \times a(x)$$

wobei Q die Anzahl der Achsen des jeweiligen Schienenfahrzeugs, BEA die Belastungserhöhungsangabe für den Schienenort x nach dem Überfahren der letzten bzw. Q-ten Achse des jeweiligen Schienenfahrzeugs, a den Betrag der Beschleunigung und Ma(j) die achsbezogene Masse der jeweiligen Achse des Schienenfahrzeugs beschreiben.

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Belastungsangabe (BA) und/oder das Warnsignal (WS) schienenortbezogen auf einem Bildschirm angezeigt werden, der einen die Schiene enthaltenden Gleisabschnitt einer Eisenbahngleisanlage zeigt.

9. Verfahren, insbesondere nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

bei Vorliegen eines Warnsignals (WS), insbesondere eines solchen, das nach einem der voranstehenden Ansprüche

für zumindest einen Schienenort (x) erzeugt worden ist, Maßnahmen ermittelt werden, die geeignet sind, die zukünftige auf Belastungsvorgängen beruhende Belastung für die betroffenen Schienenorte (x) zu reduzieren.

10. Verfahren nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Maßnahmen die Ermittlung geänderter Fahrstrategien (FS1-FS3) für die Schiene befahrende Schienenfahrzeuge einschließen.

11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 9 bis 10,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Maßnahmen die Veränderung von Höchstgeschwindigkeitsangaben (Vmax) für die die betroffenen Schienenorte (x) umfassenden Streckenabschnitte oder davor liegende Streckenabschnitte einschließen.

12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 9 bis 11,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Maßnahmen die Ermittlung von Belastungsbeschränkungszonen (BBZ), in denen geplantes Bremsen oder Beschleunigen verboten oder die Brems- und Beschleunigungsstärke auf ein vorgegebenes Maß begrenzt wird, einschließen.

13. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 9 bis 12,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Maßnahmen die Ermittlung von Haltepunkten vor fest vorgegebenen Sollhaltepunkten zumindest auch auf der Basis einer rechnerseitig ermittelten Zufallszahl oder Pseudozufallszahl einschließen.

14. Einrichtung (10, 30, 40) für ein Eisenbahnsystem,

dadurch gekennzeichnet, dass

diese eine Rechenanlage (102, 302, 402) umfasst, die geeignet ist, ein Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 13.

15. Fahrzeugsteuerungssystem (40) für ein Schienenfahrzeug,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Fahrzeugsteuerungssystem geeignet ist,

- Belastungsbeschränkungszonen (BBZ), insbesondere solche, die nach einem Verfahren gemäß Patentanspruch 12 ermittelt worden sind, bei der Fahrzeugsteuerung, insbesondere bei der Ermittlung von Fahrstrategien (FS1-FS3), zu berücksichtigen und/oder

- Haltepunkte vor fest vorgegebenen Sollhaltepunkten zumindest auch auf der Basis einer rechnerseitig ermittelten Zufallszahl oder Pseudozufallszahl vor Beginn eines Anhaltevorgangs, insbesondere gemäß Patentanspruch 13, zu ermitteln.

16. Computerprogrammprodukt (CPP1-CPP4) umfassend Befehle, die bei Ausführung durch eine Recheneinrichtung (102, 302, 402) diese veranlassen, ein Verfahren nach den Ansprüchen 1-13 auszuführen oder eine Einrichtung (10, 30) oder ein Fahrzeugsteuerungssystem (40) nach einem der voranstehenden Ansprüche 14 bis 15 zu bilden.

FIG 1

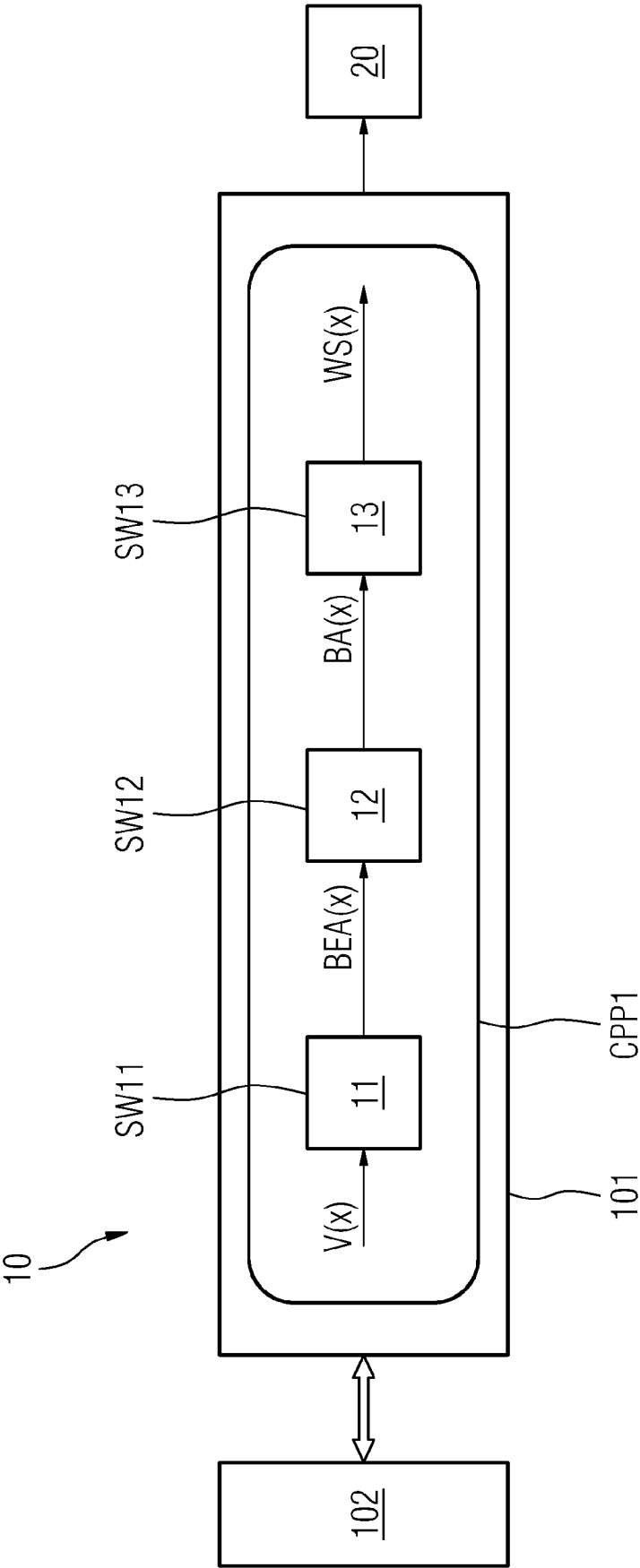


FIG 2

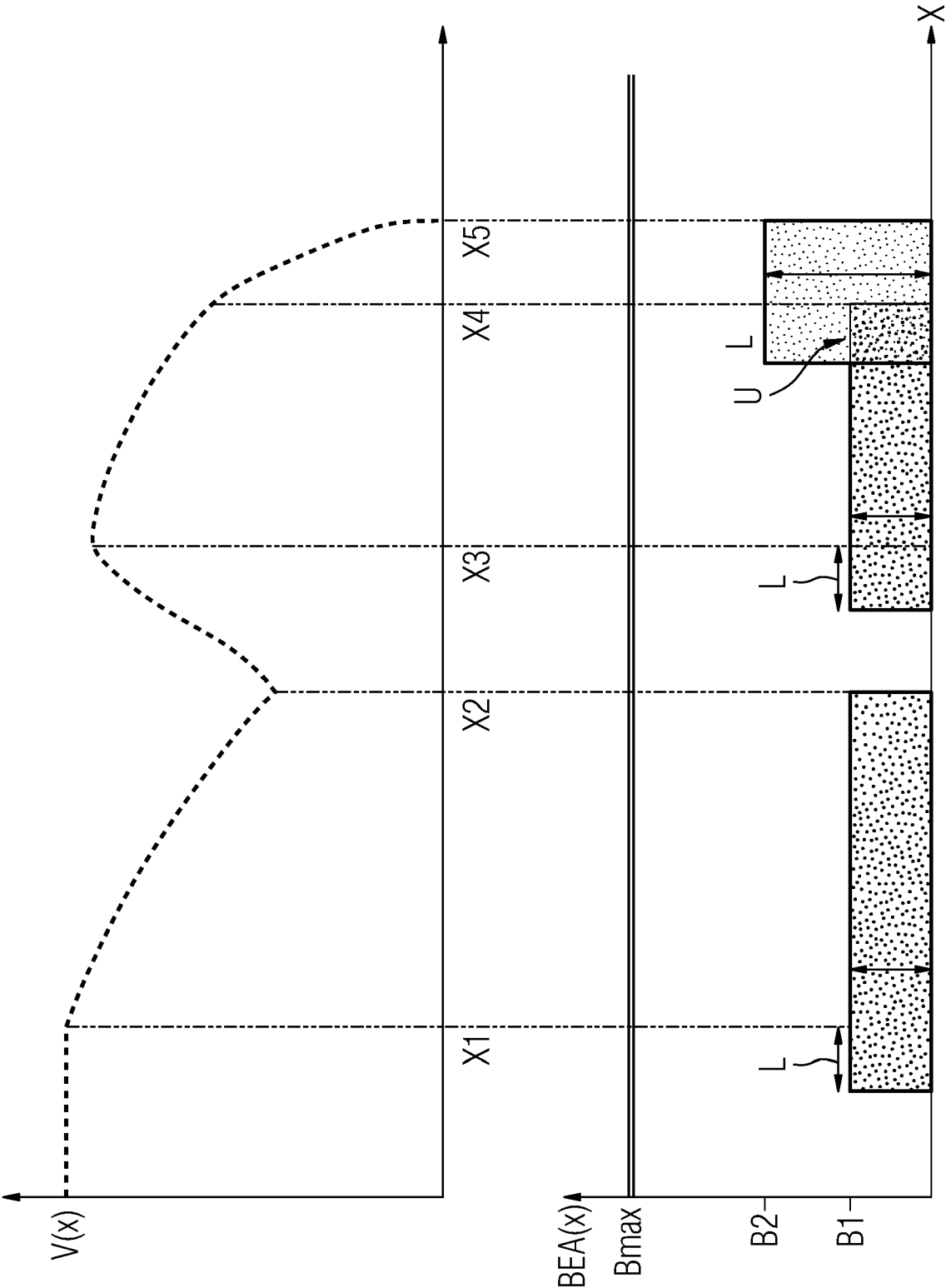


FIG 3

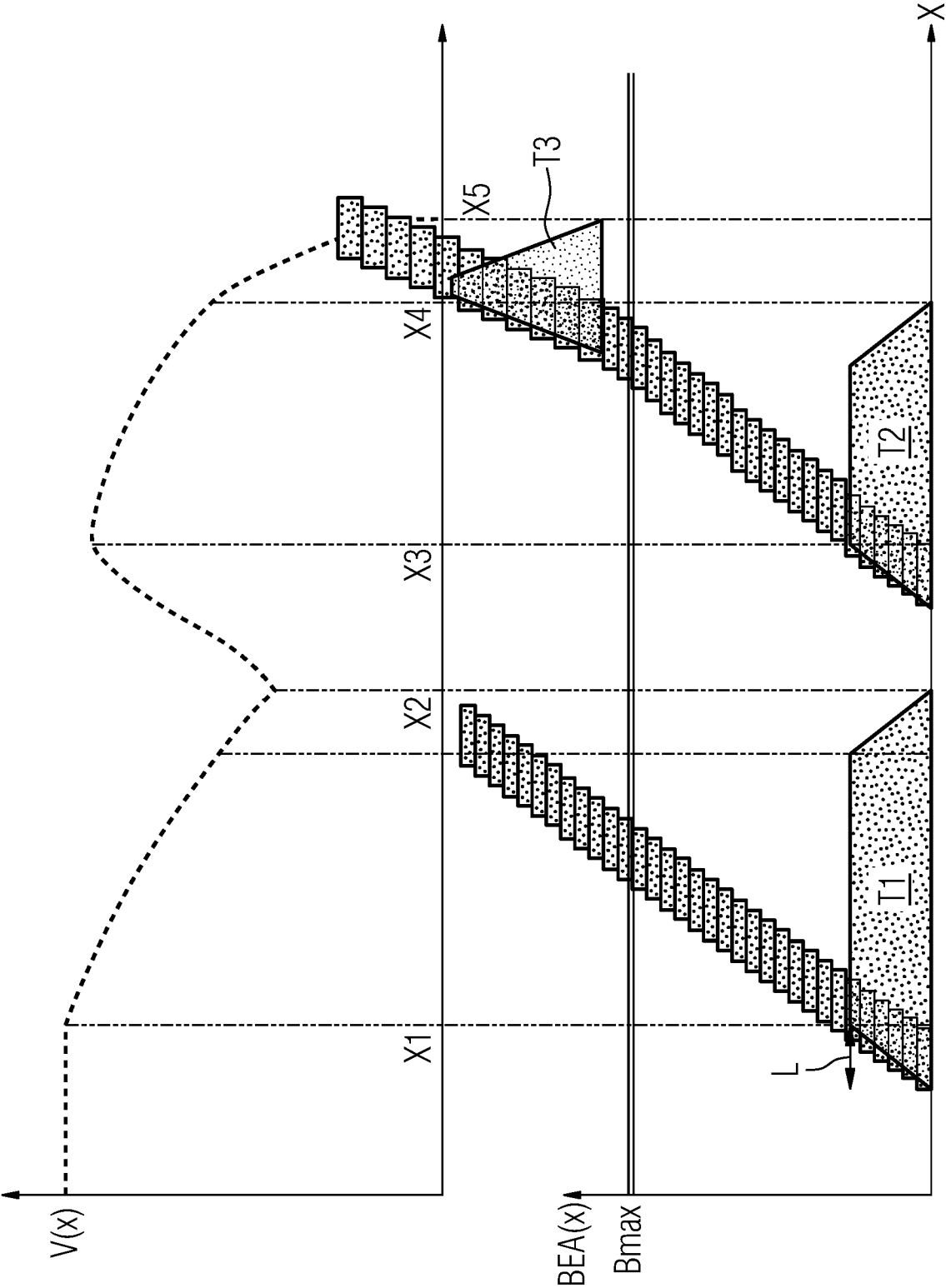


FIG 4

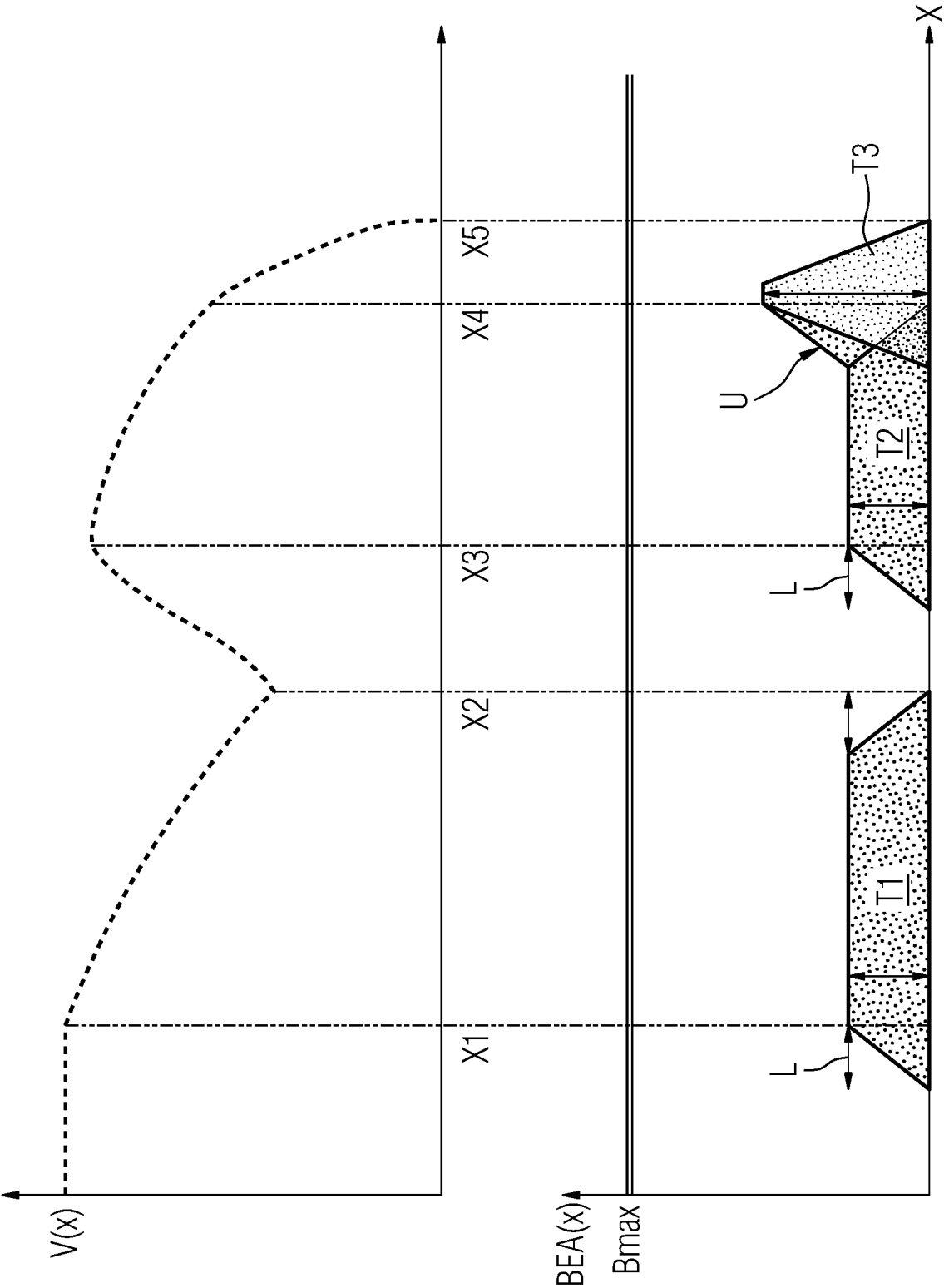


FIG 5

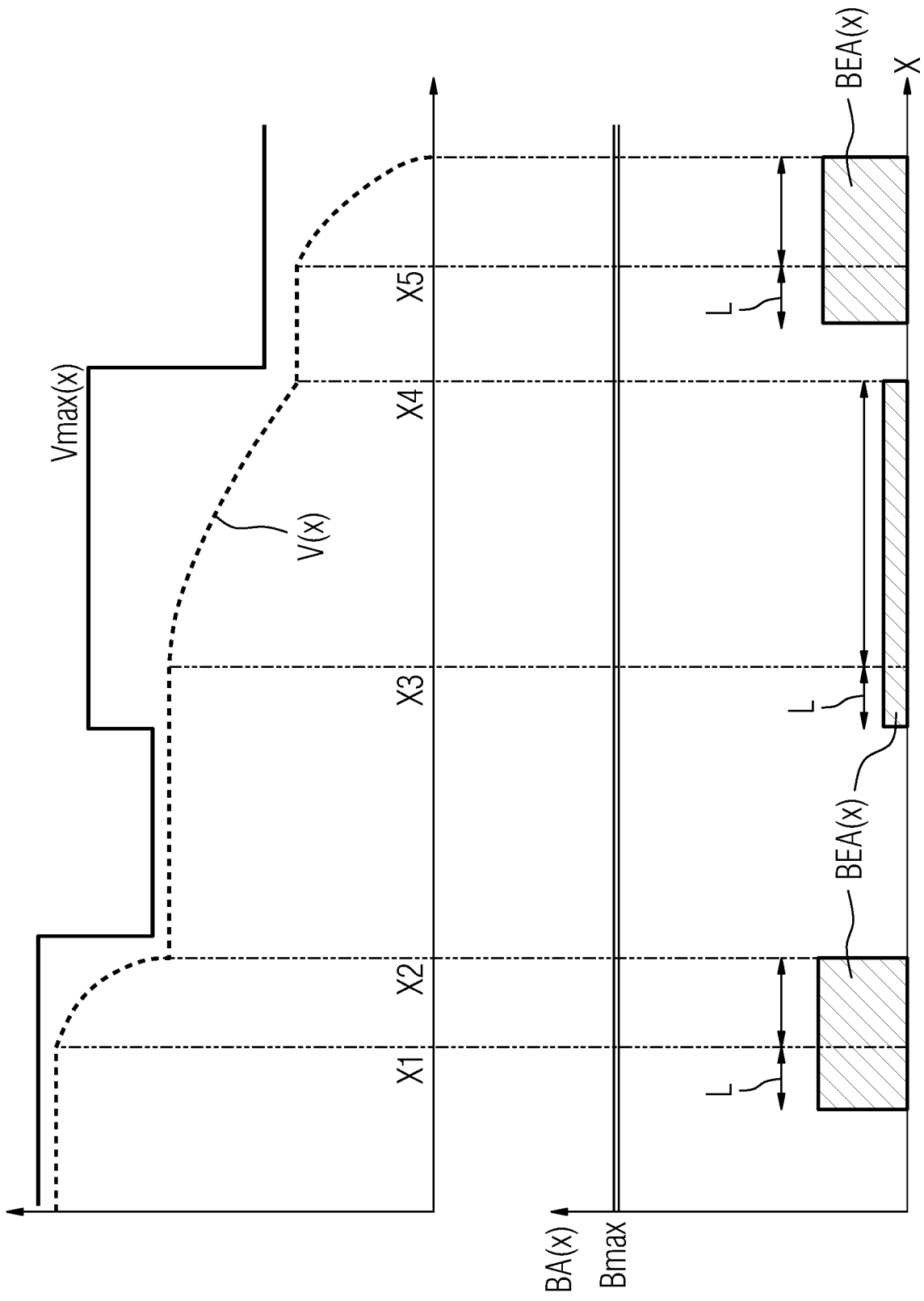


FIG 6

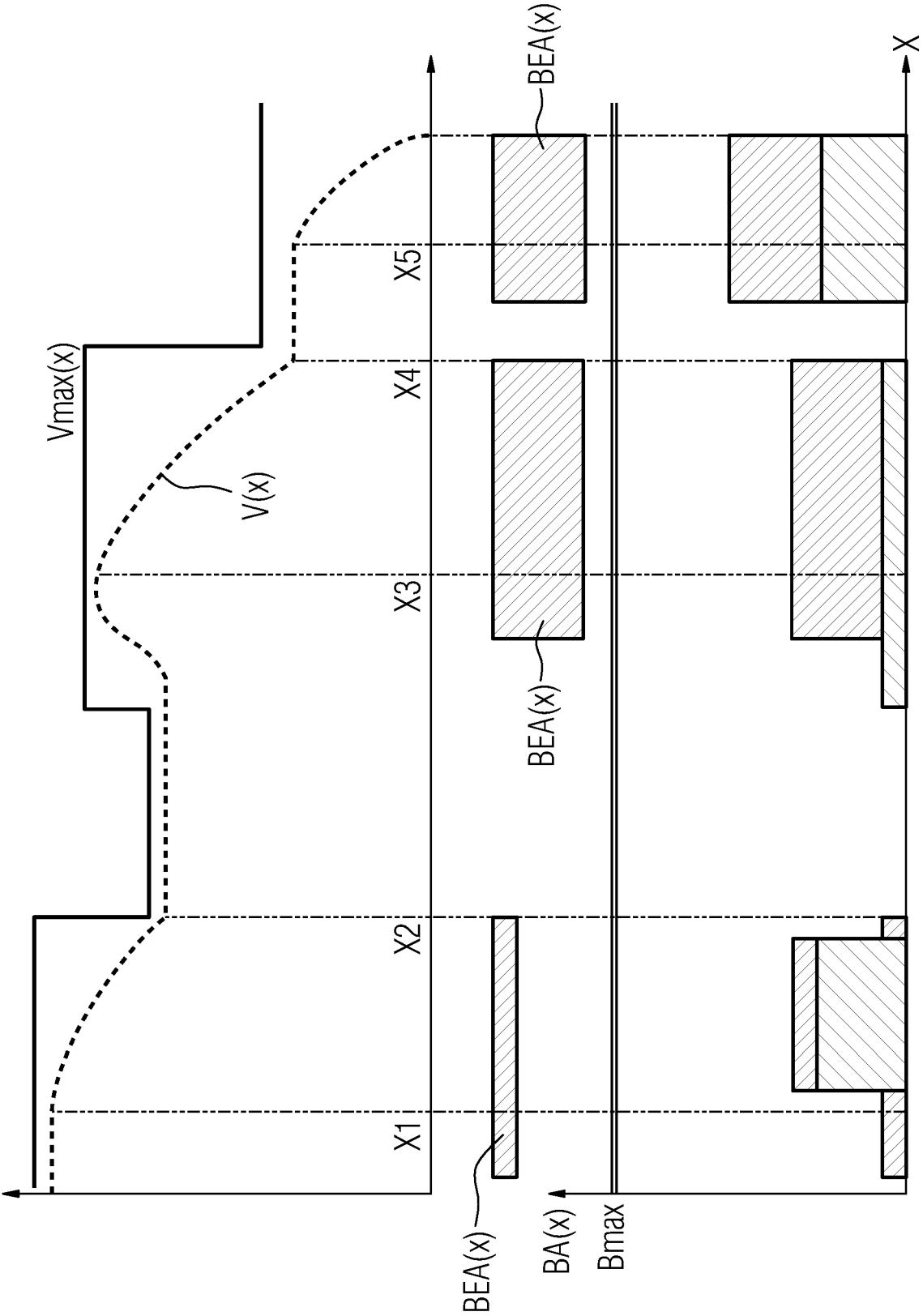


FIG 7

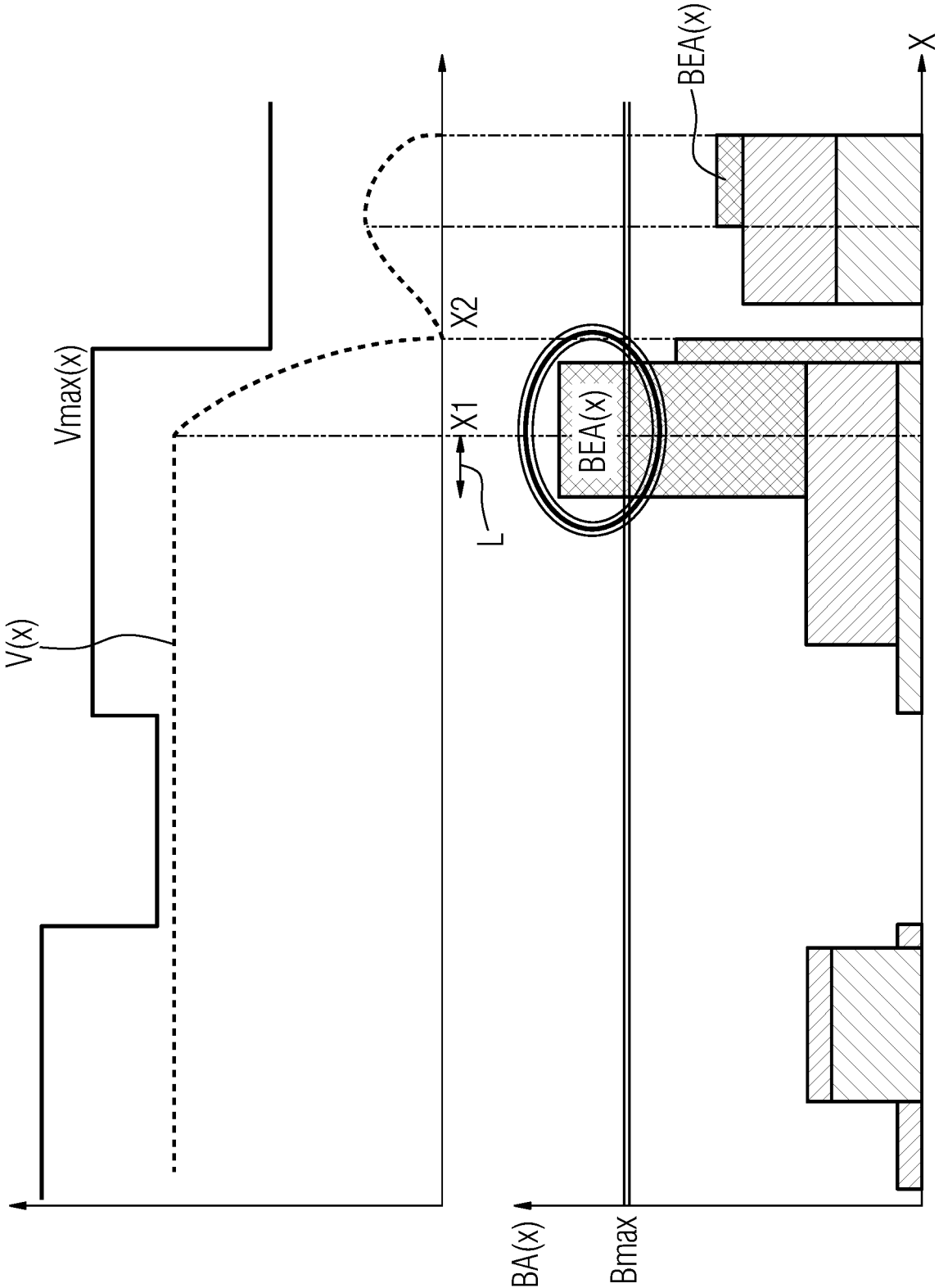


FIG 8

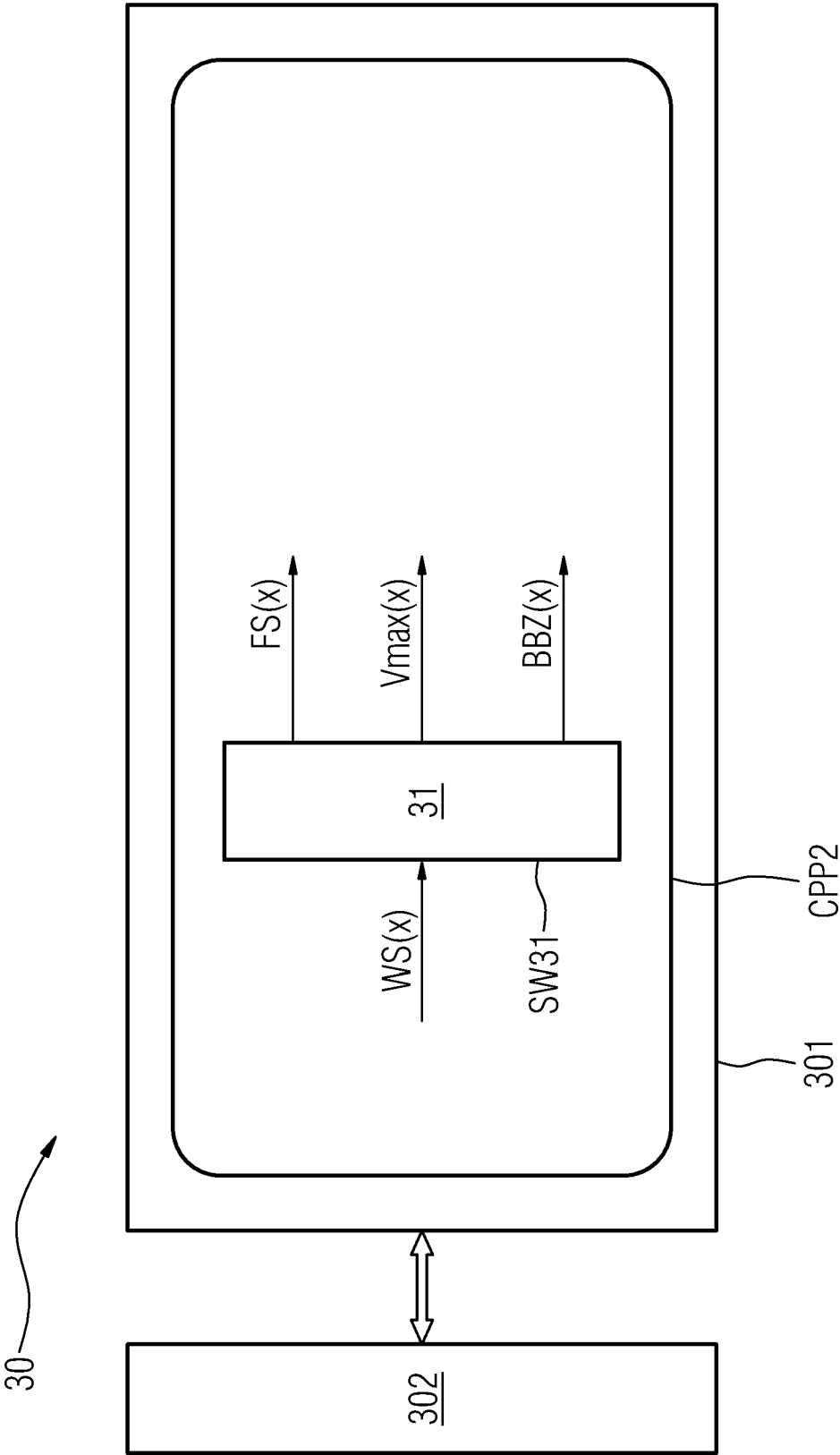


FIG 9

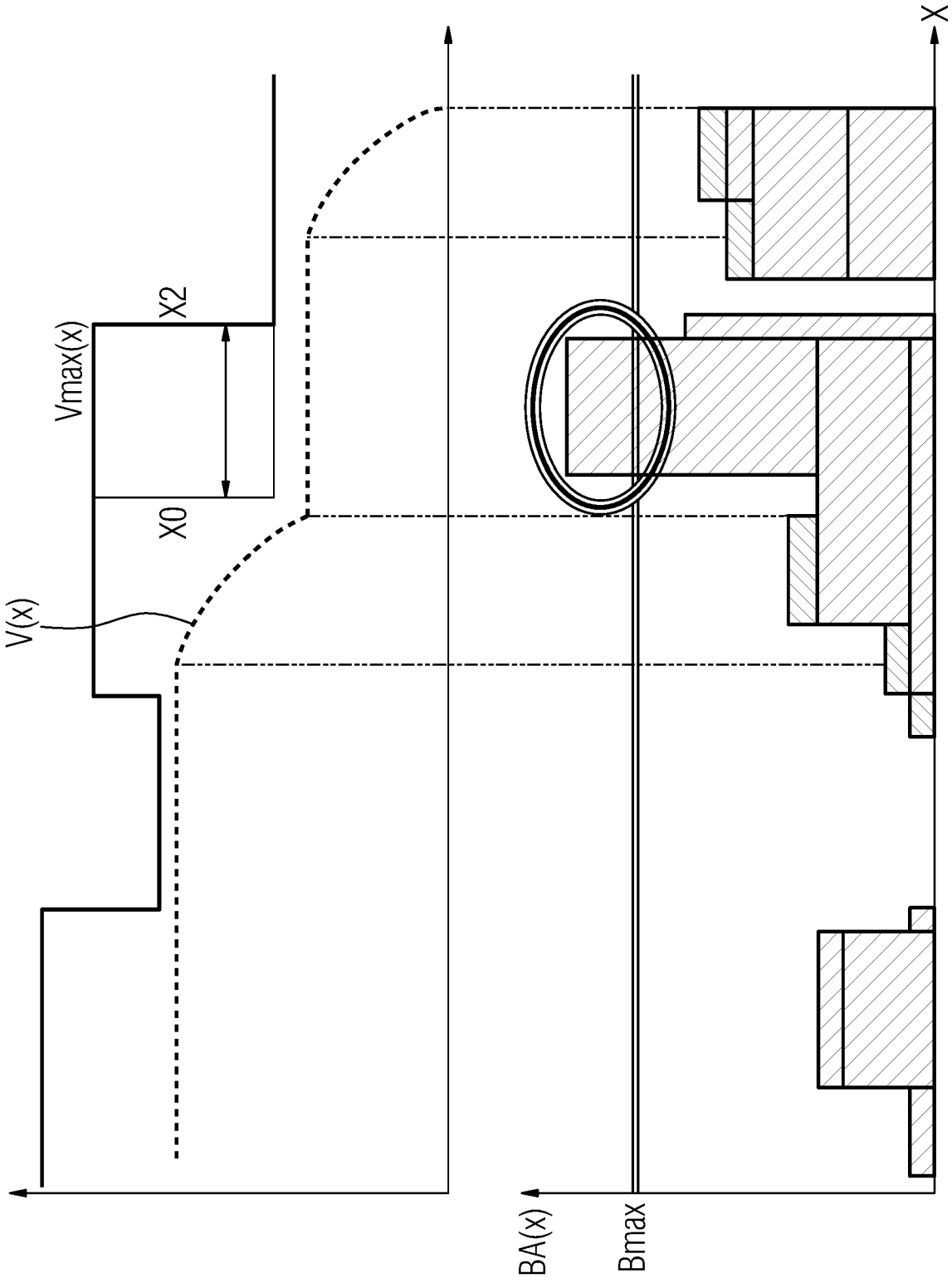


FIG 10

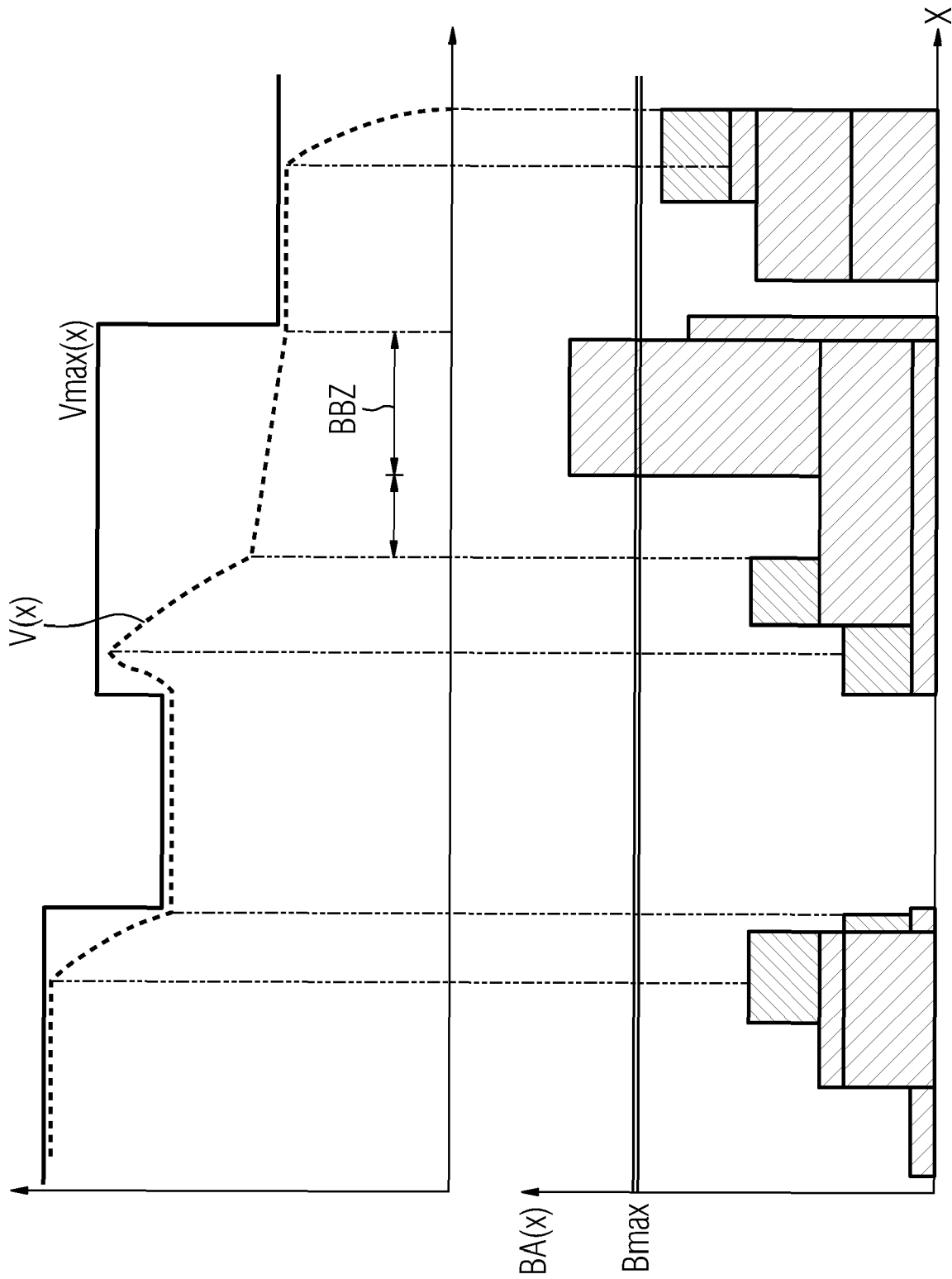


FIG 11

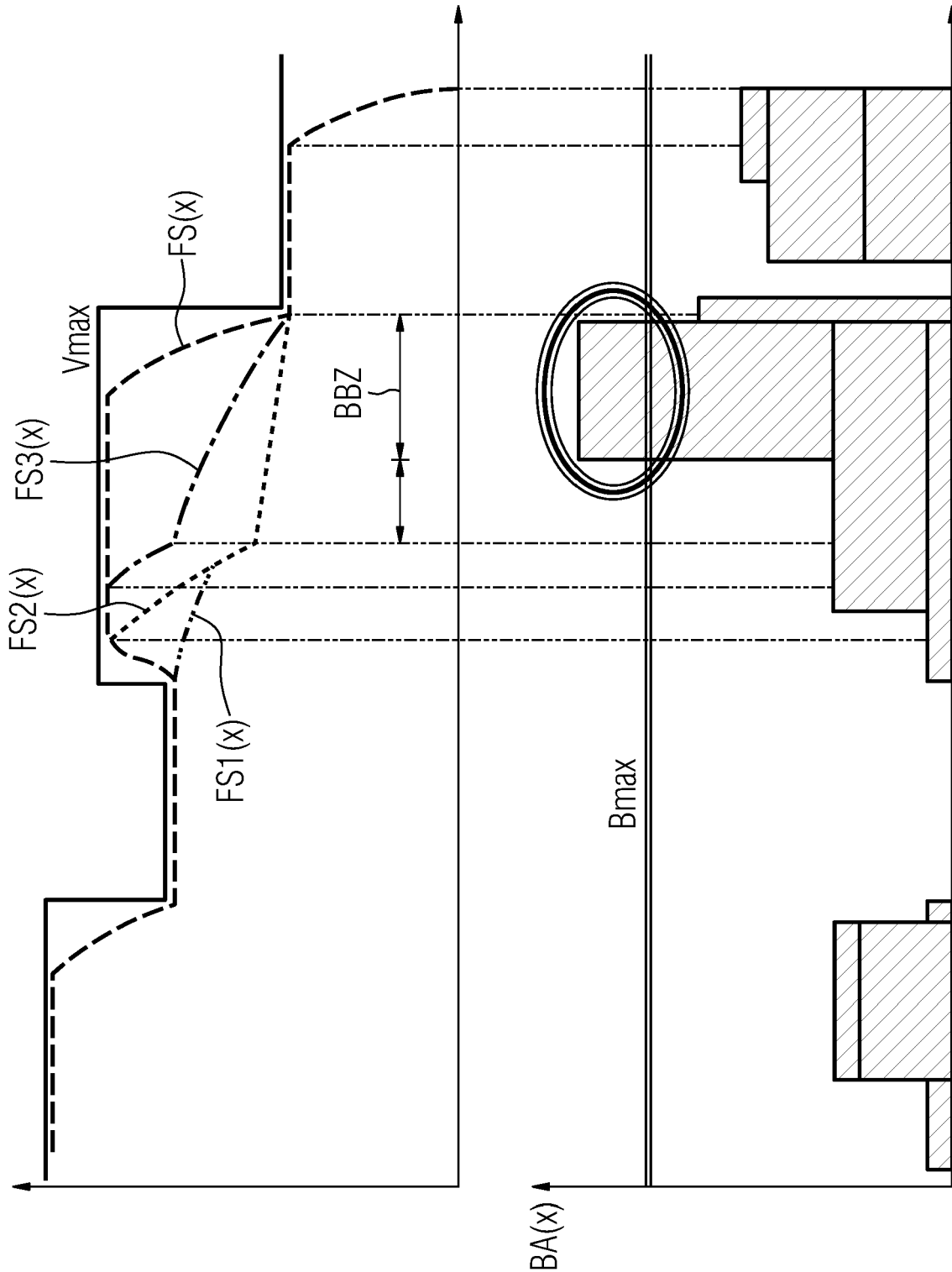


FIG 12

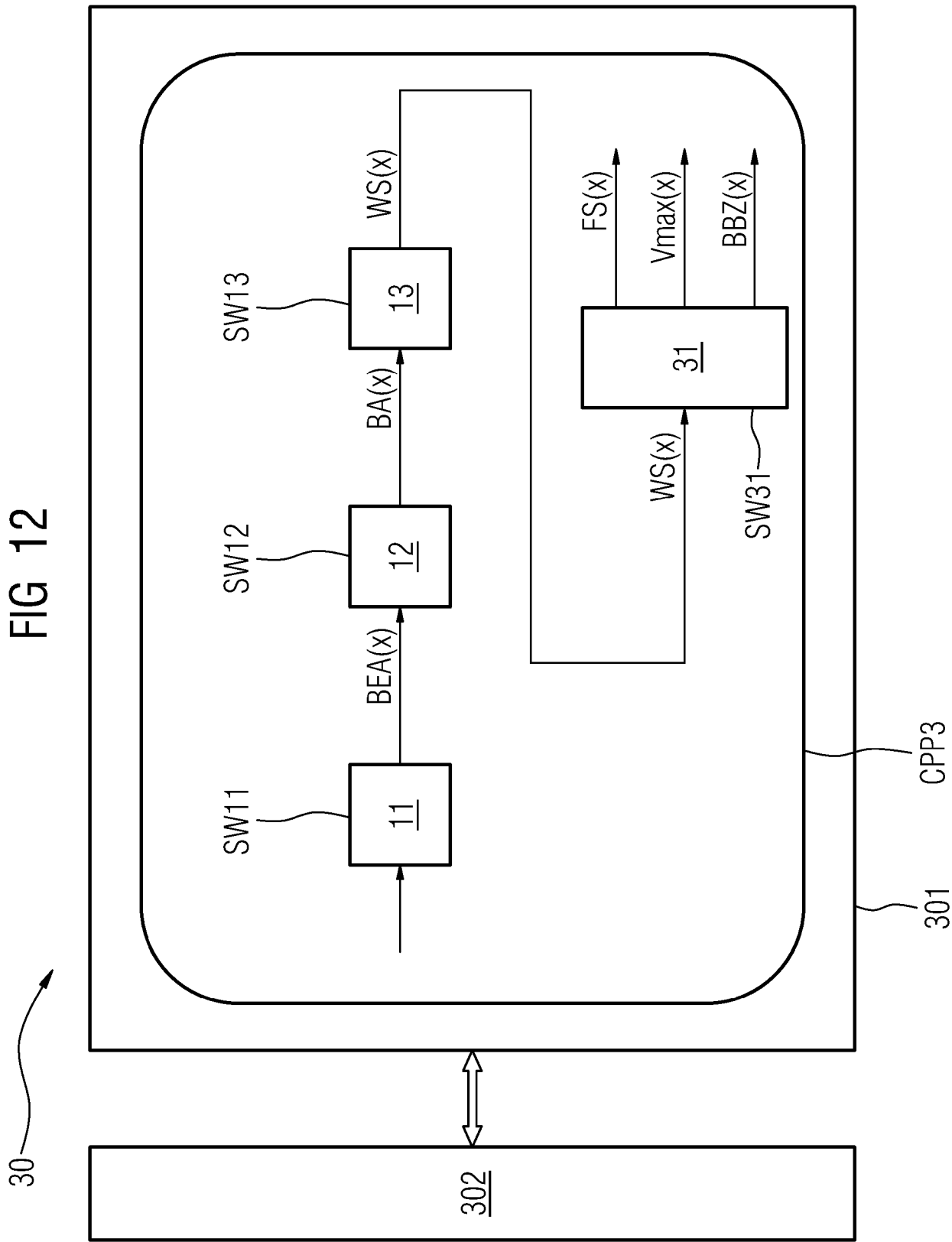
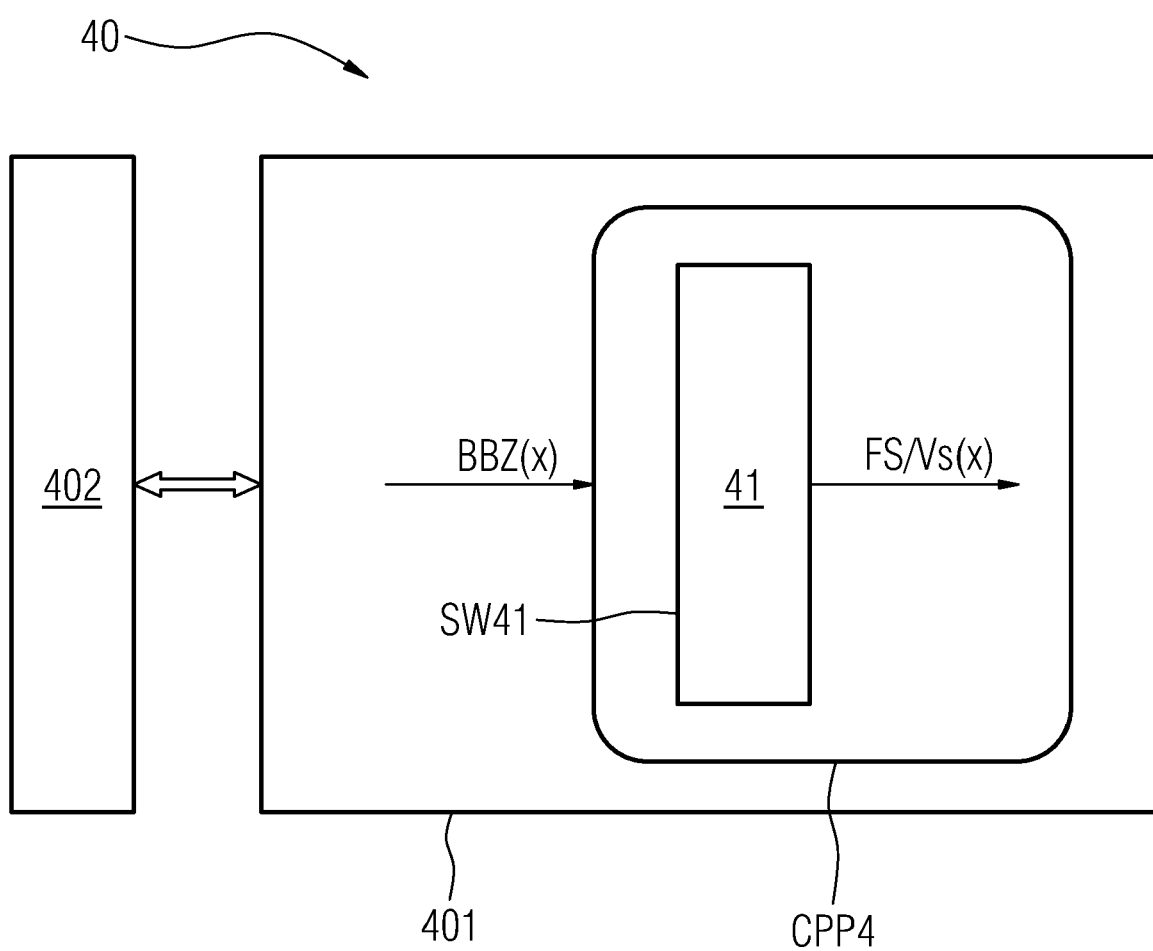


FIG 13





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 17 5088

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2021/001219 A1 (KONUX GMBH [DE]) 7. Januar 2021 (2021-01-07) * Seiten 7-20 * * Seite 43 * * Seiten 47-52 *	1-8, 14, 16	INV. B61L27/20 B61L27/40 B61L27/53 B61L15/00
X	MISHRA MADHAV ET AL: "Particle filter-based prognostic approach for railway track geometry", MECHANICAL SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, Bd. 96, 22. April 2017 (2017-04-22), Seiten 226-238, XP085008739, ISSN: 0888-3270, DOI: 10.1016/J.YMSSP.2017.04.010 * Zusammenfassung * * Abschnitte 3 und 6; Abbildungen 1-3 *	1-8, 14, 16	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B61L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		9. Januar 2024	Robinson, Victoria
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Nummer der Anmeldung

EP 23 17 5088

GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung Patentansprüche, für die eine Zahlung fällig war.

☐ Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für jene Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war, sowie für die Patentansprüche, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:

☐ Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war.

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Ergänzungsblatt B

☐ Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

☐ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:

☒ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:

1-8 (vollständig); 14, 16 (teilweise)

☐ Der vorliegende ergänzende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen (Regel 164 (1) EPÜ).



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 23 17 5088

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 1-8 (vollständig); 14, 16 (teilweise)

**Erzeugung eines Warnsignals auf der Grundlage von
Belastungsangaben.**

1.1. Ansprüche: 2-8 (vollständig); 14, 16 (teilweise)

**Aspekte, die die Berechnung und Ausgabe des Warnsignals
betreffen**

2. Ansprüche: 9-13, 15 (vollständig); 14, 16 (teilweise)

Maßnahmen zur Reduzierung der Belastung der Schienen

Bitte zu beachten dass für alle unter Punkt 1 aufgeführten Erfindungen, obwohl diese nicht unbedingt durch ein gemeinsames erfinderisches Konzept verbunden sind, ohne Mehraufwand der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, eine vollständige Recherche durchgeführt werden konnte.

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

EP 23 17 5088

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.

09-01-2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2021001219 A1	07-01-2021	CN 114072825 A	18-02-2022
		EP 3994635 A1	11-05-2022
		JP 2022537937 A	31-08-2022
		US 2022355839 A1	10-11-2022
		WO 2021001219 A1	07-01-2021

EPO FORM P0461

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