



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.03.2024 Patentblatt 2024/10

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61L 15/00^(2006.01) B61L 25/02^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22193208.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61L 25/021; B61L 15/0054; B61L 15/0072

(22) Anmeldetag: **31.08.2022**

(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

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

(72) Erfinder: **Richter, Olaf**
13591 Berlin (DE)

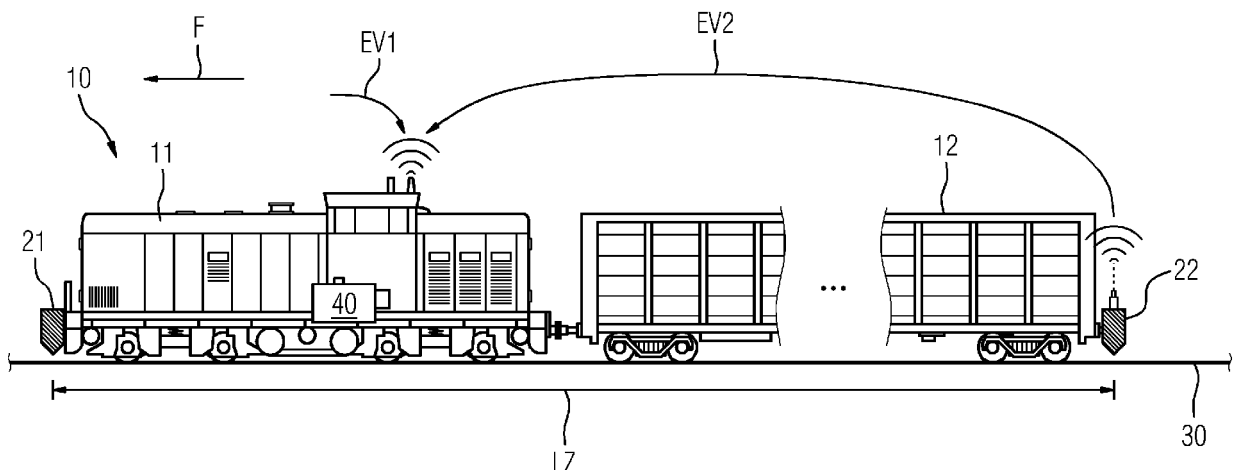
(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **VERFAHREN UND AUSWERTEEINRICHTUNG ZUM BETRIEB EINES MEHRGLIEDRIGEN FAHRZEUGS, INSBESONDERE EISENBAHNZUGS**

(57) Die Erfindung bezieht sich unter anderem auf ein Verfahren zum Betrieb eines mehrgliedrigen Fahrzeugs, insbesondere Eisenbahnzugs. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass während der Fahrt des Fahrzeugs mit einem im Bereich eines vorderen Endes des Fahrzeugs angeordneten vorderen Sensor (21) eine vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke (30) abhängige Eigenschaft im zeitlichen Verlauf unter Bildung eines ersten Eigenschaftsverlaufs (EV1) gemessen wird, während der Fahrt des Fahrzeugs mit einem im Bereich eines hinteren Endes des Fahrzeugs angeordneten hinteren Sensor (22) die vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke (30) abhängige Eigenschaft im zeitlichen Verlauf unter

Bildung eines zweiten Eigenschaftsverlaufs (EV2) gemessen wird, der erste und zweite Eigenschaftsverlauf (EV1, EV2) einer Korrelationsprüfung unter Bildung eines zeitlichen Abstandswerts (dT) unterzogen werden, der den zeitlichen Abstand zwischen einem zweiten Zeitpunkt (t2), an dem der hintere Sensor (22) einen vom vorderen Sensor (21) bereits zuvor passierten Ort passiert oder passiert hat, und einem ersten Zeitpunkt (t1), an dem der vordere Sensor (21) den genannten Ort bereits passiert hat, angibt, und auf der Basis des zeitlichen Abstandswerts (dT) die Länge des Fahrzeugs unter Bildung eines Längenwerts (LZ) ermittelt wird.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein mehrgliedriges Fahrzeug, insbesondere Eisenbahnzug; ein Verfahren zu dessen Betrieb, eine Auswerteinrichtung für ein Fahrzeug und ein Softwareprogrammprodukt für ein Fahrzeug.

[0002] Im Bereich der Eisenbahntechnik ist das europäische Zugbeeinflussungssystem European Train Control System (ETCS) bekannt, in dessen sogenanntem Level 3 eine Gleisfreimeldung und Zugvollständigkeitskontrolle nicht mehr durch Stellwerke, sondern durch ein sogenanntes Radio Block Centre unter Mitwirkung des Zuges erfolgen soll. Eine in Level 2 noch notwendige streckenseitige Gleisfreimeldung, beispielsweise durch Achszähler oder Gleisstromkreise, ist nicht mehr notwendig.

[0003] Um Eisenbahnzügen eine Fahrt in Level 3 zu ermöglichen, müssen diese über ein eigenes System zur Zugvollständigkeitskontrolle verfügen (vgl. ETCS-Spezifikation, Subset 026, 3.6.0, Abschnitt 2.6.7.2.3). Die Sicherheitsanforderungen hieran entsprechen der Sicherheitsstufe SIL4.

[0004] Zur Umsetzung einer zuverlässigen, robusten zugseitigen Vollständigkeitsmeldung für Züge mit variabler Zugbildung, insbesondere Güterzüge, wurden bereits unterschiedliche Verfahren diskutiert, beispielsweise Verfahren auf der Basis einer Überwachung des Drucks und des Massenstroms in der Hauptluftleitung, einer Laufzeitmessung über Ultraschall in der Hauptdruckleitung, einer zusätzlichen Verkabelung entlang des Zuges oder einer Abstandsmessung zu einem End-of-Train (EoT) Device per Funk, wie es beispielsweise in der europäischen Patentschrift EP 3 337 708 B1 beschrieben ist.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Betriebsverfahren anzugeben, das zumindest einen Messwert liefert, auf dessen Basis eine zuverlässige Vollständigkeitskontrolle erfolgen kann.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in Unteransprüchen angegeben.

[0007] Danach ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass während der Fahrt des Fahrzeugs mit einem im Bereich eines vorderen Endes des Fahrzeugs angeordneten vorderen Sensor eine vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke abhängige Eigenschaft im zeitlichen Verlauf unter Bildung eines ersten Eigenschaftsverlaufs gemessen wird, während der Fahrt des Fahrzeugs mit einem im Bereich eines hinteren Endes des Fahrzeugs angeordneten hinteren Sensor die vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke abhängige Eigenschaft im zeitlichen Verlauf unter Bildung eines zweiten Eigenschaftsverlaufs gemessen wird, der erste und zweite Eigenschaftsverlauf einer Korrelationsprüfung unter Bildung eines zeitlichen Abstandswerts unterzogen werden, der den zeitlichen Abstand zwischen einem zweiten Zeitpunkt, an dem der hintere Sensor einen vom vorderen Sensor bereits zuvor passierten Ort passiert oder passiert hat, und einem ersten Zeitpunkt, an dem der vordere Sensor den genannten Ort bereits passiert hat, angibt, und auf der Basis des zeitlichen Abstandswerts die Länge des Fahrzeugs unter Bildung eines Längenwerts ermittelt wird.

[0008] Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass dieses eine Längenbestimmung des Fahrzeugs in besonders einfacher Weise auch bei Kurvenfahrten ermöglicht. Der in der erfindungsgemäßen Weise ermittelte Längenmesswert kann in vorteilhafter Weise beispielsweise herangezogen werden, um die Vollständigkeit des Fahrzeugs zu überprüfen.

[0009] Vorzugsweise wird ein Zugvollständigkeitssignal erzeugt, wenn der Längenwert einem vorgegebenen Sollwert entspricht oder zumindest nicht über ein vorgegebenes Maß hinaus von diesem abweicht. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass ein Alarmsignal erzeugt wird, wenn der Längenwert von dem vorgegebenen Sollwert über das vorgegebene Maß hinaus abweicht.

[0010] Vorteilhaft ist es, wenn im Rahmen der Korrelationsprüfung mit dem ersten und zweiten Eigenschaftsverlauf eine Kreuzkorrelationsfunktion bestimmt wird und anhand der Kreuzkorrelationsfunktion der zeitliche Abstandswert ermittelt wird.

[0011] Die Bildung des Längenwerts schließt vorzugsweise die Multiplikation des zeitlichen Abstandswerts mit einem die Geschwindigkeit des Fahrzeugs angegebenden Geschwindigkeitswert ein.

[0012] Werden zur Messung der Eigenschaftsverläufe die Messwerte in konstanten zeitlichen Abständen erfasst, so können Beschleunigungen, bei denen die Geschwindigkeit erhöht wird, Signalstauchungen im zeitlichen Verlauf der Eigenschaftsverläufe hervorrufen; Beschleunigungen, bei denen die Geschwindigkeit reduziert wird, können Signalspreizungen im zeitlichen Verlauf der Eigenschaftsverläufe hervorrufen. Aus diesem Grunde wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die Korrelationsprüfung eine Korrektur beschleunigungsbedingter Signalbeeinflussung des ersten und zweiten Eigenschaftsverlaufs umfasst, indem beschleunigungsbedingte Signalstauchungen im zeitlichen Verlauf beispielsweise rechnerseitig gespreizt und beschleunigungsbedingte Signalspreizungen beispielsweise rechnerseitig gestaucht werden.

[0013] Vorteilhaft ist es, wenn die Korrelationsprüfung zwecks Korrektur von Signalspreizungen und/oder Signalstauchungen eine Umrechnung des ersten gemessenen Eigenschaftsverlaufs in einen ersten geschwindigkeitsnormierten Eigenschaftsverlauf und eine Umrechnung des zweiten gemessenen Eigenschaftsverlaufs in einen zweiten geschwindigkeitsnormierten Eigenschaftsverlauf einschließt und die Korrelationsprüfung außerdem einschließt, mit dem ersten und zweiten geschwindigkeitsnormierten Eigenschaftsverlauf eine Kreuzkorrelationsfunktion zu bestimmen und anhand

dieser Kreuzkorrelationsfunktion den zeitlichen Abstandswert zu ermitteln.

[0014] Die Umrechnung des ersten gemessenen Eigenschaftsverlaufs in den ersten geschwindigkeitsnormierten Eigenschaftsverlauf und die Umrechnung des zweiten gemessenen Eigenschaftsverlaufs in den zweiten geschwindigkeitsnormierten Eigenschaftsverlauf erfolgt vorzugsweise auf der Basis eines vorgegebenen Normierungsgeschwindigkeitswerts; die Bildung des Längenwerts schließt vorzugsweise die Multiplikation des zeitlichen Abstandswerts mit dem Normierungsgeschwindigkeitswert ein.

[0015] Alternativ kann in vorteilhafter Weise vorgesehen sein, dass die Messung der Eigenschaftsmesswerte für den ersten und zweiten Eigenschaftsverlauf in festen örtlichen Abständen bzw. festen örtlichen Distanzen, also ortsbezogen äquidistant, erfolgt. Die Aufnahme der Messwerte ist in diesem Falle also zeitlich nicht äquidistant, sondern in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit variabel. Die Erfassung der Eigenschaftsmesswerte für den ersten und zweiten Eigenschaftsverlauf kann zum Beispiel wegimpulsgeberseitig in festen Distanzen bzw. festen örtlichen Abständen getriggert werden. Der Vorteil der letztgenannten Ausgestaltung besteht darin, dass die angesprochenen Signalstauchungen und Signalspreizungen bei Geschwindigkeitswechseln vermieden werden und auf eine diesbezügliche nachträgliche Korrektur verzichtet werden kann.

[0016] Der vordere Sensor ist vorzugsweise an dem ersten Wagen des mehrgliedrigen Fahrzeugs bzw. Eisenbahnzugs und der hintere Sensor vorzugsweise an dem letzten Wagen des mehrgliedrigen Fahrzeugs bzw. Eisenbahnzugs angebracht, um die Gesamtlänge besonders genau ermitteln zu können.

[0017] Der Geschwindigkeitswert kann gemessen bzw. aus Messwerten errechnet werden, beispielsweise unter Einbezug von gemessenen zurückgelegten Weginkrementen und diesbezüglichen Zeitintervallen, Dopplerradarmesswerten und/oder gemessenen Beschleunigungswerten.

[0018] Vorteilhaft ist beispielsweise, wenn der Geschwindigkeitswert mittels zweier Sensoren ermittelt wird, die in Fahrzeuglängsrichtung versetzt, aber dicht benachbart sind und vorzugsweise an unterschiedlichen Enden desselben Wagens in einem bekannten Abstand zueinander angebracht sind und jeweils eine vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke abhängige Eigenschaft im zeitlichen Verlauf unter Bildung von Eigenschaftsverläufen messen. Durch eine Korrelationsprüfung kann dann - wie oben im Zusammenhang mit der Längenbestimmung erläutert - ein zeitlicher Abstandswert bestimmt werden, der den zeitlichen Abstand zwischen einem zweiten Zeitpunkt, an dem der hintere der zwei letztgenannten Sensoren einen vom vorderen der zwei letztgenannten Sensoren bereits zuvor passierten Ort passiert oder passiert hat, und einem ersten Zeitpunkt, an dem der vordere der zwei letztgenannten Sensoren den genannten Ort bereits passiert hat, angibt. Auf der Basis dieses zeitlichen Abstandswerts und dem bekannten Abstand zwischen den Sensoren kann dann der Geschwindigkeitswert berechnet werden.

[0019] Möglich ist es also, dass zwei Sensoren zur Messung des Geschwindigkeitswerts und zwei Sensoren zur Längenmessung vorhanden sind, also vier Sensoren. Vorteilhaft ist es jedoch, wenn ein Sensor eingespart wird und einer der Sensoren sowohl zur Geschwindigkeitsmessung als auch zur Längenmessung eingesetzt wird.

[0020] So kann der vordere der zwei zur Geschwindigkeitsmessung herangezogenen Sensoren der Sensor sein, der als der vordere Sensor für die Längenmessung verwendet wird; der hintere der zur Geschwindigkeitsmessung herangezogenen Sensoren wäre dann ein Sensor zusätzlich zu dem hinteren Sensor, der zur Längenmessung verwendet wird. Entsprechend kann alternativ der hintere der zwei zur Geschwindigkeitsmessung herangezogenen Sensoren der hintere Sensor sein, der für die Längenmessung verwendet wird; der vordere der zur Geschwindigkeitsmessung herangezogenen Sensoren wäre dann ein zusätzlicher Sensor, zusätzlich zu dem vorderen zur Längenmessung herangezogenen Sensor.

[0021] Die vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke abhängige Eigenschaft, die von den Sensoren gemessen wird, kann eine Eigenschaft eines Radarempfangssignals sein, das einen überfahrenen Boden der Strecke durchdrungen hat. Die letztgenannte Variante kann zum Beispiel auf Sensoren basieren, wie sie in der Druckschrift "Localizing Ground Penetrating RADAR: A Step Toward Robust Autonomous Ground Vehicle Localization" (Matthew Cornick, Jeffrey Koechling, Byron Stanley, and Beijia Zhang MIT Lincoln Laboratory, 244 Wood St. Lexington, Massachusetts 02420, Received 21 May 2014) beschrieben sind.

[0022] Alternativ oder zusätzlich können von den Sensoren zur Erzeugung der Eigenschaftsverläufe andere Eigenschaften gemessen werden, wie zum Beispiel eine Eigenschaft eines empfangenen Dopplersignals eines Gleichstrichradars, das ein Radarsignal zumindest auch in Richtung des Streckenbodens sendet, eine Eigenschaft eines Magnetfeldes, das vorzugsweise streckenseitig erzeugt und fahrzeugseitig erfasst wird, die Permeabilität einer Schiene der befahrenen Strecke und/oder die Rauigkeit der Schiene.

[0023] Die Ermittlung des die Länge des Fahrzeugs angehenden Längenwerts muss im Übrigen nicht allein auf der Basis einer einzigen Eigenschaft erfolgen; beispielsweise können auf der Basis zweier oder mehr Eigenschaften jeweils Eigenschaftsverläufe ermittelt werden und für jede der Eigenschaften jeweils Längenwerte ermittelt werden. Sind zwei oder mehr Längenwerte vorhanden, so können diese verglichen und einer Plausibilitätsprüfung unterzogen werden. Beispielsweise kann ein Warnsignal erzeugt werden, wenn die Längenwerte über ein vorgegebenes Maß voneinander abweichen.

[0024] Die Erfindung bezieht sich außerdem auf ein mehrgliedriges Fahrzeug, insbesondere Eisenbahnzug. Erfin-

dungsgemäß ist bezüglich des Fahrzeugs vorgesehen, dass im Bereich eines vorderen Endes des Fahrzeugs ein
 vorderer Sensor angeordnet ist, der eine vom jeweiligen Ort einer befahrenen Strecke abhängige Eigenschaft im zeit-
 lichen Verlauf unter Bildung eines ersten Eigenschaftsverlaufs misst, im Bereich eines hinteren Endes des Fahrzeugs
 ein hinterer Sensor angeordnet ist, der die vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke abhängige Eigenschaft im zeitlichen
 Verlauf unter Bildung eines zweiten Eigenschaftsverlaufs misst, und eine mit dem ersten und zweiten Sensor in Verbin-
 dung stehende Auswerteinrichtung vorhanden ist, die den ersten und zweiten Eigenschaftsverlauf einer Korrelations-
 prüfung unter Bildung eines zeitlichen Abstandswerts unterzieht, der den zeitlichen Abstand zwischen einem zweiten
 Zeitpunkt, an dem der hintere Sensor einen vom vorderen Sensor bereits zuvor passierten Ort passiert oder passiert
 hat, und einem ersten Zeitpunkt, an dem der vordere Sensor den genannten Ort bereits passiert hat, angibt, und auf
 der Basis des zeitlichen Abstandswerts die Länge des Fahrzeugs unter Bildung eines Längenwerts ermittelt. Bezüglich
 der Vorteile des erfindungsgemäßen Fahrzeugs und dessen vorteilhafter Ausgestaltungen sei auf die obigen Ausführ-
 ungen im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und dessen vorteilhafter Ausgestaltungen verwiesen.

[0025] Die Erfindung bezieht sich außerdem auf eine Auswerteinrichtung für ein Fahrzeug, insbesondere ein Fahrzeug
 wie oben beschrieben. Erfindungsgemäß ist bezüglich der Auswerteinrichtung vorgesehen, dass die Auswerteinrichtung
 dazu ausgestaltet ist, einen ersten Eigenschaftsverlauf, der von einem vorderen Sensor erfasst wurde, und einen zweiten
 Eigenschaftsverlauf, der von einem hinteren Sensor erfasst wurde, einer Korrelationsprüfung unter Bildung eines zeit-
 lichen Abstandswerts zu unterziehen, der den zeitlichen Abstand zwischen einem zweiten Zeitpunkt, an dem der hintere
 Sensor einen vom vorderen Sensor bereits zuvor passierten Ort passiert oder passiert hat, und einem ersten Zeitpunkt,
 an dem der vordere Sensor den genannten Ort bereits passiert hat, angibt, und auf der Basis des zeitlichen Abstandswerts
 die Länge des Fahrzeugs unter Bildung eines Längenwerts zu ermitteln. Bezüglich der Vorteile der erfindungsgemäßen
 Auswerteinrichtung und deren vorteilhafter Ausgestaltungen sei auf die obigen Ausführungen im Zusammenhang mit
 dem erfindungsgemäßen Verfahren und dessen vorteilhafter Ausgestaltungen verwiesen.

[0026] Die Auswerteinrichtung ist vorzugsweise in einen Fahrzeugrechner eines Fahrzeugs, insbesondere Schienen-
 fahrzeugs, integriert.

[0027] Die Auswerteinrichtung umfasst vorzugsweise ein Korrelationsmodul zur Korrelationsprüfung und Bildung des
 zeitlichen Abstandswerts sowie ein Multiplikationsmodul zur Bildung des Längenwerts durch Multiplikation des zeitlichen
 Abstandswerts mit einem die Geschwindigkeit des Fahrzeugs angegebenden Geschwindigkeitswert.

[0028] Die Erfindung bezieht sich außerdem auf ein Softwareprogrammprodukt. Erfindungsgemäß ist bezüglich des
 Softwareprogrammprodukts vorgesehen, dass dieses bei Ausführung durch eine Recheneinrichtung diese dazu veran-
 lasst, eine Auswerteinrichtung wie beschrieben zu bilden, also einen ersten Eigenschaftsverlauf, der von einem vorderen
 Sensor erfasst wurde, und einen zweiten Eigenschaftsverlauf, der von einem hinteren Sensor erfasst wurde, einer
 Korrelationsprüfung unter Bildung eines zeitlichen Abstandswerts zu unterziehen, der den zeitlichen Abstand zwischen
 einem zweiten Zeitpunkt, an dem der hintere Sensor einen vom vorderen Sensor bereits zuvor passierten Ort passiert
 oder passiert hat, und einem ersten Zeitpunkt, an dem der vordere Sensor den genannten Ort bereits passiert hat,
 angibt, und auf der Basis des zeitlichen Abstandswerts die Länge des Fahrzeugs unter Bildung eines Längenwerts zu
 ermitteln.

[0029] Das Softwareprogrammprodukt ist vorzugsweise in Software eines Fahrzeugrechners eines Fahrzeugs, ins-
 besondere Schienenfahrzeugs, integriert oder zumindest auf einem solchen Fahrzeugrechner installiert. Alternativ kann
 es auch auf einem streckenseitigen Rechner, zu dem die Sensordaten beispielsweise per Funk übertragen werden,
 installiert sein. Das Softwareprogrammprodukt kann alternativ zur oben genannten Ausführungsform auch Programm-
 befehle zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens nach einer der zuvor genannten Ausführungsformen
 aufweisen.

[0030] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, dabei zeigen beispielhaft:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes mehrgliedriges Fahrzeug,

Figur 2 Eigenschaftsverläufe, die von einem vorderen und einem hinteren Sensor des Fahrzeugs gemäß Figur 1
 gemessen werden,

Figur 3 ein Ausführungsbeispiel für eine Auswerteinrichtung des Fahrzeugs gemäß Figur 1,

Figur 4 eine distanzgetriggerte Messwertaufnahme zum Erzeugen von beschleunigungsunabhängigen Eigen-
 schaftsverläufen,

Figur 5 eine vorteilhafte technische Realisierung der Auswerteinrichtung gemäß Figur 3,

Figur 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes mehrgliedriges Fahrzeug,

Figur 7 ein Ausführungsbeispiel für einen Sensor, der bei den Fahrzeugen gemäß Figur 1 und 6 eingesetzt werden kann, und

Fig. 8-10 Messwerte des Sensors gemäß Figur 7 und eine daraus abgeleitete Kreuzkorrelationsfunktion.

[0031] In den Figuren werden der Übersicht halber für identische oder vergleichbare Komponenten dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0032] Die Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes, mehrgliedriges Fahrzeug in Form eines Eisenbahnzugs 10. Der in Fahrtrichtung F vorderste Wagen wird durch eine Lokomotive 11 gebildet; bei den übrigen Wagen kann es sich beispielsweise um Güterwagen handeln. Der letzte Wagen ist mit dem Bezugszeichen 12 gekennzeichnet.

[0033] An der Lokomotive 11 ist ein vorderer Sensor 21 angeordnet, der eine vom jeweiligen Ort einer befahrenen Strecke 30 abhängige Eigenschaft im zeitlichen Verlauf unter Bildung eines ersten Eigenschaftsverlaufs EV1 misst. Bei der Eigenschaft kann es sich beispielsweise um eine Eigenschaft einer Schiene der befahrenen Strecke handeln, beispielsweise um die Permeabilität oder Rauigkeit der Schiene.

[0034] Im Bereich des in Fahrtrichtung F gesehen letzten Wagens 12 ist ein hinterer Sensor 22 angeordnet, der dieselbe Eigenschaft wie der vordere Sensor 21 misst und einen zweiten Eigenschaftsverlauf EV2 erfasst.

[0035] Mit dem ersten und zweiten Sensor steht beispielsweise über Funk eine Auswerteinrichtung 40 in Verbindung, die bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 in der Lokomotive 11 angeordnet ist; die Auswerteinrichtung 40 könnte sich alternativ auch in einem anderen Wagen des Eisenbahnzugs 10 befinden.

[0036] Ein Ausführungsbeispiel für eine Auswerteinrichtung 40 ist in Figur 3 gezeigt, sodass bezüglich der Arbeitsweise der Auswerteinrichtung 40 gemäß Figur 1 nachfolgend parallel auch Bezug auf die Figur 3 genommen wird.

[0037] Die Figur 2 zeigt beispielhaft den ersten und zweiten Eigenschaftsverlauf EV1 und EV2 über der Zeit t unter der Annahme, dass der Eisenbahnzug 10 in dem dargestellten Zeitfenster mit konstanter Geschwindigkeit fährt. Es lässt sich erkennen, dass der erste Eigenschaftsverlauf EV1 und der zweite Eigenschaftsverlauf EV2 zeitlich versetzt sind bzw. einen zeitlichen Abstand aufweisen; der zeitliche Abstandswert dT wird durch einen zweiten Zeitpunkt t2, an dem der hintere Sensor 22 einen vom vorderen Sensor 21 bereits zuvor passierten Ort passiert oder passiert hat, und einem ersten Zeitpunkt t1, an dem der vordere Sensor 21 den genannten Ort bereits passiert hat, definiert.

[0038] Die Auswerteinrichtung 40 wertet die beiden Eigenschaftsverläufe EV1 und EV2 aus, indem sie diese einer Korrelationsprüfung unterzieht; eine solche Korrelationsprüfung kann beispielsweise in einem Korrelationsmodul 41 (vgl. Figur 3) der Auswerteinrichtung 40 erfolgen. Im Rahmen der Korrelationsprüfung kann das Korrelationsmodul 41 beispielsweise mit den beiden Eigenschaftsverläufen EV1 und EV2 eine Kreuzkorrelationsfunktion bilden und mit dieser den zeitlichen Versatz bzw. den zeitlichen Abstandswert dT ermitteln.

[0039] Auf der Basis des zeitlichen Abstandswerts dT errechnet die Auswerteinrichtung 40 nachfolgend die Länge des Eisenbahnzugs 10 unter Bildung eines Längenwerts LZ; beispielsweise kann ein Multiplikationsmodul 42 der Auswerteinrichtung 40 den zeitlichen Abstandswert dT mit einem die Geschwindigkeit des Eisenbahnzugs 10 angegebenden Geschwindigkeitswert V multiplizieren, um den Längenwert LZ zu errechnen gemäß

$$LZ = V \cdot dT$$

[0040] Ein Prüfmodul 43 (vgl. Figur 3) der Auswerteinrichtung 40 erzeugt ein Zugvollständigkeitssignal Sv, wenn der Längenwert LZ einem vorgegebenen Sollwert LZsoll entspricht oder zumindest nicht über ein vorgegebenes Maß hinaus von diesem abweicht. Weicht der Längenwert LZ von dem Sollwert LZsoll über das vorgegebene Maß hinaus ab, weil beispielsweise eine Zugtrennung stattgefunden hat und der letzte Wagen 12 von der Lokomotive 11 abgetrennt ist, so erzeugt es ein Alarmsignal Sa.

[0041] Im Zusammenhang mit der Figur 2 wurde von dem beispielhaften Fall ausgegangen, dass der Eisenbahnzug 10 mit konstanter Geschwindigkeit fährt, sodass die Sensoren 41 und 42 bei konstanter zeitlicher Messfrequenz jeweils örtlich äquidistant abgetastete Messwerte erfassen. Im Falle von Geschwindigkeitsschwankungen durch Beschleunigungen oder Verzögerungen kann es jedoch zu Streckungen und Stauchungen im Signalverlauf kommen. Beispielsweise im Falle einer Beschleunigung eines langen Zuges wird das Zugende eine Stelle, die zuvor von der Zugspitze passiert wurde, mit einer deutlich höheren Geschwindigkeit passieren als die Zugspitze, sodass - bei konstanter zeitlicher Abtastfrequenz - die Messwerte des zweiten Eigenschaftsverlaufs EV2 an dieser Stelle örtlich weiter auseinander liegen als im ersten Eigenschaftsverlauf EV1; im Zeitbereich wirkt sich das als Signalstauchung aus.

[0042] Um den Effekt der beschleunigungsbedingten Signalverzerrung zu vermeiden, können beispielsweise Wegimpulsgeber eingesetzt werden, die die Messwertaufnahme örtlich triggern. Zum Beispiel kann mit einem Wegimpulsgeber die Drehung eines Rades erfasst werden und jeweils ein Impuls erzeugt werden, wenn ein Weginkrement vorgegebener Länge gefahren wurde. Bei hinreichend großer messtechnischer Auflösung des Wegimpulsgebers kann die

Messdatenerfassung für die Eigenschaftsverläufe unmittelbar über die Pulse eines solchen Wegimpulsgebers ausgelöst werden, sodass die Messungen nicht mehr zeitlich äquidistant sind, sondern örtlich äquidistant über dem zurückgelegten Weg vorliegen; Beschleunigungen des Fahrzeugs haben bei einer solchen örtlich äquidistanten Messwerterfassung keinen Einfluss auf die Eigenschaftsverläufe EV1 und EV2, sodass eine nachträgliche Korrektur nicht nötig ist.

[0043] Die Figur 4 zeigt beispielhaft eine ortsbezogene bzw. distanzgetriggerte Messdatenerfassung über der Zeit t und über der Ortskoordinate x . Durch die wegimpulsgebergesteuerte Messwerterfassung wird eine örtliche Signalverzerrung vermieden, die dabei auftretende zeitliche Signalverzerrung spielt keine Rolle.

[0044] Alternativ kann zur Kompensation oder Vermeidung von Signalverzerrungen vorgesehen sein, zu jedem Messzeitpunkt $t(k)$ neben dem eigentlichen Messwert auch die Fahrzeuggeschwindigkeit $v(k)$ zu erfassen. Bei einem Schienenfahrzeug kann bei hohen Abtastraten über 1kHz das Bewegungsmodell mit konstanter Beschleunigung angesetzt werden. Das zwischen zwei Messungen zurückgelegte Weginkrement $s(k)$ ergibt sich mit:

$$s(k) = (v(k) + v(k-1))/2 * (t(k) - t(k-1)).$$

[0045] Durch Summation der Weginkremente ergibt sich der Weg. Wird das gemessene Signal nun über dem Weg abgebildet, so ist es entzerrt, also von Beschleunigung und Geschwindigkeitsänderung befreit.

[0046] Die Figur 5 zeigt eine bevorzugte Ausgestaltung der Auswerteinrichtung 40 gemäß Figur 2. Die Auswerteinrichtung 40 umfasst eine Recheneinrichtung 410 und einen Speicher 420. In dem Speicher 420 ist ein Softwareprogrammprodukt SPM abgespeichert, das bei Ausführung durch eine Recheneinrichtung 410 diese dazu veranlasst, die oben beschriebenen Funktionen der Auswerteinrichtung 40 auszuüben.

[0047] Das Softwareprogrammprodukt SPM umfasst ein Korrelationssoftwaremodul M41, das bei Ausführung durch die Recheneinrichtung 410 das oben beschriebene Korrelationsmodul 41 bildet, ein Multiplikationssoftwaremodul M42, das bei Ausführung durch die Recheneinrichtung 410 das oben beschriebene Multiplikationsmodul 42 bildet, und ein Prüfmodulsoftwaremodul M43, das bei Ausführung durch die Recheneinrichtung 410 das oben beschriebene Prüfmodulmodul 43 bildet.

[0048] Die Figur 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für einen erfindungsgemäßen Eisenbahnzug 10. Der Eisenbahnzug 10 gemäß Figur 6 entspricht dem Eisenbahnzug 10 gemäß Figur 1 mit dem Unterschied, dass ein dritter Sensor 23 vorhanden ist, der die vom Ort der befahrenen Strecke 30 abhängige Eigenschaft im zeitlichen Verlauf unter Bildung eines dritten Eigenschaftsverlaufs EV3 misst.

[0049] Der dritte Sensor 23 ist an der Lokomotive 11 angeordnet und weist somit einen im Vergleich zur Zuglänge LZ kleinen Sensorabstand LS zu dem vorderen Sensor 21 auf, so dass Geschwindigkeitsänderungen zu keinen relevanten Signalverzerrungen führen. Anhand des ersten und dritten Eigenschaftsverlaufs EV1 und EV3 kann die Auswerteinrichtung 40 die Geschwindigkeit des Eisenbahnzugs 10 unter Bildung eines Geschwindigkeitswerts V ermitteln, indem sie den Sensorabstand LS durch den Zeitversatz zwischen dem ersten Eigenschaftsverlauf EV1 und dem dritten Eigenschaftsverlauf EV3 teilt gemäß

$$V = LS/ZV13$$

wobei ZV13 den Zeitversatz zwischen dem ersten Eigenschaftsverlauf EV1 und dem dritten Eigenschaftsverlauf EV3 bezeichnet.

[0050] Der Geschwindigkeitswert V kann gemeinsam mit dem ersten und zweiten Eigenschaftsverlauf EV1 und EV2 zur Berechnung des Längenwerts LZ herangezogen werden, wie dies oben erläutert wurde. Die Ermittlung des Zeitversatzes ZV13 kann genauso erfolgen, wie dies oben im Zusammenhang mit den Eigenschaftsverläufen EV1 und EV2 zur Bestimmung des zeitlichen Abstandswerts dT erläutert wurde.

[0051] Die Figur 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel für einen Sensor 200, der als vorderer Sensor 21, hinterer Sensor 22 oder dritter Sensor 23 eingesetzt werden kann.

[0052] Der Sensor umfasst unter anderem eine Antenne 201, einen Mischer 202, ein Filter 203, einen Oszillator 204 und eine Sende-/Empfangsweiche 205. Die am Eisenbahnzug 10 montierte Antenne 201 strahlt ein von dem Oszillator 204 erzeugtes "continuous wave"-Mikrowellensignal unter einem vorgegebenen Winkel aus. Bei Auftreffen auf dem Untergrund wird das Signal diffus an Streukörpern SK der Strecke 30 gestreut. Die zurückgestreuten Signalanteile überlagern sich an der Antenne 201 und werden mittels des Mixers 202 mit der Sendefrequenz in ein Basisband heruntergemischt und anschließend mit dem Filter 203 gefiltert. Im Stillstand ergibt sich eine konstante Phasenlage, in Fahrt ergibt sich eine Relativbewegung der Streukörper SP zur Antenne 201, wodurch eine kontinuierliche Änderung der Phasenlage auftritt. Die Figuren 8 und 9 zeigen beispielhaft den Zeitverlauf der Amplitude $A(t)$ und den Frequenzverlauf des Leistungsdichtespektrums $P(f)$ eines typischen Dopplersignals.

[0053] In Figur 10 ist exemplarisch das Ergebnis der Kreuzkorrelation $K12(n)$ zweier in Fahrzeuginnenrichtung hin-

tereinander erfasster Dopplersignale (für Realteil RT und Imaginärteil IT) über den Abtastwerten n dargestellt. In den Signalverläufen sind lokale Minima und Maxima zu sehen. Um das globale Maximum zu finden, bietet es sich an, die Hüllkurve HK zu bilden. Anhand der Hüllkurve kann der zeitliche Abstand dT ermittelt werden.

[0054] 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.

[0055] 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 anderen Unteransprüchen, um weitere andere Ausführungsbeispiele zu erhalten.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines mehrgliedrigen Fahrzeugs, insbesondere Eisenbahnzugs (10),
dadurch gekennzeichnet, dass

- während der Fahrt des Fahrzeugs mit einem im Bereich eines vorderen Endes des Fahrzeugs angeordneten vorderen Sensor (21) eine vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke (30) abhängige Eigenschaft im zeitlichen Verlauf unter Bildung eines ersten Eigenschaftsverlaufs (EV1) gemessen wird,
- während der Fahrt des Fahrzeugs mit einem im Bereich eines hinteren Endes des Fahrzeugs angeordneten hinteren Sensor (22) die vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke (30) abhängige Eigenschaft im zeitlichen Verlauf unter Bildung eines zweiten Eigenschaftsverlaufs (EV2) gemessen wird,
- der erste und zweite Eigenschaftsverlauf (EV1, EV2) einer Korrelationsprüfung unter Bildung eines zeitlichen Abstandswerts (dT) unterzogen werden, der den zeitlichen Abstand zwischen einem zweiten Zeitpunkt (t_2), an dem der hintere Sensor (22) einen vom vorderen Sensor (21) bereits zuvor passierten Ort passiert oder passiert hat, und einem ersten Zeitpunkt (t_1), an dem der vordere Sensor (21) den genannten Ort bereits passiert hat, angibt, und
- auf der Basis des zeitlichen Abstandswerts (dT) die Länge des Fahrzeugs unter Bildung eines Längenwerts (LZ) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

- ein Zugvollständigkeitssignal (S_v) erzeugt wird, wenn der Längenwert (LZ) einem vorgegebenen Sollwert (LZ_{soll}) entspricht oder zumindest nicht über ein vorgegebenes Maß hinaus von diesem abweicht, und/oder
- ein Alarmsignal (S_a) erzeugt wird, wenn der Längenwert (LZ) von dem vorgegebenen Sollwert (LZ_{soll}) über das vorgegebene Maß hinaus abweicht.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Korrelationsprüfung einschließt, mit dem ersten und zweiten Eigenschaftsverlauf (EV1, EV2) eine Kreuzkorrelationsfunktion (K_{12}) zu bestimmen und anhand der Kreuzkorrelationsfunktion (K_{12}) den zeitlichen Abstandswert (dT) zu ermitteln.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Bildung des Längenwerts (LZ) die Multiplikation des zeitlichen Abstandswerts (dT) mit einem Geschwindigkeitswert (V) einschließt.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- die Korrelationsprüfung eine Korrektur beschleunigungsbedingter Signalbeeinflussung des ersten und zweiten Eigenschaftsverlaufs (EV1, EV2) umfasst,
- indem beschleunigungsbedingte Signalstauchungen im zeitlichen Verlauf rechnerseitig gespreizt und beschleunigungsbedingte Signalspreizungen rechnerseitig gestaucht werden.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke (30) abhängige Eigenschaft, die von dem vorderen und hinteren Sensor (21, 22) gemessen wird, eine Eigenschaft eines Radarempfangssignals ist, das einen überfahrenen Boden der Strecke (30) durchdrungen hat.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke (30) abhängige Eigenschaft, die von dem vorderen und hinteren Sensor (21, 22) gemessen wird, eine Eigenschaft eines empfangenen Dopplersignals eines Gleichstrichradars, der ein Radarsignal zumindest auch in Richtung des Streckenbodens sendet, ist.

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke (30) abhängige Eigenschaft, die von dem vorderen und hinteren Sensor (21, 22) gemessen wird, eine Eigenschaft eines Magnetfeldes ist.

9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke (30) abhängige Eigenschaft, die von dem vorderen und hinteren Sensor (21, 22) gemessen wird, die Permeabilität einer Schiene der befahrenen Strecke (30) ist.

10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke (30) abhängige Eigenschaft, die von dem vorderen und hinteren Sensor (21, 22) gemessen wird, die Rauigkeit einer Schiene der befahrenen Strecke (30) ist.

11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Messung der Eigenschaftsmesswerte für den ersten und zweiten Eigenschaftsverlauf (EV1, EV2) in festen räumlichen Distanzen erfolgt.

12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

- die Korrelationsprüfung eine Umrechnung des ersten gemessenen Eigenschaftsverlaufs (EV1) in einen ersten geschwindigkeitsnormierten Eigenschaftsverlauf und eine Umrechnung des zweiten gemessenen Eigenschaftsverlaufs (EV1) in einen zweiten geschwindigkeitsnormierten Eigenschaftsverlauf einschließt und
- die Korrelationsprüfung außerdem einschließt, mit dem ersten und zweiten geschwindigkeitsnormierten Eigenschaftsverlauf eine Kreuzkorrelationsfunktion zu bestimmen und anhand der Kreuzkorrelationsfunktion den zeitlichen Abstandswert (dT) zu ermitteln.

13. Mehrgliedriges Fahrzeug, insbesondere Eisenbahnzug (10), **dadurch gekennzeichnet, dass**

- im Bereich eines vorderen Endes des Fahrzeugs ein vorderer Sensor (21) angeordnet ist, der eine vom jeweiligen Ort einer befahrenen Strecke (30) abhängige Eigenschaft im zeitlichen Verlauf unter Bildung eines ersten Eigenschaftsverlaufs (EV1) misst,
- im Bereich eines hinteren Endes des Fahrzeugs ein hinterer Sensor (22) angeordnet ist, der die vom jeweiligen Ort der befahrenen Strecke (30) abhängige Eigenschaft im zeitlichen Verlauf unter Bildung eines zweiten Eigenschaftsverlaufs (EV2) misst, und
- eine mit dem ersten und zweiten Sensor (21, 22) in Verbindung stehende Auswerteinrichtung (40) vorhanden ist, die
- den ersten und zweiten Eigenschaftsverlauf (EV1, EV2) einer Korrelationsprüfung unter Bildung eines zeitlichen Abstandswerts (dT) unterzieht, der den zeitlichen Abstand zwischen einem zweiten Zeitpunkt (t2), an dem der hintere Sensor (22) einen vom vorderen Sensor (21) bereits zuvor passierten Ort passiert oder passiert hat, und einem ersten Zeitpunkt (t1), an dem der vordere Sensor (21) den genannten Ort bereits passiert hat, angibt, und
- auf der Basis des zeitlichen Abstandswerts (dT) die Länge des Fahrzeugs unter Bildung eines Längenwerts (LZ) ermittelt.

14. Auswerteinrichtung (40) für ein Fahrzeug, insbesondere ein Fahrzeug nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass

- die Auswerteinrichtung (40) dazu ausgestaltet ist, einen ersten Eigenschaftsverlauf (EV1), der von einem vorderen Sensor (21) erfasst wurde, und einen zweiten Eigenschaftsverlauf (EV2), der von einem hinteren Sensor (22) erfasst wurde, einer Korrelationsprüfung unter Bildung eines zeitlichen Abstandswerts (dT) zu

unterziehen, der den zeitlichen Abstand zwischen einem zweiten Zeitpunkt (t_2), an dem der hintere Sensor (22) einen vom vorderen Sensor (21) bereits zuvor passierten Ort passiert oder passiert hat, und einem ersten Zeitpunkt (t_1), an dem der vordere Sensor (21) den genannten Ort bereits passiert hat, angibt, und auf der Basis des zeitlichen Abstandswerts (dT) die Länge des Fahrzeugs unter Bildung eines Längenwerts (LZ) zu ermitteln.

15. Softwareprogrammprodukt (SPM),

dadurch gekennzeichnet, dass das Softwareprogrammprodukt (SPM) bei Ausführung durch eine Recheneinrichtung (410) diese dazu veranlasst, eine Auswerteinrichtung (40) nach Anspruch 14 zu bilden.

FIG 1

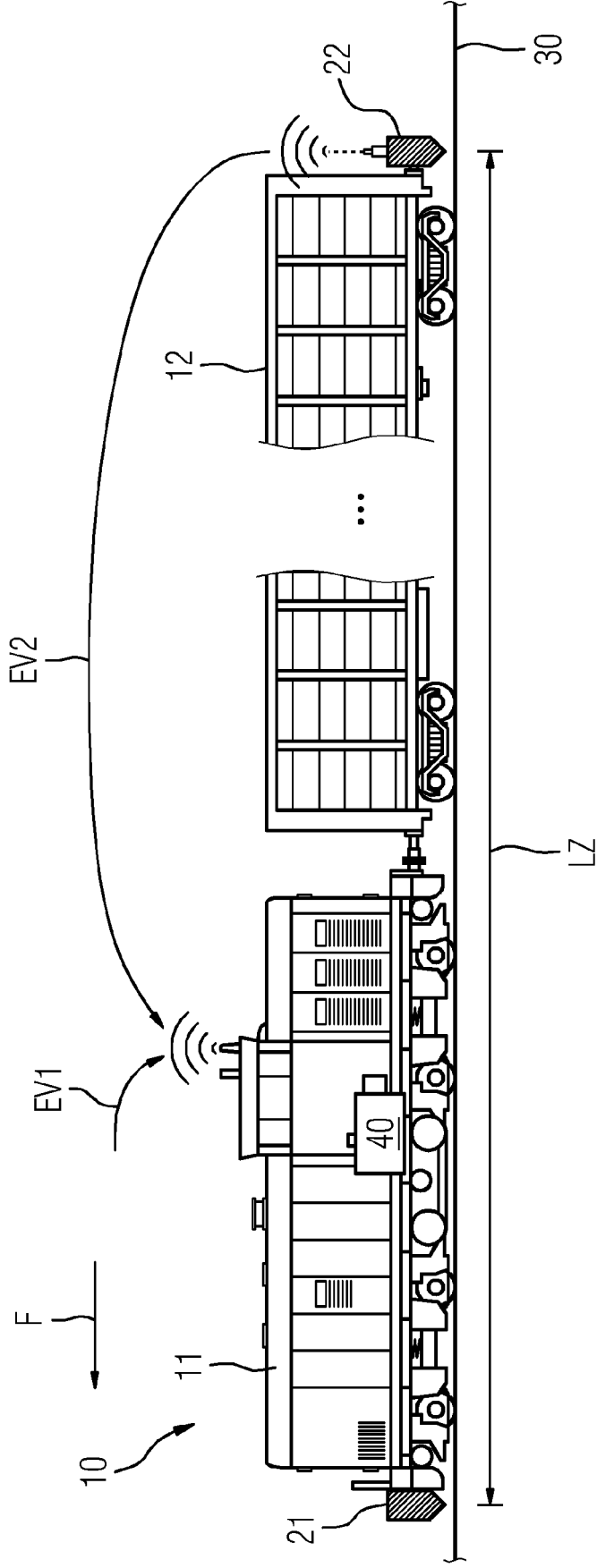


FIG 2

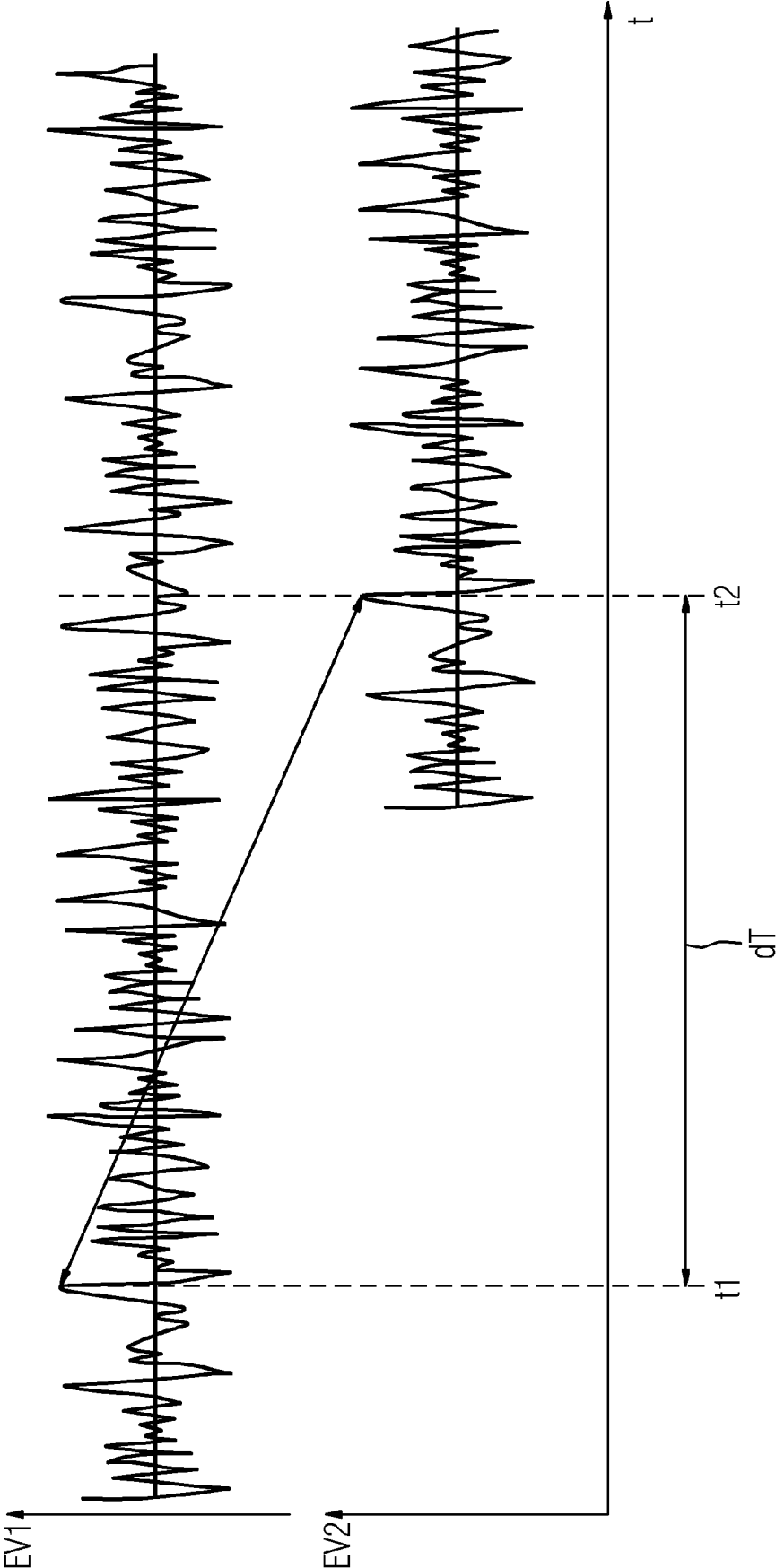


FIG 3

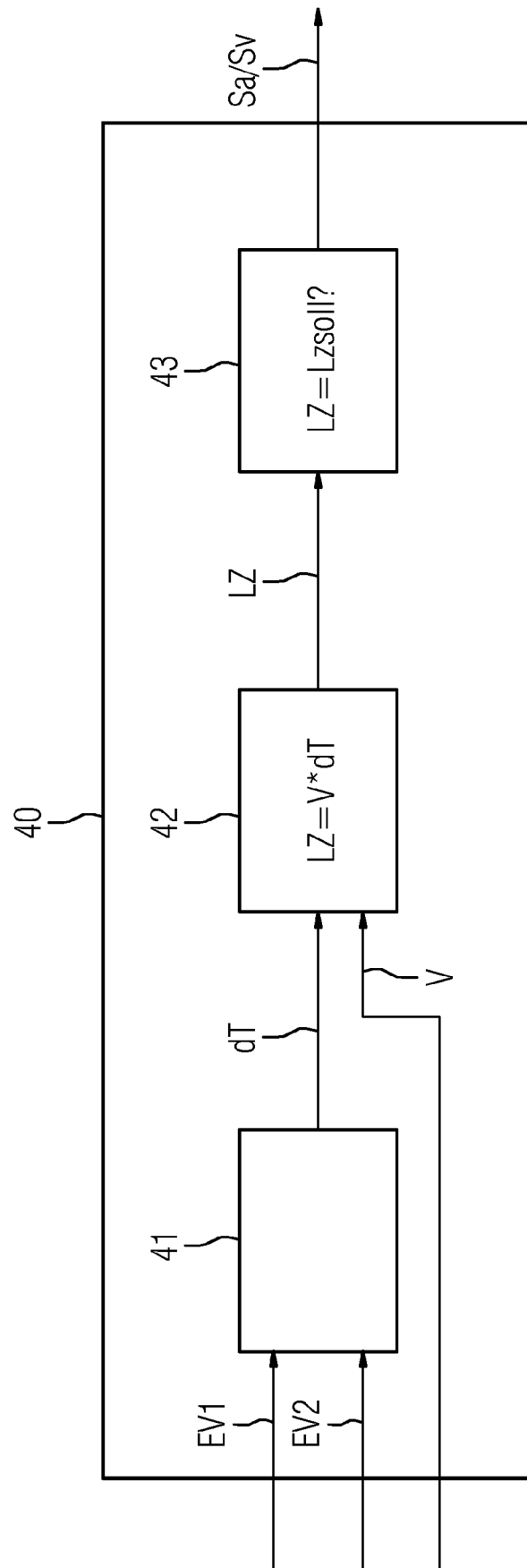
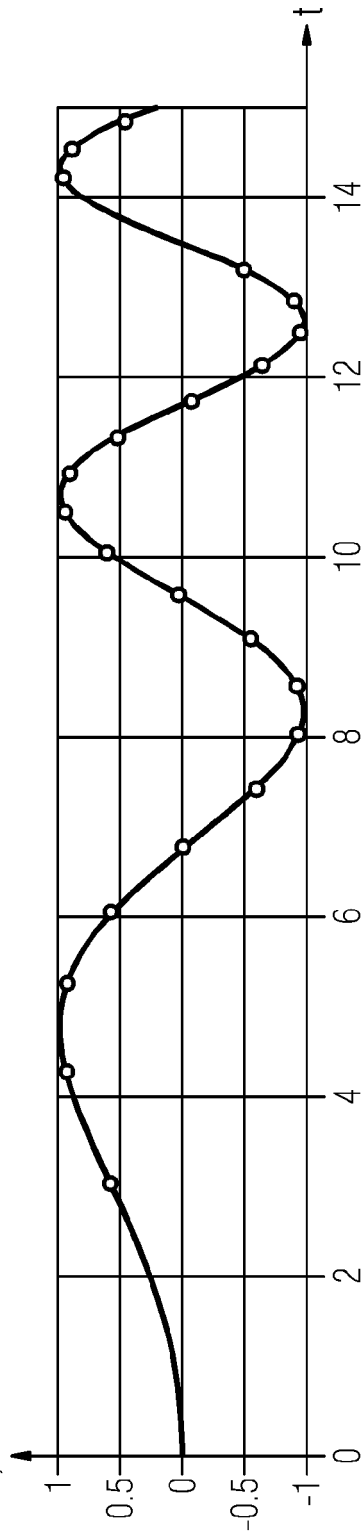


FIG 4

EV1, EV2



EV1, EV2

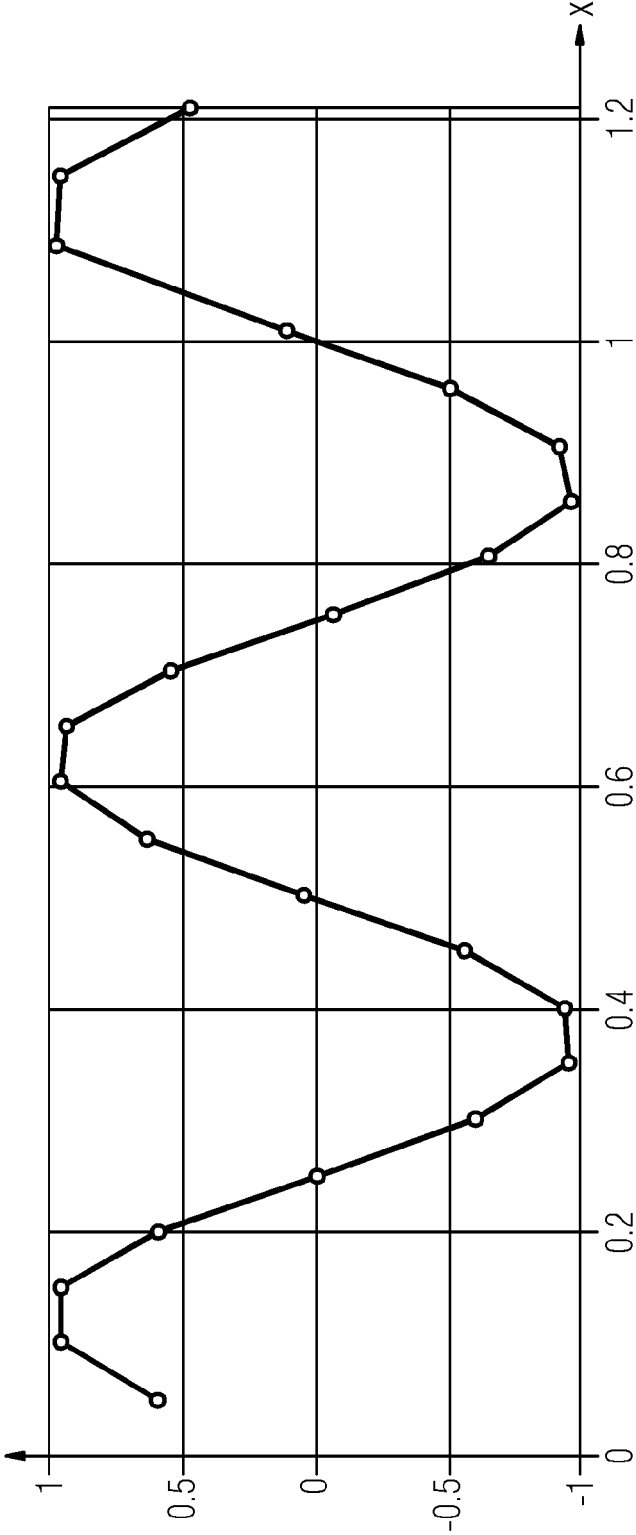


FIG 5

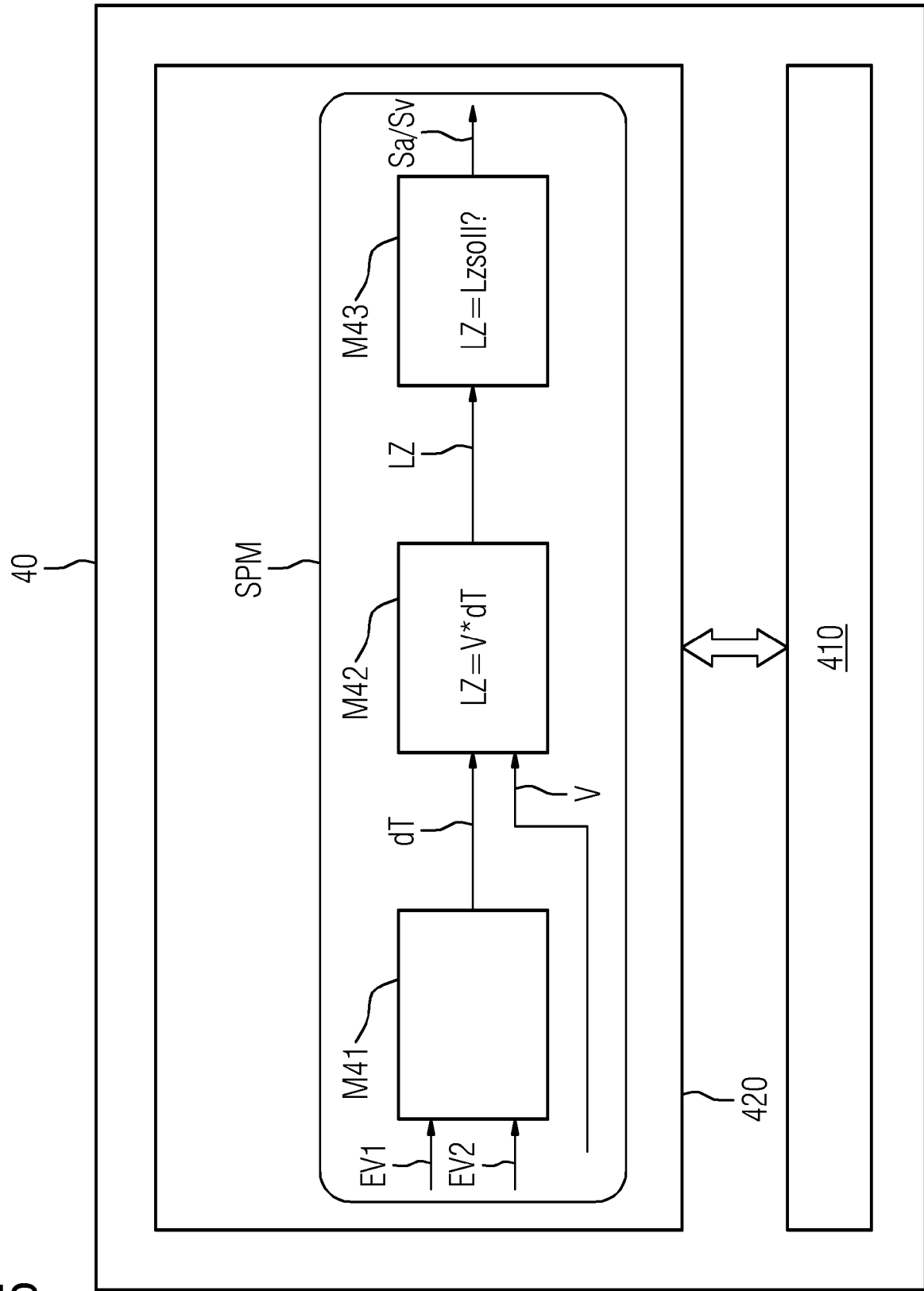


FIG 6

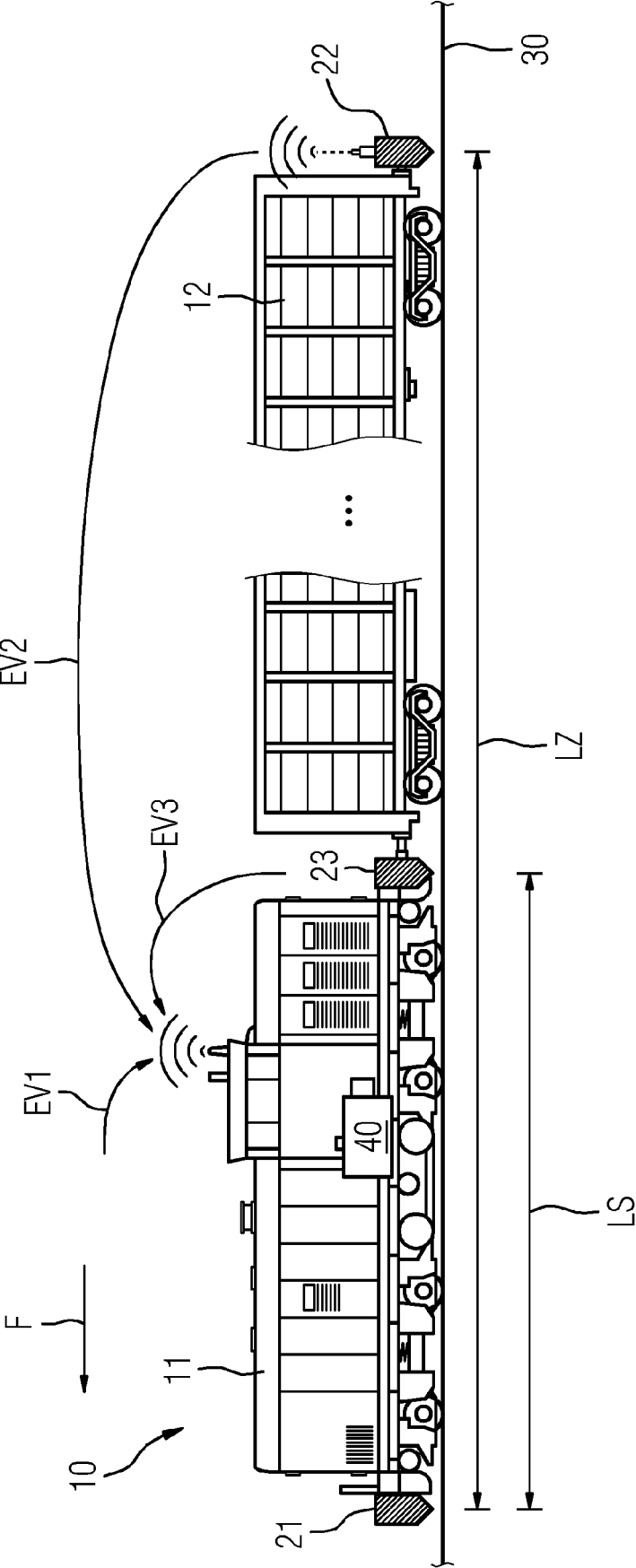


FIG 7

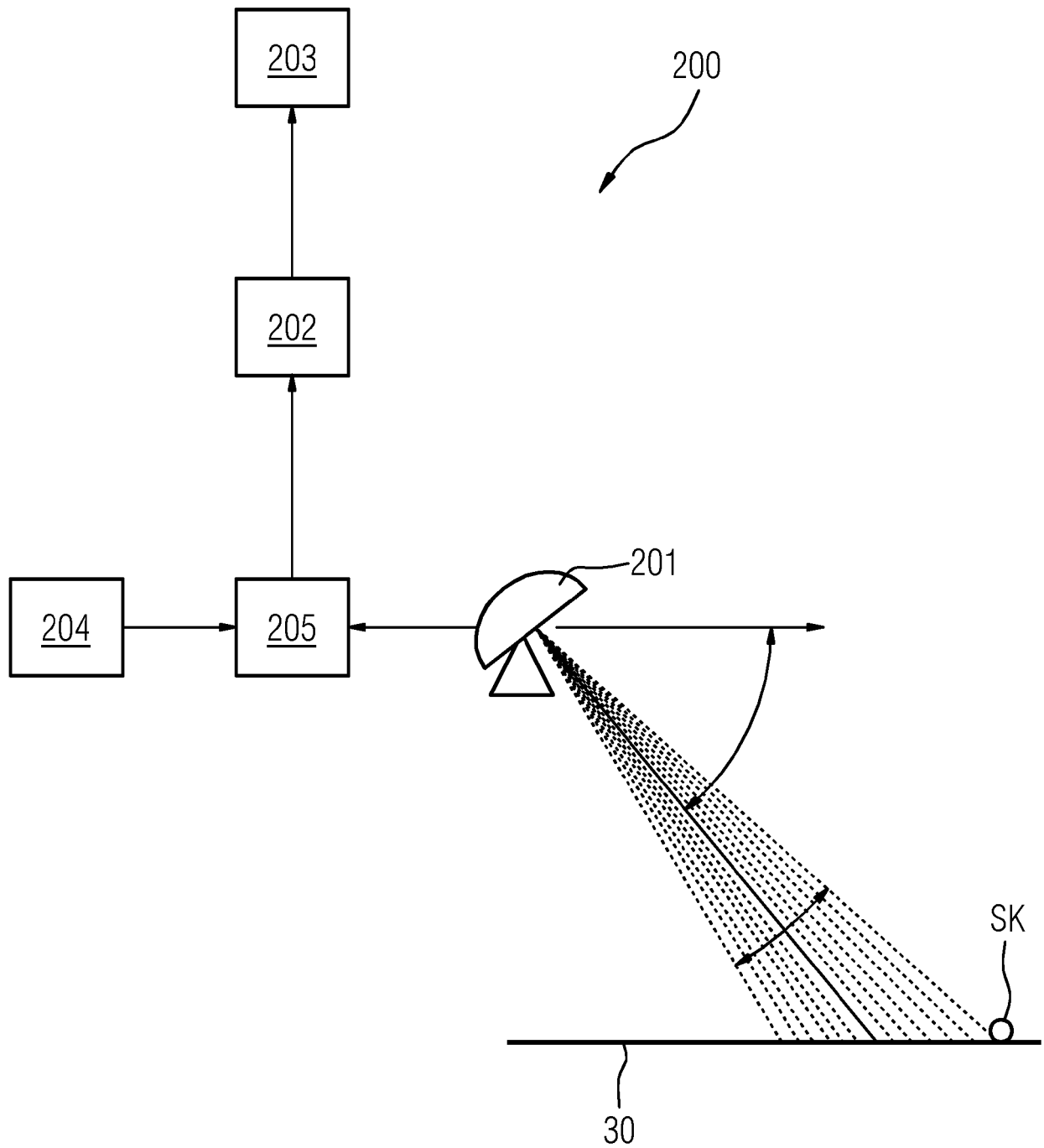


FIG 8

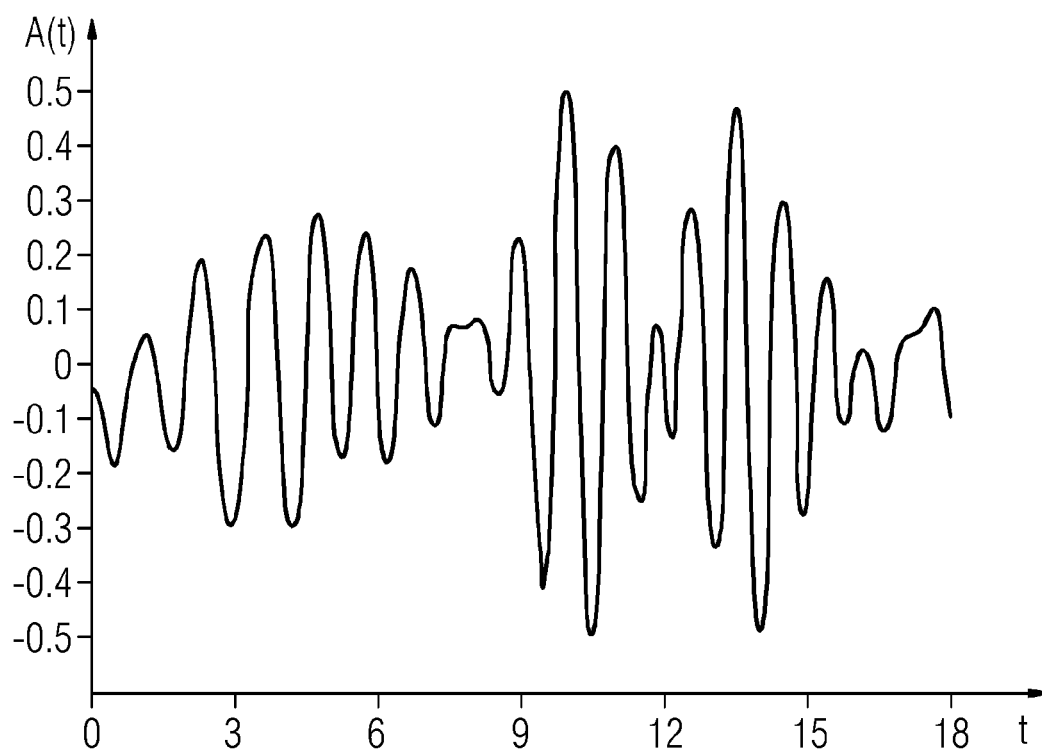


FIG 9

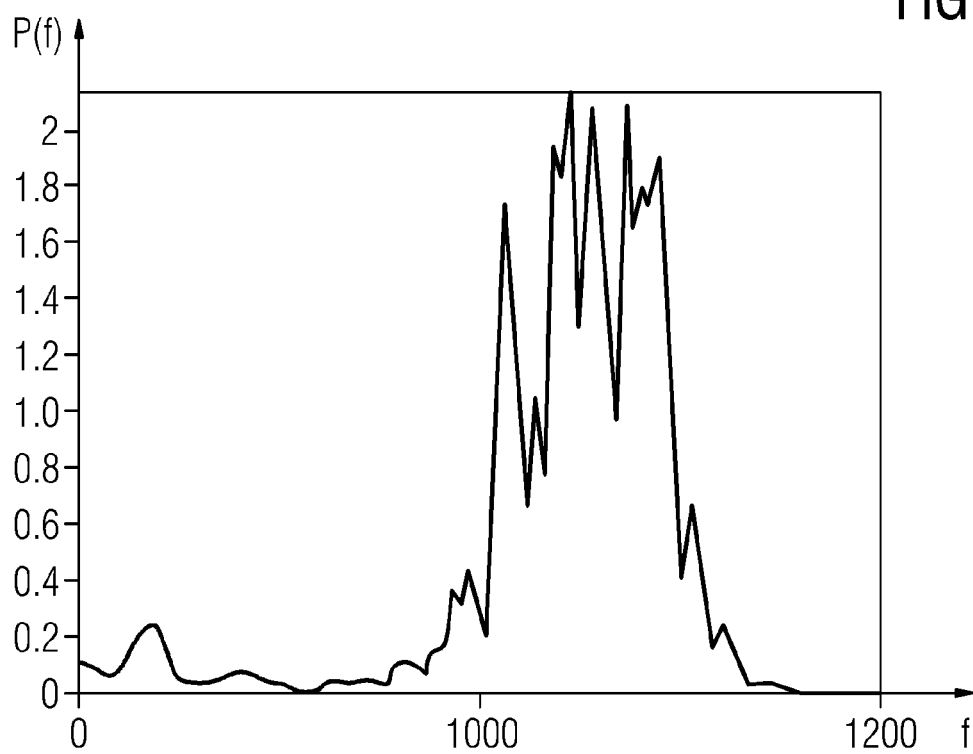
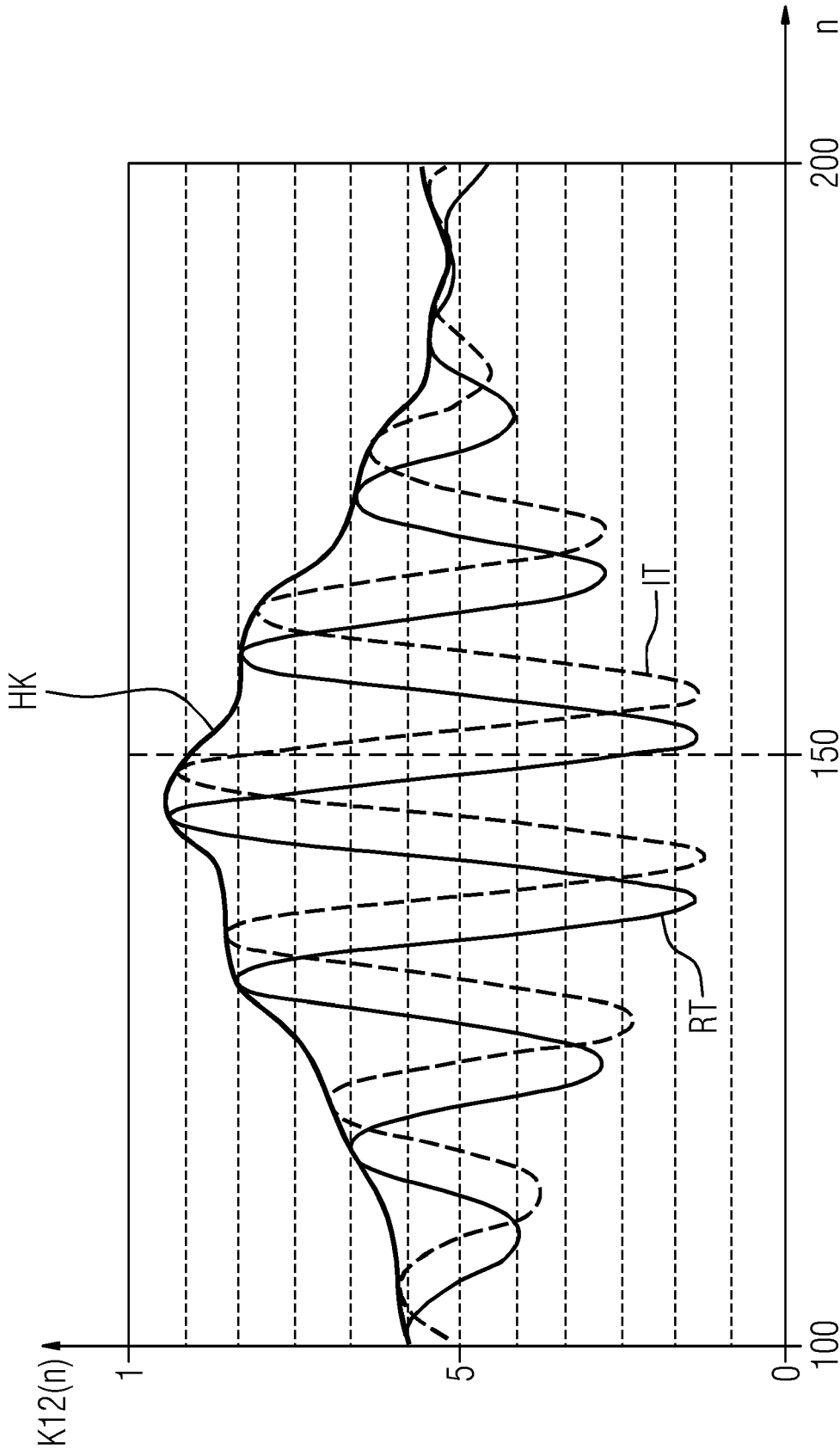


FIG 10





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 19 3208

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2018 118661 A1 (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT [DE]) 7. Februar 2019 (2019-02-07) * Absatz [0001] * * Absatz [0012] * * Absatz [0015] – Absatz [0017] * * Absatz [0024] * * Absatz [0047] * * Abbildungen 1,2 * -----	1-15	INV. B61L15/00 B61L25/02
X	DE 10 2021 101958 B3 (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT [DE]) 30. Dezember 2021 (2021-12-30) * Absatz [0010] – Absatz [0012] * * Absatz [0017] * * Absatz [0026] – Absatz [0027] * * Abbildungen 3,4 * -----	1,4,8, 13-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B61L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 22. Februar 2023	Prüfer Janssen, Axel
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

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

EP 22 19 3208

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.

22-02-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102018118661 A1	07-02-2019	KEINE	
15	DE 102021101958 B3	30-12-2021	KEINE	
20				
25				
30				
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

- EP 3337708 B1 [0004]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **MATTHEW CORNICK ; JEFFREY KOECHLING ; BYRON STANLEY ; BEIJIA ZHANG.** Localizing Ground Penetrating RADAR: A Step Toward Robust Autonomous Ground Vehicle Localization. MIT Lincoln Laboratory, 21. Mai 2014 [0021]