



(10) **DE 10 2017 123 766 B4** 2019.09.05

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 123 766.6**
(22) Anmeldetag: **12.10.2017**
(43) Offenlegungstag: **18.04.2019**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **05.09.2019**

(51) Int Cl.: **B60W 50/08 (2012.01)**
B61L 23/08 (2006.01)
B61L 25/00 (2006.01)
B60K 26/00 (2006.01)
G07C 5/08 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**MTU Friedrichshafen GmbH, 88045
Friedrichshafen, DE**

(74) Vertreter:
**Eisenführ Speiser Patentanwälte Rechtsanwälte
PartGmbH, 10178 Berlin, DE**

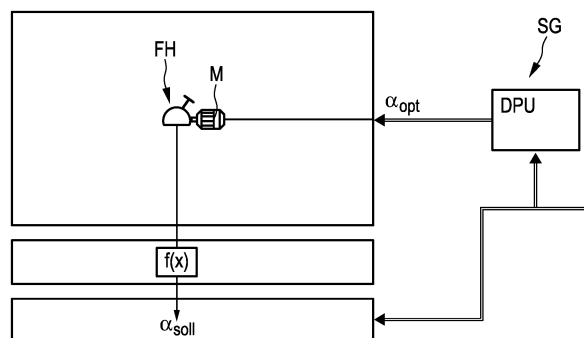
(72) Erfinder:
**Schalk, Johannes, 88045 Friedrichshafen, DE;
Gut, Thomas, 88074 Meckenbeuren, DE; Oszfolk,
Benjamin, 88046 Friedrichshafen, DE; Boyde, Jan,
Dr., 88048 Friedrichshafen, DE; Radke, Matthias,
88090 Immenstaad, DE; Schmalzing, Claus-Oliver,
Dr., 88339 Bad Waldsee, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2009 023 704	A1
DE	695 35 279	T2
DD	2 59 386	A1
US	7 343 314	B2
US	8 989 917	B2

(54) Bezeichnung: **Steuergerät für ein Fahrzeug mit Fahrhebel, Steuereinrichtung, Fahrzeug und Verfahren zur Steuerung eines Fahrzeugs mit Fahrhebel**

(57) Hauptanspruch: Steuergerät (SG) für ein streckengebundenes Fahrzeug mit Fahrhebel (FH), insbesondere ein Schienenfahrzeug oder Schiff oder dergleichen streckengebundenes Fahrzeug, umfassend:
einen Optimierer (DPU), der ausgebildet ist,
- einen auf ein vorbestimmtes Optimierungsziel optimierten Leistungssollwert (α_{soll}) für ein Antriebssystem des streckengebundenen Fahrzeugs, insbesondere Schienenfahrzeugs, zu bestimmen, und
- eine dem optimierten Leistungssollwert (α_{soll}) entsprechende Fahrhebelposition (α_{opt}) zu bestimmen, und dadurch gekennzeichnet, dass der Optimierer (DPU) weiter ausgebildet ist,
- die Fahrhebelposition (α_{opt}) an einen Stellantrieb (M) des Fahrhebels (FH) auszugeben, wobei der Stellantrieb (M) ausgebildet ist, den Fahrhebel (FH) entsprechend der empfangenen Fahrhebelposition (α_{opt}) einzustellen,
- für eine vorbekannte Strecke eine optimale Betriebsstrategie mittels einer dynamischen Programmierung nach Bellman vorauszuberechnen, und
- daraus einen Zustandsraum und optimale Folgezustände für das streckengebundene Fahrzeug zu berechnen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Steuergerät für ein streckengebundenes Fahrzeug mit Fahrhebel gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, insbesondere für ein Schienenfahrzeug oder Schiff oder dergleichen streckengebundene Fahrzeuge, die auf vorgegebenen Strecken mit Fahrplan eingesetzt werden. Die Erfindung betrifft auch eine Steuereinrichtung und ein streckengebundenes Fahrzeug mit Fahrhebel. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Steuerung des streckengebundenen Fahrzeugs gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 12.

[0002] Aus dem Stand der Technik wie US 8,989,917 B2 und US 7,343,314 A ist es bekannt, optimale Betriebsparameter für Fahrzeuge mit Fahrhebel wie Schienenfahrzeuge oder Schiffe mittels eines Optimierers zu ermitteln. Dabei erfolgt die Steuerung des Fahrzeugs entweder manuell durch einen Fahrzeugführer, dem die optimalen Betriebsparameter angezeigt werden und der den Fahrhebel entsprechend führen kann, oder vollautomatisch.

[0003] In DE 10 2009 023 704 A1 ist ein Verfahren zur Information von Fahrpersonal in einem Schienenfahrzeug über ein Darstellungsmittel und eine Datenverarbeitungseinheit beschrieben. In der Datenverarbeitungseinheit werden zumindest Daten über die erfasste aktuelle Position sowie gespeicherte Streckendaten verarbeitet. In der Datenverarbeitungseinheit wird unter Vorgabe einer wählbaren Randbedingung eine Empfehlung für die aktuelle Fahrsituation ermittelt und im Darstellungsmittel dargestellt.

[0004] Bei einer manuellen Umsetzung des Vorschlags durch den Fahrzeugführer wird Optimierungspotential vergeben, da die manuelle Ansteuerung des Fahrhebels zusätzliche Verzögerungen sowie Ungenauigkeiten in der tatsächlichen Ansteuerung des Antriebs verursacht.

[0005] Andererseits ist ein vollautomatischer Betrieb ohne Eingriffe des Fahrzeugführers aus Sicherheitsgründen nicht in allen Fällen umsetzbar oder wünschenswert. Hierbei ist wichtig, dass der Fahrzeugführer jederzeit über die aktuellen Betriebsparameter informiert ist und Möglichkeiten zum schnellen Eingreifen nicht nur in akuten Notsituationen hat.

[0006] So ist betreffend ein Fahrzeug der eingangs genannten Art in DE 695 35 279 T2 für eine Zeitplanung der Bewegung mehrerer Einheiten durch ein komplexes Bewegungsbestimmungssystem, insbesondere die Zeitplanung der Bewegung von Güterzügen durch eine Bahnanlage, ein Zug als Fahrzeug mit Fahrhebel beschrieben, bei dem Fahrhebel- und Bremseneinstellungen festgelegt werden, die sich auf einen Bewegungsplan des Zugs beziehen und bei dem der Zug gemäß der Einstellungen

gesteuert wird. Die durch ein Zugbewegungs-Bestimmungssystem festgelegten Befehle sind auf einer Anzeige im Führerstand der Lokomotive anzeigbar, um durch den Lokomotivführer ausgeführt zu werden, oder wären als Alternative dazu für die direkte halbautomatische Zugsteuerung durch herkömmliche Aktivierungen geeignet; könnten also die Leistungseinstellungen und das Bremsen direkt steuern, wobei die Möglichkeit einer Umgehung durch den Lokomotivführer vorgesehen sein kann, wenn das gewünscht ist. So kann ein physikalisches Modell eine Fahrhebel- und Bremseneinstellung für ein Zeitintervall bis zu einem nächsten Aktualisierungszeitpunkt senden. Die Fahrhebel- und Bremseneinstellung kann zusammen mit einer erwarteten Zeit der Ankunft an einem nächsten Steuerungspunkt an die Anzeigemitel des Lokomotivführers weitergeleitet werden. Als Alternative dazu ist die Fahrhebel- und Bremseneinstellung zur Steuerung von Aktuatoren, die automatisch die Fahrhebeleinstellung durchführen, verwendbar. Der Bewegungsplan wird an einen Zugcontroller kommuniziert wird, um die Fahrhebel- und Bremseneinstellungen automatisch festzulegen und den Zug gemäß der Einstellungen zu steuern, wobei die Einstellungen einem Zugbediener oder Steuerungsaktuatoren angegeben werden, die automatisch die entsprechenden Einstellungen durchführen.

[0007] Hier setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, ein Steuergerät bereitzustellen, das einen Fahrzeugbetrieb unter optimierten Bedingungen ermöglicht, gleichzeitig aber den Fahrzeugführer über Betriebsparameter informiert und ihm einfache Möglichkeiten zum Eingriff bietet.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Steuergerät gemäß Anspruch 1.

[0009] Das Steuergerät für ein Fahrzeug mit Fahrhebel, insbesondere für ein Schienenfahrzeug oder Schiff, umfasst einen Optimierer, der ausgebildet ist, einen auf ein vorbestimmtes Optimierungsziel optimierten Leistungssollwert für ein Antriebssystem des Schienenfahrzeugs zu bestimmen und eine dem optimierten Leistungssollwert entsprechende Fahrhebelposition zu bestimmen und die Fahrhebelposition an einen Stellantrieb des Fahrhebels auszugeben, wobei der Stellantrieb ausgebildet ist, den Fahrhebel entsprechend der empfangenen Fahrhebelposition einzustellen.

[0010] Die Erfindung schließt die Erkenntnis ein, dass über die automatisierte Nachführung des Fahrhebels gemäß dem optimierten Leistungssollwert sowohl die gewünschte Optimierung der Betriebsparameter sichergestellt werden kann, in dem der Optimierer die Einstellung vornimmt, als auch dem Fahrzeugführer über die Stellung des Fahrhebels die derzeitige Betriebssituation einfach angezeigt werden kann. Gleichzeitig bietet der Fahrhebel weiterhin für

den Fahrzeugführer eine einfache Eingriffsmöglichkeit in den Betrieb über eine manuelle Verstellung des Fahrhebels.

[0011] Die Erfindung betrifft insbesondere streckengebundene Fahrzeuge, die auf vorgegebenen Strecken mit Fahrplan eingesetzt werden.

[0012] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen und geben im Einzelnen vorteilhafte Möglichkeiten an, das oben erläuterte Konzept im Rahmen der Aufgabenstellung sowie hinsichtlich weiterer Vorteile zu realisieren.

[0013] Die zusätzlichen Merkmale der Ausführungsbeispiele können zur Bildung weiterer Weiterbildungen miteinander kombiniert werden, es sei denn, sie sind in der Beschreibung ausdrücklich als Alternativen zueinander beschrieben.

[0014] Der Stellantrieb ist in einer Weiterbildung der Erfindung ein Motor, insbesondere ein Elektromotor. Die Fahrhebelposition gibt den Leistungssollwert für das Antriebssystem des Fahrzeugs an, dieser wird in vorteilhaften Weiterbildungen von der Fahrzeugleittechnik an einzelne Antriebsaggregate des Antriebssystems entsprechend übertragen. Der Leistungssollwert stellt eine entsprechende Leistungsanforderung an das Antriebssystem dar, er kann direkt als Leistungswert an eine Steuerung des Antriebssystems weitergegeben werden oder in andere Parameter wie beispielsweise Drehmoment umgesetzt werden.

[0015] In einer Weiterbildung des Steuergerätes ist das vorbestimmte Optimierungsziel ausgewählt aus Sollgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs, minimiertem Kraftstoffverbrauch, minimierter Schadstoffemission oder minimierter Geräuschemission oder Kombinationen hieraus. Die Optimierung auf die Sollgeschwindigkeit meint dabei eine Optimierung der Pünktlichkeit des Fahrzeugs. Vorteilhafterweise ist der Optimierer dabei ausgebildet, die Sollgeschwindigkeit aus einer erfassten Position des Schienenfahrzeugs und einer vorgegebenen Sollposition oder einem vorgegebenen Fahrplan zu ermitteln. Damit können bei der Optimierung Fahrpläne berücksichtigt werden und Verspätungen über angepasste Betriebszustände vermieden werden. Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs ergibt sich dann letztlich über die Optimierung mit den weiteren Optimierungszielen, sofern Kombinationen berücksichtigt werden. Vorteilhaft ist das vorbestimmte Optimierungsziel eine Kombination unterschiedlicher Optimierungsziele ist, die gewichtet berücksichtigt werden. Damit kann beispielsweise der Sollgeschwindigkeit und damit der Pünktlichkeit ein Vorrang vor minimiertem Kraftstoffverbrauch eingeräumt werden.

[0016] Weiterhin ist es bevorzugt, wenn das Steuergerät ausgebildet ist, auf den Empfang eines vorbestimmten Signales hin, den Optimierer zu stoppen und einen Leistungssollwert entsprechend der Fahrhebelposition direkt an das Antriebssystem weiterzugeben. Der Fahrhebel kann dann nur noch manuell bewegt werden. Dabei kann das vorbestimmte Signal über einen Notschalter oder über eine manuelle Verstellung des Fahrhebels ausgelöst werden. Somit ist sichergestellt, dass der Fahrzeugführer bei Bedarf, insbesondere auch in Notsituationen, die Kontrolle über das Fahrzeug übernehmen kann.

[0017] Weiterhin ist es bevorzugt, wenn das Steuergerät ausgebildet ist, auf den Empfang eines Startsignales hin den Optimierer zu starten, insbesondere nach dem Stoppen und dem Übergang in einen manuellen Betrieb. Das Startsignal kann dabei vom Fahrzeugführer beispielsweise über das Drücken eines Schalters ausgelöst werden.

[0018] In einer bevorzugten Weiterbildung als Steuergerät für ein Schiff ist der Optimierer des Steuergerätes ausgebildet, für eine vorbekannte Strecke eine optimale Betriebsstrategie vorauszuberechnen, die Schiffsgeschwindigkeit, Motordrehzahl und Propellerpitch als Betriebsparameter berücksichtigt und aus der optimalen Betriebsstrategie eine aktuelle Sollgeschwindigkeit zu bestimmen. Gerade bei Fährschiffen, bei denen die Strecke und der Zeitplan bekannt sind, kann durch eine solche prädiktive Steuerung der Kraftstoffverbrauch minimiert werden. Genauso ist es denkbar, die Emissionen während der Fahrt zu minimieren. Beides bietet einen Mehrwert, da die Betriebskosten gesenkt werden und die Umweltverträglichkeit verbessert wird.

[0019] Erfindungsgemäß ist der Optimierer ausgebildet, die optimale Betriebsstrategie mittels der dynamischen Programmierung nach Bellman zu berechnen und daraus einen Zustandsraum und optimale Folgezustände zu berechnen. Durch die Vorgabe eines kompletten Zustandsraum mit optimalen Folgezustands ist es möglich auf Störungen im Betriebsablauf (z.B. Verspätung, etc.) zu reagieren, um die Mission unter den veränderten Randbedingungen optimal abzuschließen. Der vorgestellte Ansatz kann außerdem auch auf einen hybriden Schiffsantrieb erweitert werden, indem die Aufteilung des geforderten Moments auf Dieselmotor und E-Maschine als weiterer Betriebsparameter berücksichtigt wird. Bei Schiffen mit Mehrmotorenanlagen könnte außerdem die Aufteilung zwischen den Anlagen als Betriebsparameter berücksichtigt und somit mitoptimiert werden.

[0020] Die Erfindung führt auf eine Steuereinrichtung des Anspruchs 10, ein streckengebundenes Fahrzeug des Anspruchs 11 sowie ein Verfahren zur Steuerung eines streckengebundenen Fahrzeugs des Anspruchs 12.

[0021] Die erfindungsgemäße Steuereinrichtung umfasst ein erfindungsgemäßes Steuergerät sowie einen Fahrhebel mit Stellantrieb, wobei der Stellantrieb ausgebildet ist, den Fahrhebel entsprechend der empfangenen Fahrhebelposition (α_{opt}) einzustellen sowie auf. Die Steuereinrichtung teilt die Vorteile des Steuergerätes.

[0022] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Steuerung eines Fahrzeugs mit Fahrhebel, insbesondere eines Schienenfahrzeugs oder Schiffs, umfassend einen Optimierer umfasst die Schritte:

- Bestimmen eines auf ein vorbestimmtes Optimierungsziel optimierten Leistungssollwert für ein Antriebssystem des Schienenfahrzeugs
- Bestimmen einer dem optimierten Leistungssollwert entsprechenden Fahrhebelposition
- Ausgeben der Fahrhebelposition an einen Stellantrieb des Fahrhebels,
- Einstellen des Fahrhebels entsprechend der empfangenen Fahrhebelposition.

[0023] Die Steuerungseinrichtung und das Verfahren teilen die Vorteile des Steuergerätes.

[0024] Ausführungsformen der Erfindung werden nun nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Diese soll die Ausführungsformen nicht notwendigerweise maßstäblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterung dienlich, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der aus der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass vielfältige Modifikationen und Änderungen betreffend die Form und das Detail einer Ausführungsform vorgenommen werden können, ohne von der allgemeinen Idee der Erfindung abzuweichen. Die in der Beschreibung, in der Zeichnung sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Weiterbildung der Erfindung wesentlich sein. Zudem fallen in den Rahmen der Erfindung alle Kombinationen aus zumindest zwei der in der Beschreibung, der Zeichnung und/oder den Ansprüchen offenbarten Merkmale. Die allgemeine Idee der Erfindung ist nicht beschränkt auf die exakte Form oder das Detail der im folgenden gezeigten und beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen oder beschränkt auf einen Gegenstand, der eingeschränkt wäre im Vergleich zu dem in den Ansprüchen beanspruchten Gegenstand. Bei angegebenen Bemessungsbereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Grenzwerte offenbart und beliebig einsetzbar und beanspruchbar sein. Der Einfachheit halber sind nachfolgend für identische oder ähnliche Teile oder Teile mit

identischer oder ähnlicher Funktion gleiche Bezugszeichen verwendet.

[0025] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen sowie anhand der Zeichnung; diese zeigt in:

Fig. 1 in einer schematischen Darstellung eine bevorzugte Ausführungsform eines Steuergerätes gemäß dem Konzept der Erfindung;

Fig. 2A bis Fig. 2D in einer schematischen Darstellung einen Zustandsraum als Grundlage für eine Optimierung.

[0026] **Fig. 1** zeigt in einer schematischen Darstellung ein Steuergerät **SG** für ein Fahrzeug mit Fahrhebel **FH**. Das Fahrzeug ist dabei insbesondere ein Schienenfahrzeug oder Schiff oder dergleichen streckengebundenes Fahrzeug, das auf vorgegebenen Strecken mit Fahrplan eingesetzt wird. Das Steuergerät **SG** umfasst einen Optimierer **DPU**, der ausgebildet ist, einen auf ein vorbestimmtes Optimierungsziel optimierten Leistungssollwert α_{soll} für ein Antriebssystem des Fahrzeugs zu bestimmen und eine dem optimierten Leistungssollwert α_{soll} entsprechende Fahrhebelposition α_{opt} zu bestimmen und die Fahrhebelposition α_{opt} an einen Stellantrieb **M** des Fahrhebels **FH** auszugeben. Der Stellantrieb **M** ist im hier gezeigten Ausführungsbeispiel ein Motor. Der Stellantrieb **M** ist ausgebildet, den Fahrhebel **FH** entsprechend der empfangenen Fahrhebelposition α_{opt} einzustellen. Die Fahrhebelposition α_{opt} gibt in einer Ausführungsform wiederum den Leistungssollwert α_{soll} für das Antriebssystem des Fahrzeugs an, dieser wird von der Fahrzeugleittechnik an die einzelnen Antriebsaggregate entsprechend übertragen. Dabei bestimmt die Fahrzeugleittechnik die Aufteilung der Leistungsanforderung an die Antriebsaggregate, soweit mehrere vorhanden sind. Über die Verstellung des Fahrhebels **FH** wird dem Fahrzeugführer der aktuelle Betriebszustand angezeigt. Der Fahrzeugführer kann bei Bedarf durch einfaches Bewegen des Fahrhebels eingreifen und so auf Zustände reagieren, die der Optimierer nicht berücksichtigt.

[0027] **Fig. 2A bis Fig. 2D** zeigen in einer schematischen Darstellung einen Zustandsraum als Grundlage für eine Optimierung gemäß dem Konzept der Erfindung als Funktion von Geschwindigkeitszustand x , Ortszustand y und Zeitzustand z anhand eines Beispiels aus der Schiffsfahrt. Die Optimierung gemäß dem Konzept der Erfindung ist darüber hinaus auch anwendbar für jedes streckengebundene Fahrzeug, das auf vorgegebenen Strecken mit Fahrplan eingesetzt wird wie ein Schienenfahrzeug oder Schiff. Vorliegend soll eine Strecke von 500m in 100s zurückgelegt werden. Dafür werden Wegstützstellen alle 100m definiert, so ergeben sich für die räumliche Diskretisierung **6** Wegstützstellen. Des Wei-

teren sind im Beispiel 5 mögliche Geschwindigkeiten geben 0m/s, 2.2m/s, 4.4m/s, 6.7m/s, und 10m/s darüberhinaus soll es 21 mögliche Zeitzustände geben: 0s, 5s, 10s, ... , 100s. Jeder Punkt im Zustandsraum symbolisiert eine Kombination aus Ortszustand, Geschwindigkeitszustand und Zeitzustand. In einer Vorwärtsrechnung werden nun alle erreichbaren Zustandsraumkombinationen berechnet. Diese sind in **Fig. 2A** mit schwarzen Vollkreisen gekennzeichnet. Jeder dieser Vollkreise symbolisiert eine Kombination aus Ortszustand, Geschwindigkeitszustand und Zeitzustand, die mit dem Schiff erreicht werden kann.

[0028] Eine optimale Fahrt **F** durch den Zustandsraum ist in **Fig. 2B** dargestellt. Dabei tritt zunächst eine starke Beschleunigung vom Wegstützstelle 1 zu Wegstützstelle 2 auf. Danach erfolgt eine Konstantfahrt von Wegstützstelle 2 zu Wegstützstelle 3, dann nochmals eine kurze Beschleunigung zu Wegstützstelle 4 und anschließend beginnt der Abbremsvorgang, zunächst als allmähliches Auslaufen, dann als aktiver Bremsvorgang. Dabei schreitet in z-Richtung die Zeit auch von Wegstützstelle zu Wegstützstelle voran. In einer weiteren Vorwärtsrechnung werden Folgezustände für jede erreichbare Zustandsraumkombination bestimmt und ein bestmöglicher Folgezustand berechnet und gespeichert, um optimal zum Ziel zu gelangen. Einige dieser Folgezustände sind in **Fig. 2C** über die Pfeile symbolisiert. Die Kenntnis des bestmöglichen Folgezustandes versetzt dann den Optimierer in die Lage optimal auch auf unvorhergesehene Änderungen im Streckenverlauf zu reagieren.

[0029] **Fig. 2D** zeigt ein Beispiel hierfür. Das Schiff befindet sich an der dritten Wegstützstelle und wurde zuvor durch ein Hindernis gebremst. Dadurch hat es an der dritten Wegstützstelle nicht die Optimalgeschwindigkeit gemäß der optimalen Fahrt **F**. Da nun aber zu jeder möglichen Zustandskombination --also auch zu der jetzt an der dritten Wegstützstelle vorliegenden Zustandskombination mit vermindertem Geschwindigkeitszustand-- ein optimaler Folgezustand gespeichert ist, kann der Optimierer, diesen entsprechend auswählen. Das Schiff kann dann in der alternativen Fahrt **F'** ausgehend von der neuen Zustandskombination an der dritten Wegstützstelle Geschwindigkeits- und Zeitdifferenz zur optimalen Fahrt aufholen.

Bezugszeichenliste

SG	Steuergerät SG
FH	Fahrhebel
DPU	Optimierer
α_{soll}	Leistungssollwert
α_{opt}	Fahrhebelposition

M	Stellantrieb
F	Fahrt
F'	alternative Fahrt
X	Geschwindigkeitszustand
Y	Ortszustand
Z	Zeitzustand
1, 2, 3, 4	Wegstützstelle

Patentansprüche

1. Steuergerät (SG) für ein streckengebundenes Fahrzeug mit Fahrhebel (FH), insbesondere ein Schienenfahrzeug oder Schiff oder dergleichen streckengebundenes Fahrzeug, umfassend:
einen Optimierer (DPU), der ausgebildet ist,
- einen auf ein vorbestimmtes Optimierungsziel optimierten Leistungssollwert (α_{soll}) für ein Antriebssystem des streckengebundenen Fahrzeugs, insbesondere Schienenfahrzeugs, zu bestimmen, und
- eine dem optimierten Leistungssollwert (α_{soll}) entsprechende Fahrhebelposition (α_{opt}) zu bestimmen, und
dadurch gekennzeichnet, dass der Optimierer (DPU) weiter ausgebildet ist,
- die Fahrhebelposition (α_{opt}) an einen Stellantrieb (M) des Fahrhebels (FH) auszugeben, wobei der Stellantrieb (M) ausgebildet ist, den Fahrhebel (FH) entsprechend der empfangenen Fahrhebelposition (α_{opt}) einzustellen,
- für eine vorbekannte Strecke eine optimale Betriebsstrategie mittels einer dynamischen Programmierung nach Bellman vorauszuberechnen, und
- daraus einen Zustandsraum und optimale Folgezustände für das streckengebundene Fahrzeug zu berechnen.

2. Steuergerät (SG) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das vorbestimmte Optimierungsziel ausgewählt ist aus:
- Sollgeschwindigkeit des Fahrzeugs, insbesondere eines Schienenfahrzeugs,
- minimierter Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs, insbesondere eines Schienenfahrzeugs,
- minimierte Schadstoffemission des Fahrzeugs, insbesondere eines Schienenfahrzeugs,
- minimierte Geräuschemission des Fahrzeugs, insbesondere eines Schienenfahrzeugs,
- - Kombinationen hieraus.

3. Steuergerät (SG) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Optimierer (DPU) ausgebildet ist, die Sollgeschwindigkeit zu ermitteln
- aus einer erfassten Position des Fahrzeugs, insbesondere Schienenfahrzeugs, und
- einer vorgegebenen Sollposition oder einem vorgegebenen Fahrplan.

4. Steuergerät (SG) nach einem der vorstehenden Ansprüche, das ausgebildet ist, auf den Empfang eines vorbestimmten Signals,

- den Optimierer (DPU) zu stoppen, und
- einen Leistungssollwert (α_{soll}) entsprechend der Fahrhebelposition (α_{opt}) direkt an das Antriebssystem weiterzugeben.

5. Steuergerät (SG) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das vorbestimmte Signal ausgelöst wird, wenn ein Notschalter betätigt wird.

6. Steuergerät (SG) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das vorbestimmte Signal ausgelöst wird, wenn der Fahrhebel (FH) manuell bewegt wird.

7. Steuergerät (SG) nach einem der vorstehenden Ansprüche, das ausgebildet ist, auf den Empfang eines Startsignals hin den Optimierer (DPU) zu starten.

8. Steuergerät (SG) für ein Schiff nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das streckengebundene Fahrzeug mit Fahrhebel (FH) ein Schiff ist und

- die optimale Betriebsstrategie eine Schiffsgeschwindigkeit, Motordrehzahl und Propellerpitch als Betriebsparameter berücksichtigt, und
- der Optimierer weiter ausgebildet ist, aus der optimalen Betriebsstrategie eine aktuelle Sollgeschwindigkeit zu bestimmen.

9. Steuergerät (SG) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zustandsraum einen Geschwindigkeitszustand (x), Ortszustand (y) und Zeitzustand (z) für das streckengebundene Fahrzeug aufweist.

10. Steuereinrichtung umfassend ein Steuergerät (SG) nach einem der vorstehenden Ansprüche sowie einen Fahrhebel (FH) mit einem Stellantrieb (M), wobei der Stellantrieb (M) ausgebildet ist, den Fahrhebel (FH) entsprechend der empfangenen Fahrhebelposition (α_{opt}) einzustellen.

11. Streckengebundenes Fahrzeug mit Fahrhebel (FH), insbesondere ein Schienenfahrzeug oder Schiff oder dergleichen streckengebundenes Fahrzeug, mit einer Steuereinrichtung nach Anspruch 10.

12. Verfahren zur Steuerung eines streckengebundenen Fahrzeugs mit Fahrhebel (FH), insbesondere eines Schienenfahrzeugs oder Schiffs oder dergleichen streckengebundenes Fahrzeug, umfassend einen Optimierer (DPU), wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

- Bestimmen eines auf ein vorbestimmtes Optimierungsziel optimierten Leistungssollwert (α_{soll}) für ein Antriebssystem des streckengebundenen Fahrzeugs, insbesondere Schienenfahrzeugs,

- Bestimmen einer dem optimierten Leistungssollwert (α_{soll}) entsprechenden Fahrhebelposition (α_{opt}), **gekennzeichnet durch**

- Ausgeben der Fahrhebelposition (α_{opt}) an einen Stellantrieb (M) des Fahrhebels (FH),
- Einstellen des Fahrhebels (FH) entsprechend der empfangenen Fahrhebelposition (α_{opt}), wobei
- für eine vorbekannte Strecke eine optimale Betriebsstrategie mittels einer dynamischen Programmierung nach Bellman vorausberechnet wird, und
- daraus ein Zustandsraum und optimale Folgezustände für das streckengebundene Fahrzeug berechnet werden.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

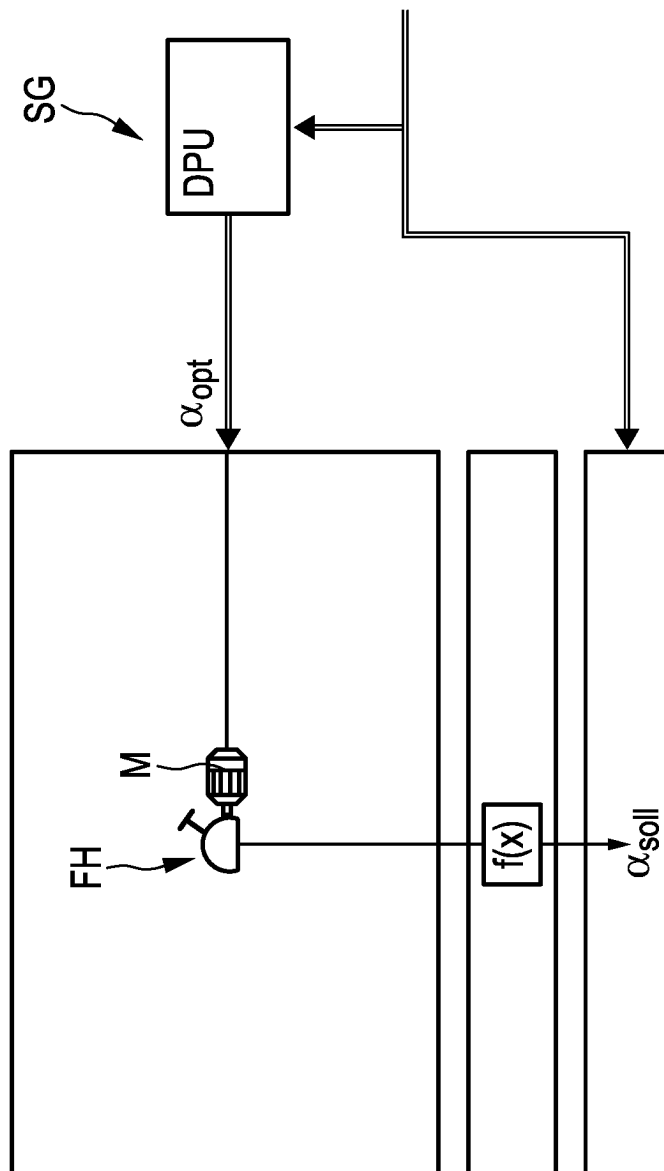


FIG. 1

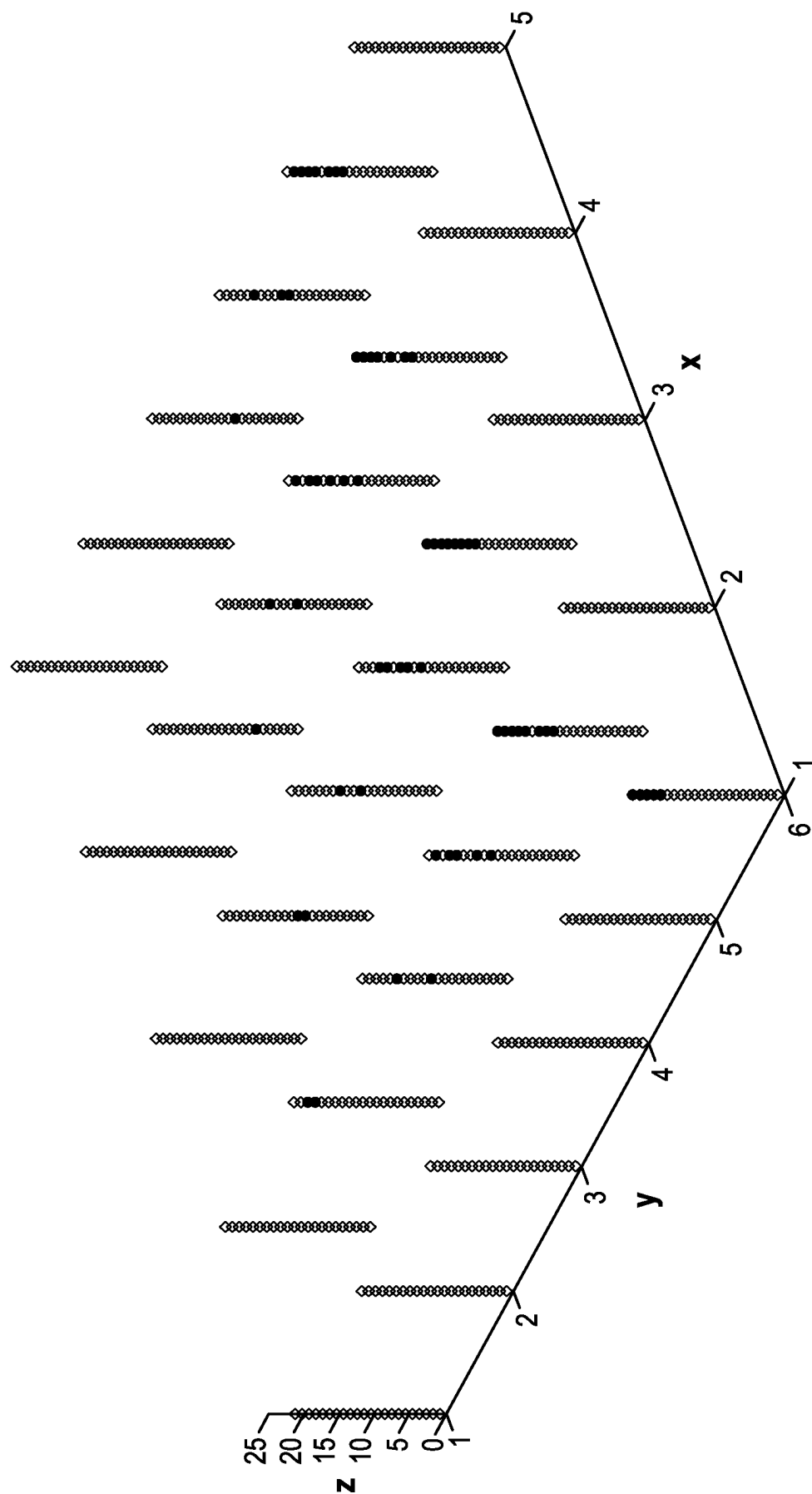


FIG. 2A

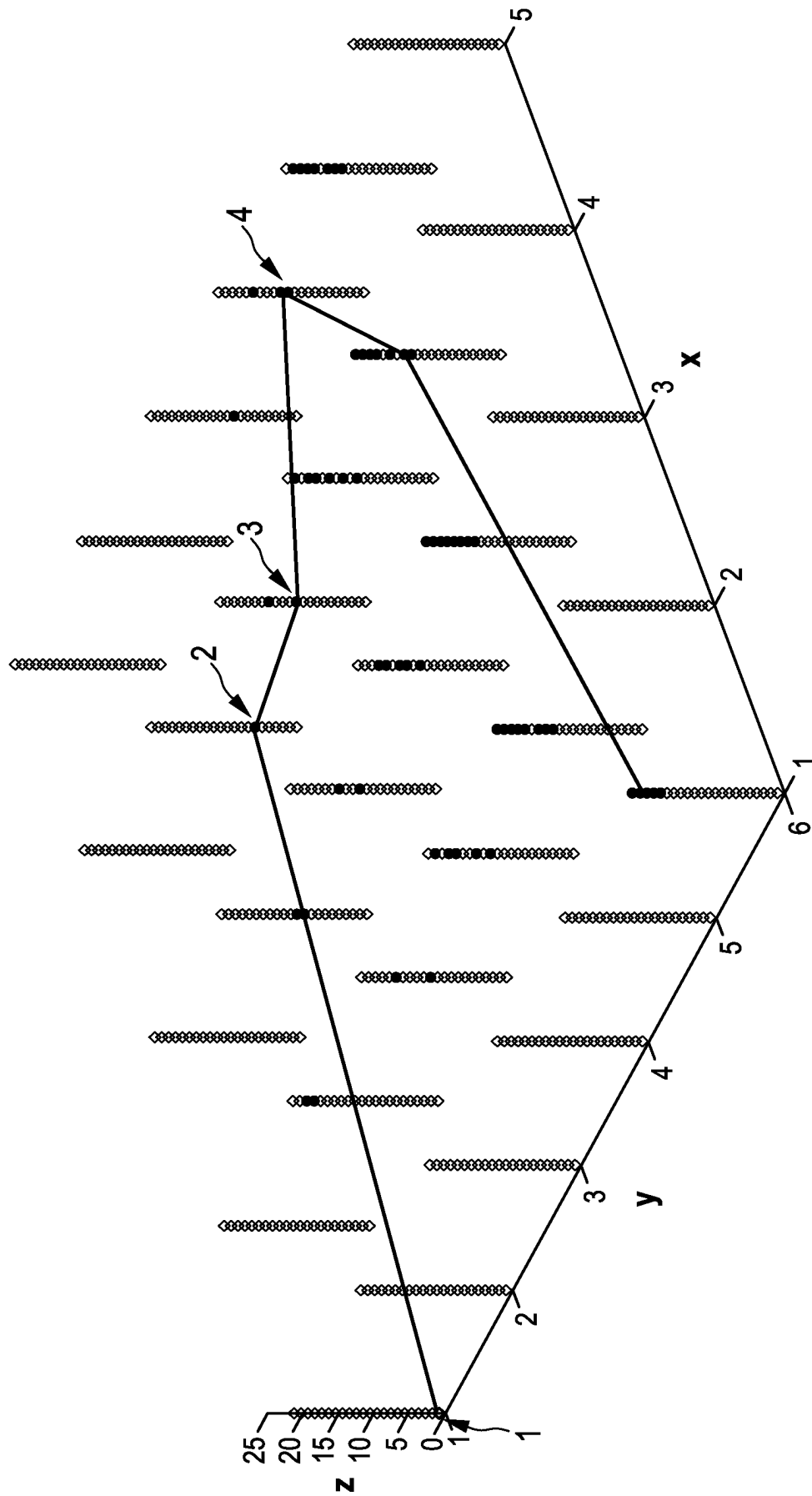


FIG. 2B

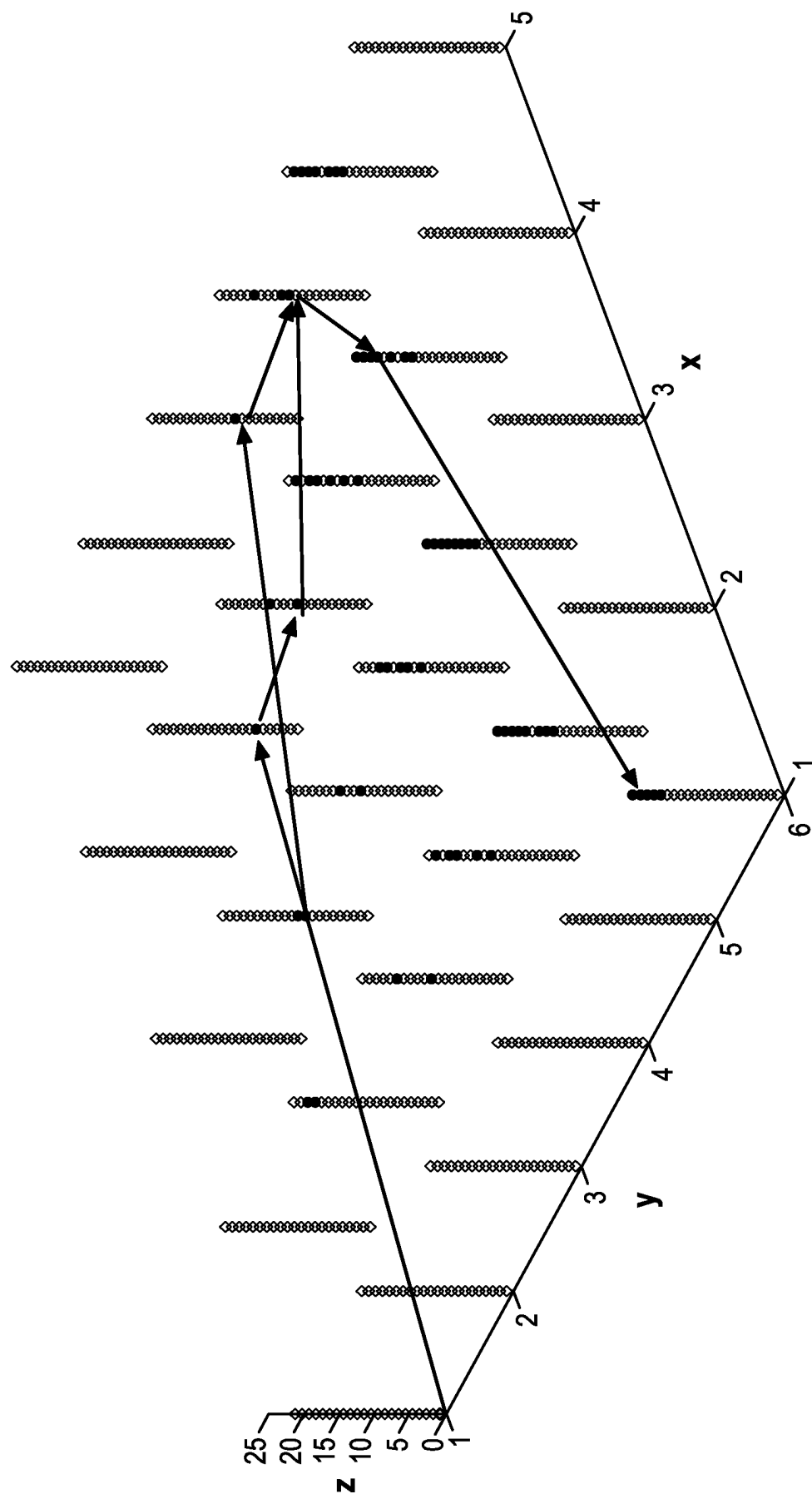


FIG. 2C

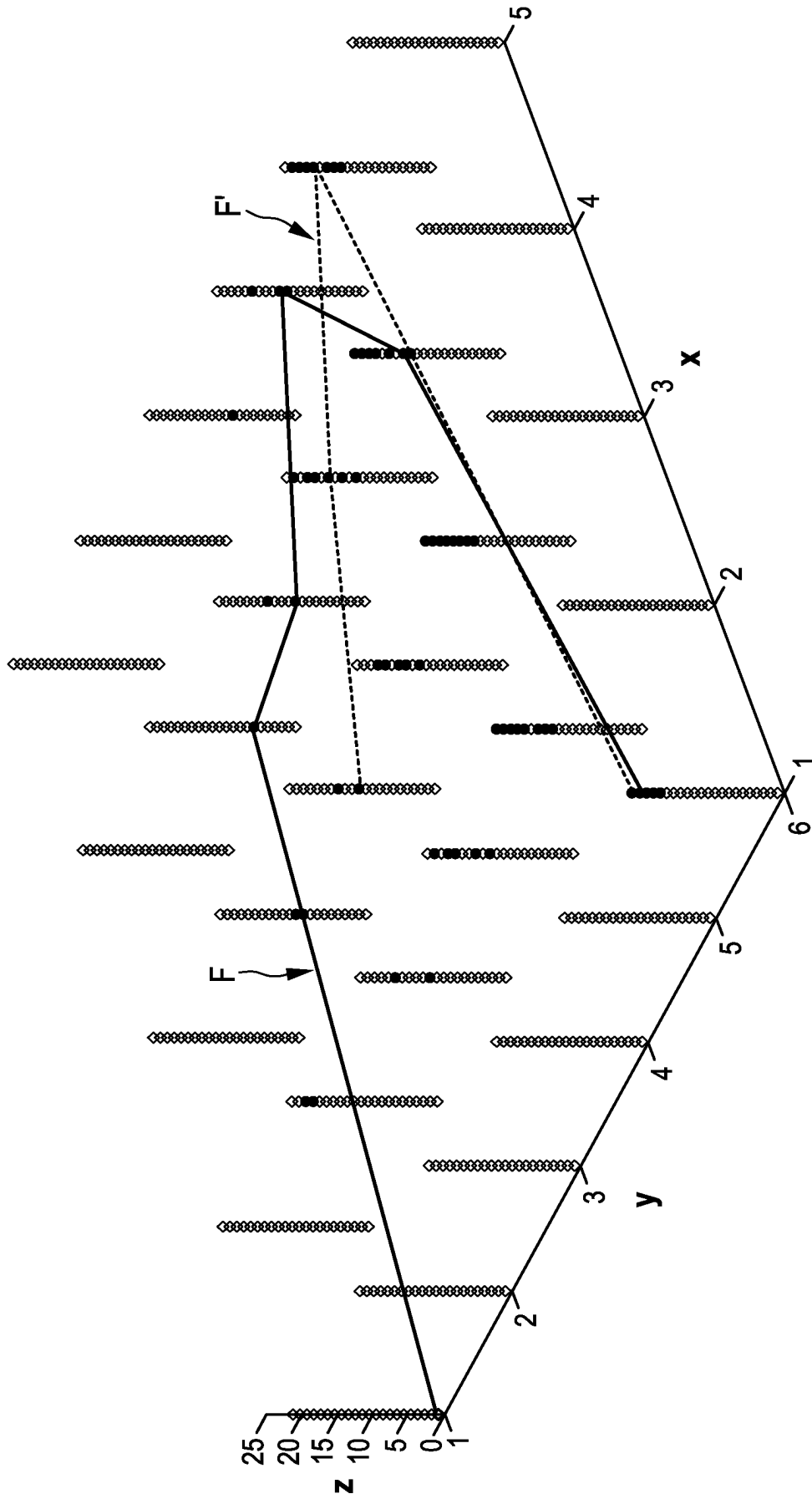


FIG. 2D