



## Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft den Betrieb einer Erdbaumaschine (EBM) sowie eine Erdbaumaschine.

### Allgemeiner Stand der Technik

[0002] Erdbaumaschinen, wie Bagger, Schaufellader, Planiertrauen usw., werden weltweit verbreitet für die Durchführung verschiedener Aufträge eingesetzt. Ein Beispiel ist der Bau von grossflächigen Wohngebieten, bei dem umfangreiche Bodenvorbereitungsarbeiten erforderlich sind. Bei einem derartigen Auftrag muss/müssen zu diesem Zweck eine oder mehrere Erdbaumaschine(n) (nachstehend «EBM») betrieben werden. Üblicherweise werden EBMs von Menschen bedient. Ein menschlicher Bediener fährt die EBM zur Baustelle und steuert und bedient die EBM an der Baustelle, bis der gewünschte Auftrag abgeschlossen ist.

[0003] Ein derartiger Auftrag kann, ebenso wie andere Aufträge, langwierig, routinemässig, ermüdend und zeitaufwändig sein, wodurch es einem menschlichen Bediener nicht möglich ist, in Bezug auf Leistung und Bedienung einer EBM ein hohes Niveau aufrechtzuerhalten. Eine mögliche Folge ist, dass die Qualität der Durchführung eines Auftrags nicht optimal ist. Ferner ist ein menschlicher Bediener nicht in der Lage, Erdbaumaschinen über lange Zeiträume fortlaufend zu bedienen.

[0004] Ausserdem ist ein menschlicher Bediener nicht in der Lage, die optimalen Betriebsbedingungen einer EBM zu berechnen und die EBM während des gesamten Auftrags unter derartigen optimalen Bedingungen zu bedienen. Ein derartiger optimaler Betrieb hängt von vielen Parametern ab, die ein menschlicher Bediener während des Betriebs einer EBM nicht verarbeiten kann. Ein bedeutender Nachteil, der sich aus diesem Unvermögen, eine EBM unter optimalen Bedingungen zu bedienen, ergibt, ist eine Minderung der Verlässlichkeit und Überlebensfähigkeit der Erdbaumaschine sowie eine Zunahme der Lebenszykluskosten der Maschine. Ferner birgt auch der Einsatz eines menschlichen Bedieners an sich Kosten, da ein Bediener geschult, für seine Arbeit bezahlt werden muss usw. In vielen Fällen muss der Auftragsbereich für einen Auftrag zuvor kartiert und vermessen werden, was bereits an und für sich eine zeitaufwändige Aufgabe darstellt.

[0005] Andere Aufträge müssen unter Umständen in gefährlichen Gebieten, gesundheitsschädlichen Gebieten oder unter schlechten Sichtbedingungen durchgeführt werden. Demnach können manche Aufträge für einen menschlichen Bediener sehr gefährlich oder gar unmöglich sein.

[0006] Aus diesem Grund besteht im Stand der Technik ein Bedarf an einem System und Verfahren für den autonomen Betrieb von Erdbaumaschinen, insbesondere unbemannte Landfahrzeuge (Unmanned Ground Vehicles, UGV) und weiter ein UGV mit Erdbaufähigkeiten.

[0007] Ein derartiges Verfahren ist im Anspruch 1 angegeben. Die weiteren Ansprüche geben bevorzugte Ausführungsformen an sowie eine Erdbaumaschine, die zur Ausführung des Verfahrens eingerichtet ist.

[0008] Nachstehend sind Verweise auf den Stand der Technik aufgeführt, die als Hintergrund der Erfindung als relevant erachtet werden. Das Einräumen der Verweise herein ist nicht derart auszulegen, dass sie in irgendeiner Weise für die Patentierbarkeit der hierin offenbarten Erfindung relevant sind.

[0009] US-Patent Nr. 6 223 110 (Rowe et al.), erteilt am 24. April 2001, offenbart eine modulare Architektur zum Organisieren und Koordinieren von Komponenten, die zur Automatisierung von Erdbauaufgaben und zur Koordinierung des Datenflusses zwischen den Komponenten benötigt werden. Die Architektur beinhaltet drei Hauptunterbereiche: eine Sensorleitung, Sensordatenkonsumenten und Bewegungsplaner und -ausführer. Die Sensorleitung empfängt Sensorrohdaten von Wahrnehmungssensoren, wie einem Laserentfernungsmesser oder Radarsystem, und wandelt die Daten in eine Form um, die von den anderen Systemkomponenten verwendet werden kann. Sensordaten können ausserdem in Form einer Höhenkarte des umgebenden Geländes dargestellt werden, um von anderen Softwarekomponenten verwendet zu werden. Abhängig von den Anforderungen und Fälligkeiten des Systems können der Softwarearchitektur eine beliebige Anzahl verschiedener Sensorsysteme hinzugefügt werden. Die Sensordatenkonsumenten verwenden die Sensordaten als Eingabe für bestimmte Algorithmen, um Informationen über die Umgebung der Maschine zu erzeugen, die von anderen Systemkomponenten verwendet werden können. Ein Bewegungsplaner empfängt von den Sensordatenkonsumenten bereitgestellte Daten und liefert Ausgabebefehle an Steuerungen auf der Maschine. Der Bewegungsplaner berechnet und liefert ausserdem Befehle an die Sensorsysteme auf der Maschine. Auf dieser Ebene können zusätzliche Planer hinzugefügt werden, um andere Systemverhalten und -tätigkeiten zu koordinieren.

[0010] US-Patent Nr. 6 363 632 (Stentz et al.), erteilt am 2. April 2002, offenbart ein System zum Organisieren und Koordinieren von Komponenten in Verbindung mit Erdbaumaschinen, die in der Lage sind, autonom Ausgrabe- und Ladeaufgaben durchzuführen. Das System umfasst eine Erdbaumaschine, die mit einem Scan-Sensorsystem, das verwendet werden kann, um Daten über Bereiche in einer Erdbauumgebung, einschliesslich eines Ausgrabebereichs und Ladebereichs, bereitzustellen, und einem Planungs- und Steuerungsmodul, das verwendet werden kann, um Daten vom Scan-Sensorsystem zu empfangen, um eine Aufgabe in Verbindung mit der Steuerung der Erdbaumaschine zu planen, während gleichzeitig eine andere Aufgabe in Verbindung mit der Steuerung der Erdbaumaschine durchgeführt wird, ausgestattet ist. Abhängig von den Anforderungen und Fähigkeiten des Systems kann jede beliebige Anzahl und Art von Sensorsystemen, wie Laserentfernungsmessern oder Radarentfernungsmessern, integriert werden. Die Sensorsysteme weisen un-

abhängig steuerbare Sichtfelder auf, wobei jedes Sensorsystem in der Lage ist, Daten über einen anderen Abschnitt der Erdbaumumgebung bereitzustellen.

**[0011]** US-Patent Nr. 7 516 563 (Koch), erteilt am 14. April 2009, offenbart ein Steuerungssystem für eine Maschine, die an einer Aushebungsstelle betrieben wird. Das Steuerungssystem kann ein Positionsbestimmungsgerät, das konfiguriert ist, um eine Position der Maschine zu bestimmen, und eine Steuerung, die mit dem Positionsbestimmungsgerät in Kommunikationsverbindung steht, aufweisen. Die Steuerung kann konfiguriert sein, um Informationen im Hinblick auf eine vorbestimmte Aufgabe für die Maschine zu empfangen, die Position der Maschine zu empfangen und einen Standort eines Hindernisses an der Aushebungsstelle zu empfangen. Das Steuerungssystem kann ausserdem konfiguriert sein, um basierend auf der empfangenen Maschinenposition und Hindernisposition eine Platzierung der Maschine zu empfehlen, um die vorbestimmte Aufgabe zu erfüllen.

**[0012]** US-Patent Nr. 7 499 804 (Svendsen et al.), erteilt am 3. März 2009, offenbart ein System und Verfahren zur multimodalen Steuerung eines Fahrzeugs. Steller (z.B. Gestänge) manipulieren Eingabegeräte (z.B. Gelenksteuerungen und Antriebssteuerungen, wie eine Drossel, eine Bremse, ein Gaspedal, einen Gashebel, ein Lenkgetriebe, eine Zugstange oder einen Getriebeschalthebel), um den Betrieb des Fahrzeugs zu steuern. Verhalten, die den Betriebsmodus des Fahrzeugs charakterisieren, sind mit den Stellern verbunden. Nach Erhalt eines Betriebsartenwahlbefehls, der die Betriebsweise des Fahrzeugs (z.B. bemannter Betrieb, unbemannter Tele-Fernbetrieb, unterstützter Tele-Fernbetrieb und autonomer unbemannter Betrieb) bestimmt, manipulieren die Steller die Bedieneingabegeräte gemäss der Verhalten, um die gewünschte Betriebsweise zu erwirken.

**[0013]** US-Patentanmeldung Nr. 2004/0 158 355 (Holmqvist et al.), veröffentlicht am 12. August 2004, offenbart intelligente Systeme und Funktionen für autonome Lastaufnahmefahrzeuge, wie Radlader, die innerhalb von begrenzten Bereichen und Industrieumgebungen betrieben werden. Das Fahrzeug ist mit einem laseroptischen System zum Bestimmen der Position des Fahrzeugs in sechs Freiheitsgraden, einschliesslich x, y, z, Kurs, Steigung und Rotation, in festen Bodenkoordinaten ausgestattet. Dieses System wird für die autonome Fahrzeugnavigation und als Quelle für bordeigene Geländekartierungssensoren und ein dynamisches Geländemodell verwendet. Der zulässige Arbeitsbereich für den autonomen Fahrzeugbetrieb ist in Ladezonen, Abladezonen und hindernisfreie Zonen unterteilt, die jeweils spezifische Regeln für das Verhalten des Fahrzeugs bezüglich der Auftragsplanung, Fahrzeug- und Arbeitsgerätbewegung und -steuerung sowie Hinderniserkennung und -vermeidung aufweisen. Das dynamische Geländemodell wird für die Planung und Analyse von Wegen, Erkennung und Vermeidung von Hindernissen und die Bereitstellung von Daten zur Optimierung von Fahrzeugwegen und Bewegungen seiner Arbeitsgeräte bei Lade- und Abladevorgängen verwendet.

**[0014]** Die im Stand der Technik aufgeführten Verweise lehren zahlreiche Grundlagen von Erdbaumaschinen/-systemen/-verfahren, die auf die vorliegende Erfindung anwendbar sind. Aus diesem Grund ist der gesamte Inhalt dieser Veröffentlichungen hierin zwecks angemessener Vermittlung zusätzlicher oder alternativer Einzelheiten, Funktionen und/oder technischer Hintergründe durch Verweis eingeschlossen.

#### **Kurzdarstellung der Erfindung**

**[0015]** Gemäss einem ersten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren für den autonomen Betrieb einer Erdbaumaschine (EBM) bereitgestellt, die konfiguriert ist, um Materie zu schieben, wobei die EBM wenigstens ein Arbeitsgerät umfasst, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Empfangen eines Auftragsziels; Bereitstellen von Kartierungsdaten hinsichtlich eines Auftragsbereichs; Bestimmen einer Position der EBM hinsichtlich des Auftragsbereichs; Bestimmen, basierend auf wenigstens den Kartierungsdaten und dem Auftragsziel, eines Segments oder mehrerer Segmente innerhalb des Auftragsbereichs, wobei jedes Segment einer Entsorgungsstelle zugeordnet ist; bezüglich jedes des einen Segments oder der mehreren Segmente, basierend auf wenigstens dem Auftragsziel, den Kartierungsdaten, einer Länge des Segments und den Schiebekapazitätsdaten der EBM, Berechnen einer Arbeitsgerätverlaufsbahn des wenigstens einen Arbeitsgeräts entlang des Segments, wodurch das Ansammeln von Materie durch das wenigstens eine Arbeitsgerät entlang des Segments, während sich die EBM fortbewegt, und das Entsorgen der angesammelten Materie bei Erreichen der Entsorgungsstelle ermöglicht werden.

**[0016]** Gemäss einem zweiten Aspekt der Erfindung ist ein System für den autonomen Betrieb einer EBM bereitgestellt, wobei die EBM wenigstens ein Arbeitsgerät umfasst, wobei das System Folgendes umfasst:

ein Positionsbestimmungshilfsmittel, eine Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung und einen Auftragsrechner; der Auftragsrechner ist konfiguriert, um Daten hinsichtlich eines Auftrags zu empfangen, wobei die Daten wenigstens ein Auftragsziel beinhalten; die Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung ist konfiguriert, um den Auftragsbereich zu scannen und Daten hinsichtlich des Auftragsbereichs zu erfassen; das Positionsbestimmungshilfsmittel ist konfiguriert, um eine Position der EBM hinsichtlich des Auftragsbereichs zu bestimmen; der Auftragsrechner ist konfiguriert, um: basierend auf den Daten eine Karte des Auftragsbereichs zu erzeugen; basierend auf wenigstens der Karte und dem Auftragsziel wenigstens ein Segment innerhalb des Auftragsbereichs zu bestimmen, wobei jedes Segment einer Entsorgungsstelle zugeordnet ist; und basierend auf wenigstens dem Auftragsziel, der Karte, einer Länge des wenigstens einen Segments und den Schiebekapazitätsdaten der EBM eine Arbeitsgerätverlaufsbahn des wenigstens einen Arbeitsgeräts entlang des Segments zu berechnen, sodass Materie durch das wenigstens eine Arbeitsgerät entlang des Segments angesammelt wird, während sich die EBM fortbewegt und die angesammelte Materie bei Erreichen der Entsorgungsstelle beseitigt wird.

**[0017]** Gemäss einem dritten Aspekt der Erfindung ist ein System für den autonomen Betrieb einer EBM bereitgestellt, wobei die EBM wenigstens ein Arbeitsgerät umfasst, wobei das System einen Auftragsrechner umfasst, der konfiguriert ist, um wenigstens eine Eigenschaft der EBM zu überwachen, während sich die EBM fortbewegt und Materie ansammelt, und das wenigstens ein Arbeitsgerät als Reaktion auf einen Hinweis darüber, dass die wenigstens eine Eigenschaft der EBM einen vordefinierten Grenzwert übersteigt, neu zu positionieren.

**[0018]** Gemäss einem vierten Aspekt der Erfindung ist ein System für den autonomen Betrieb einer EBM bereitgestellt, wobei die EBM wenigstens ein Arbeitsgerät umfasst, wobei das System einen Auftragsrechner umfasst, der konfiguriert ist, um wenigstens ein einer Entsorgungsstelle zugeordnetes Segment zu bestimmen und eine Arbeitsgerätverlaufsbahn des wenigstens einen Arbeitsgeräts entlang des wenigstens einen Segments zu berechnen, sodass das wenigstens eine Arbeitsgerät entlang des wenigstens einen Segments Materie ansammelt, während sich die EBM fortbewegt und die angesammelte Materie bei Erreichen der Entsorgungsstelle beseitigt wird.

### **Kurzbeschreibung der Zeichnungen**

**[0019]** Um die Erfindung zu verstehen und zu sehen, wie sie in der Praxis umgesetzt werden kann, sind an dieser Stelle mit Verweis auf die beiliegenden Zeichnungen bestimmte Ausführungsformen ausschliesslich als nicht einschränkende Beispiele beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische, einfache Darstellung einer EBM, die mit einem System für deren autonomen Betrieb verknüpft ist, gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung;
- Fig. 2 ein Blockdiagramm, das schematisch ein System für den autonomen Betrieb einer Erdbaumaschine darstellt, gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung;
- Fig. 3 ein Ablaufdiagramm, das eine Sequenz an Handlungen darstellt, die zum Durchführen eines Auftrags ausgeführt werden, gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung;
- Fig. 4 ein Ablaufdiagramm, das eine Sequenz an Handlungen darstellt, die in einem Berechnungsprozess der Auftragsausführungsrouten ausgeführt werden, gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung;
- Fig. 5 ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel einer Sequenz an Handlungen darstellt, die im Prozess des Bestimmens einer Arbeitsgerätverlaufsbahn ausgeführt werden, gemäss einer Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 6 ein Ablaufdiagramm, das eine Sequenz an Handlungen eines Prozesses zur Überwachung und Steuerung der Lenkung der EBM 110 und der Position des Arbeitsgeräts 120 darstellt, gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung;
- Fig. 7 eine schematische Darstellung und ein Beispiel einer Arbeitsgerätverlaufsbahn gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung; und
- Fig. 8 ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel eines Routenberechnungsprozesses gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung darstellt.

### **Ausführliche Beschreibung von Ausführungsformen der Erfindung**

**[0020]** In der nachstehenden ausführlichen Beschreibung werden zahlreiche spezifische Einzelheiten aufgeführt, um ein umfassendes Verständnis der Erfindung bereitzustellen. Für Fachleute ist jedoch ersichtlich, dass die vorliegende Erfindung auch ohne diese spezifischen Einzelheiten umgesetzt werden kann. In anderen Fällen wurden allgemein bekannte Verfahren, Prozeduren, Komponenten und Schaltungen nicht detailliert beschrieben, um die vorliegende Erfindung nicht unklar erscheinen zu lassen. In den Zeichnungen und Beschreibungen kennzeichnen identische Bezugszeichen Komponenten, die verschiedenen Ausführungsformen oder Konfigurationen gemein sind.

**[0021]** Soweit nicht ausdrücklich anderweitig festgelegt, wie aus den nachstehenden Erörterungen hervorgehend, versteht es sich, dass sich Ausführungen, in denen Bezeichnungen wie «empfangen», «bereitstellen», «bestimmen», «berechnen», «überwachen», «verwenden», «positionieren», «messen», «speichern» oder dergleichen verwendet werden, durch die Beschreibung hindurch auf die Handlung und/oder Prozesse eines Computers beziehen, der Daten manipuliert und/oder in andere Daten umwandelt, wobei die Daten als physikalische Mengen, z.B. elektronische Mengen, dargestellt sind und/oder die Daten die physischen Objekte repräsentieren. Die Bezeichnung «Computer» ist weit auszulegen, um jegliche Art von elektronischen Geräten mit Datenverarbeitungsfähigkeiten einzuschliessen, einschliesslich, als nicht einschränkendes Beispiel, eines PC, eines Servers, eines Rechensystems, eines Kommunikationsgeräts, eines Prozessors (z.B. digitalen Signalprozessors (DSP), eines Mikrokontrollers, eines feldprogrammierbaren Gate-Arrays (FPGA), einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (ASIC) usw.), jedes beliebigen anderen elektronischen Computergeräts und/oder jeder beliebigen Kombination daraus.

**[0022]** Die Handlungen gemäss den hierin offenbarten Lehren können durch einen Computer, der speziell für den gewünschten Zweck konstruiert wurde, oder durch einen Universal-Computer, der durch ein auf einem computerlesbaren Speichermedium gespeichertes Computerprogramm speziell für den gewünschten Zweck konfiguriert wurde, ausgeführt werden.

**[0023]** Des Weiteren sind die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung nicht mit Verweis auf eine bestimmte Programmiersprache beschrieben. Es versteht sich, dass verschiedene Programmiersprachen verwendet werden können, um die Lehren der Erfindung, wie sie hierin beschrieben sind, zu implementieren.

**[0024]** Wie sie hierin verwendet werden, beschreiben die Formulierungen «zum Beispiel», «wie» und deren Varianten nicht-einschränkende Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Verweise in der Beschreibung auf «eine Ausführungsform», «einige Ausführungsformen», «eine andere Ausführungsform», «andere Ausführungsformen», «bestimmte Ausführungsformen» oder Varianten davon bedeuten, dass eine bestimmte in Verbindung mit der/den Ausführungsform(en) beschriebene Funktion, Struktur oder Eigenschaft in wenigstens einer Ausführungsform der Erfindung enthalten ist. Das Vorkommen der Formulierung «eine Ausführungsform», «einige Ausführungsformen», «eine andere Ausführungsform», «bestimmte Ausführungsformen», «andere Ausführungsformen» oder Varianten davon verweist demnach nicht zwangsläufig auf dieselbe(n) Ausführungsform(en).

**[0025]** Es versteht sich, dass bestimmte Eigenschaften der Erfindung, die zur Verdeutlichung im Rahmen von getrennten Ausführungsformen beschrieben sind, auch in Kombination in einer einzelnen Ausführungsform bereitgestellt sein können. Gleichermassen können verschiedene Eigenschaften der Erfindung, die, um die Offenbarung kurz zu halten, im Rahmen einer einzigen Ausführungsform beschrieben sind, separat oder in jeder beliebigen geeigneten Unterkombination bereitgestellt werden.

**[0026]** In Ausführungsformen der Erfindung können weniger, mehr und/oder andere als die in Fig. 3, 4, 5, 6 und 8 dargestellten Phasen ausgeführt werden. In Ausführungsformen der Erfindung kann/können eine oder mehrere der in Fig. 3, 4, 5, 6 und 8 dargestellten Phase(n) in einer anderen Reihenfolge ausgeführt werden und/oder eine oder mehrere Phasengruppe(n) kann/können gleichzeitig ausgeführt werden. Fig. 2 zeigt ein allgemeines Schaubild der Systemarchitektur gemäss einer Ausführungsform der Erfindung. Jedes Modul in Fig. 2 kann aus jeder beliebigen Kombination an Software, Hardware und/oder Firmware bestehen, die die Funktionen, wie sie hierin definiert und erläutert sind, durchführt. Die Module in Fig. 2 können an einem Standort zentralisiert oder über mehr als einen Standort verteilt sein. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann das System weniger, mehr und/oder andere als die in Fig. 2 dargestellten Module aufweisen.

**[0027]** Soweit nicht anderweitig definiert, haben alle hierin verwendeten technischen und wissenschaftlichen Bezeichnungen die gleiche Bedeutung, wie sie üblicherweise von Fachleuten des Gebiets, zu dem diese Erfindung gehört, verstanden wird. Allgemein (jedoch nicht unbedingt) sind die hierin verwendeten und nachstehend beschriebenen Fachausdrücke allgemein bekannt und werden im Stand der Technik gemeinhin verwendet. Soweit nicht anderweitig beschrieben, werden konventionelle Verfahren, wie die im Stand der Technik bereitgestellten und durch zahlreiche allgemeine Verweise aufgezeigten, verwendet.

**[0028]** Nun mit einer ausführlichen Beschreibung der Ausführungsformen der Erfindung fortfahrend, zeigt Fig. 1 eine schematische, einfache Ansicht einer EBM, die mit einem System für deren autonomen Betrieb verknüpft ist, gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung. Die mit dem System 100 verknüpfte EBM 110 umfasst wenigstens ein Arbeitsgerät 120 zum Bewegen von Erdboden, Graben, Schaufeln und dergleichen. Das Arbeitsgerät 120 kann eine Schaufel, Schippe usw. sein. Eine EBM 110 gemäss der Erfindung kann konzipiert sein, ihre Motorleistung zu verwenden, um Materie zu schieben, statt die Leistung eines Kolbens oder Stellers zu verwenden, um das Arbeitsgerät 120 zu betreiben, während die EBM während des Betriebs des Arbeitsgeräts 120 stillsteht. Ein Beispiel für eine derartige EBM ist eine Planierraupe.

**[0029]** Das System 100 umfasst ferner eine Bedienersteuerungseinheit 130 (nachstehend «BSE»), die konfiguriert ist, um die Interaktion eines menschlichen Bedieners mit dem System 100 und die Überwachung der Leistung der EBM 110 durch einen menschlichen Bediener zu ermöglichen. Die BSE 130 kann zum Beispiel ein PC, ein tragbarer Computer oder eine Vorrichtung mit geeigneten Verarbeitungskapazitäten sein, der/die zum Beispiel speziell für diesen Zweck konfiguriert wurde. Die BSE 130 kann eine Anzeige (z.B. einen LCD-Bildschirm) und eine Tastatur oder jedes beliebige andere geeignete Eingabegerät beinhalten. Die BSE 130 kann konfiguriert sein, um eine Mehrzahl an Eingabeparametern zu empfangen (z.B. von einem Bediener oder einem anderen Computer). Die Eingabeparameter können zum Beispiel Parameter, die einen durchzuführenden Auftrag definieren, wie das Auftragsziel (z.B. gewünschte Höhe für Bodennivellierungsaufträge, gewünschte Tiefe und Breite für Aushebungsaufträge usw.), die Auftragsbereichsgrenzen (z.B. geografische Grenzen), Geländeeigenschaften (z.B. Gewicht, Masse, Dichte, Partikelgrösse usw., die unter anderem verschiedene Materialien, wie Sand, Kiesel, Erde, Steine, Schnee oder andere Materie, definieren), mechanische Eigenschaften der EBM 110 und des Arbeitsgeräts 120, wie die maximalen Schiebekapazitäten der EBM 110 (oder Parameter, die die Berechnung derartiger maximaler Schiebekapazitäten der EBM 110 ermöglichen), sowie andere Parameter beinhalten. In manchen Ausführungsformen werden die Auftragsbereichsgrenzen als Teil des Auftragsziels empfangen.

**[0030]** Die BSE 130 kann sich an Bord der EBM 110 oder an einem entfernten Standort befinden. Die BSE 130 ist ferner konfiguriert, um mit der EBM 110 zu kommunizieren. Die Kommunikation zwischen der EBM 110 und der BSE 130 kann

durch jedes beliebige Kommunikationsmittel umgesetzt werden, zum Beispiel durch verkabelte oder kabellose Kommunikation. Genauer gesagt kann die BSE 130 konfiguriert sein, um mit einem Auftragsrechner 140 an Bord der EBM 110 zu kommunizieren. Der Auftragsrechner 140 kann zum Beispiel ein computerbasiertes System, ein Mikroprozessor, ein Mikrokontroller oder jedes beliebige andere Computergerät sein, das für Datenkommunikation und -verarbeitung angepasst ist.

**[0031]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen umfasst das System 100 ferner ein Positionsbestimmungshilfsmittel. Das Positionsbestimmungshilfsmittel kann ein globales Navigationssatellitensystem (GNSS) sein, wie zum Beispiel ein globales Positionssystem mit Differentialsignal (Differential Global Positioning System, DGPS) 150. In manchen Ausführungsformen umfasst das Positionsbestimmungshilfsmittel ferner ein inertiales Navigationssystem (INS) 160. Das DGPS 150 und das INS 160 befinden sich an Bord der EBM 110 und sind konfiguriert, um die Position der EBM 110, z.B. die geografische Position im Hinblick auf den Auftragsbereich, zu bestimmen. In anderen Ausführungsformen kann das Positionsbestimmungshilfsmittel zum Beispiel wenigstens einen Laserscanner, einen Radarscanner oder andere Erkennungs- und Entfernungsmessungsmittel beinhalten, die es zum Beispiel ermöglichen, die Position der EBM 110 im Hinblick auf einen oder mehrere im Auftragsbereich oder in der Nähe des Auftragsbereichs befindliche(n) Bezugspunkt(e) zu bestimmen.

**[0032]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen ist der Auftragsrechner 140 mit dem Positionsbestimmungshilfsmittel (z.B. ein integriertes System von DGPS 150 und INS 160) verknüpft und konfiguriert, um von ihm Positionsdaten der EBM 110 zu empfangen. Der Auftragsrechner 140 ist konfiguriert, um die vom Positionsbestimmungshilfsmittel (z.B. DGPS 150 und INS 160) empfangenen Daten zum Beispiel zum Navigieren der EBM 110 zu einem vordefinierten Auftragsbereich, zum Navigieren und Betreiben der EBM 110 innerhalb des Auftragsbereichs und zum Positionieren des Arbeitsgeräts 120, wie nachstehend näher beschrieben, zu verwenden.

**[0033]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen umfasst das System 100 ferner eine an Bord der EBM 110 befindliche Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung zum Scannen des Auftragsbereichs und Erfassen von Kartierungsdaten davon (z.B. Daten hinsichtlich der Höhen in verschiedenen Breitengrad- und Längengradkoordinaten). Die Kartierungsdaten werden an den Auftragsrechner 140 übermittelt und für die Erstellung einer Karte (z.B. einer dreidimensionalen Karte) des Auftragsbereichs verwendet. Die Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung kann ausserdem konfiguriert sein, um eine Karte des Auftragsbereichs zu aktualisieren, wobei die Karte basierend auf den von der Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung empfangenen oder anderweitig von einer anderen Quelle erhaltenen Daten erzeugt wird. Die Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung kann zum Beispiel wenigstens einen Laserscanner, ein Radarsystem, einen Ultraschallscanner usw. umfassen. In bestimmten Ausführungsformen kann die Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung wenigstens zwei Laserscanner, einen vorderen Laserscanner 170, der konfiguriert ist, um vor der EBM 110 zu scannen, und einen hinteren Laserscanner 180, der konfiguriert ist, um Bereiche hinter der EBM 110 zu scannen, beinhalten, wie nachstehend näher beschrieben ist. Der Auftragsrechner 140 ist über ein verkabeltes oder kabelloses Kommunikationsmittel mit der Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung verbunden. Gemäss bestimmten Ausführungsformen ist der Auftragsrechner 140 ferner konfiguriert, um die Kartierungsdaten (und Karte) in einem mit dem Auftragsrechner 140 verknüpften Datenarchiv zu speichern.

**[0034]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen ist der Auftragsrechner 140 ferner konfiguriert, um die von den Laserscannern empfangenen Daten in Kombination mit vom Positionsbestimmungshilfsmittel (z.B. DGPS 150 und INS 160) empfangenen Daten zur Lokalisierung der EBM 110 hinsichtlich des Auftragsbereichs (z.B. im Hinblick auf eine dreidimensionale Karte des Auftragsbereichs) zu verwenden. Gemäss anderen Ausführungsformen kann das System 100 konfiguriert sein, um bereits geladene Kartierungsdaten zu verwenden, und der Auftragsrechner 140 kann konfiguriert sein, um die bereits geladenen Kartierungsdaten während der Auftragsdurchführung anhand der Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung und der Positionsdaten zu aktualisieren.

**[0035]** In manchen Ausführungsformen umfasst das System 100 ferner einen Wegstreckenzähler 190 (z.B. einen mechanischen Wegstreckenzähler, einen elektronischen Wegstreckenzähler oder dergleichen), der konfiguriert ist, um die von der EBM 110 zurückgelegte Entfernung zu überwachen. Das System 100 kann konfiguriert sein, um die vom Wegstreckenzähler 190 empfangenen Daten in Kombination mit den Daten vom Positionsbestimmungshilfsmittel zu verwenden, um die Traktion der EBM 110 zu überwachen, wie nachstehend mit Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben wird.

**[0036]** Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, das ein System für den autonomen Betrieb einer Erdbaumaschine gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung schematisch darstellt. Wie obenstehend beschrieben, umfasst das System 100 eine BSE 130, die eine Interaktion mit dem System 100 ermöglicht. Die BSE 130 ist zum Beispiel konfiguriert, um eine Mehrzahl an Eingabeparametern, wie Auftragszielparameter, zu kommunizieren. Wenn das Auftragsziel zum Beispiel eine Bodennivellierung ist, können die Parameter zum Beispiel zusätzlich zu den mechanischen Eigenschaften der EBM 110 und des Arbeitsgeräts 120 und den Auftragsbereichsgrenzen die gewünschte Bodenhöhe für den Bodennivellierungsauftrag beinhalten. Wenn das Auftragsziel eine Aushebung ist, können die Parameter zusätzlich zu den mechanischen Eigenschaften der EBM 110 und des Arbeitsgeräts 120 und den Auftragsbereichsgrenzen die gewünschte Form (z.B. Breite und Tiefe) der auszuführenden Aushebung beinhalten.

**[0037]** Die BSE 130 kann ferner für die Überwachung der EBM 110 und des Voranschreitens der Auftragsdurchführung verwendet werden, zum Beispiel durch Anzeigen des Auftragsdurchführungsfortschritts an einen Bediener auf einer Anzeige, Anzeigen von Informationen bezüglich mechanischer Parameter oder anderer Eigenschaften der EBM 110 und An-

zeigen des Standorts der EBM 110 im Hinblick auf den Auftragsbereich. Das System 100 umfasst ferner einen Auftragsrechner 140. Der Auftragsrechner 140 umfasst wenigstens eine Verarbeitungseinheit 205, die konfiguriert ist, um relevante Komponenten und Handlungen des Auftragsrechners 140 zu verwalten, zu steuern und auszuführen.

**[0038]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen umfasst das System 100 ein Eingabemodul 210 zum Empfangen der Eingabeparameter von der BSE 130. Gemäss bestimmten Ausführungsformen umfasst das System 100 ferner ein Positionsbestimmungsmodul 215, ein Kartierungsmodul 220, ein Routenberechnungsmodul 225, ein Arbeitsgerätverlaufsbahnberechnungsmodul 230, ein EBM-Steuerungsmodul 235 und ein EBM-Rückmeldungsmodul 240.

**[0039]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen ist das Positionsbestimmungsmodul 215 konfiguriert, um Daten zur Angabe der Position der EBM 110 von einem Positionsbestimmungshilfsmittel, zum Beispiel einem DGPS 150, INS 160 oder integrierten GNSS- und INS-Navigationssystem zu empfangen.

**[0040]** Das EBM-Steuerungsmodul 235 ist konfiguriert, um die EBM 110 zu fahren und zu lenken und das Arbeitsgerät 120 im Hinblick auf die Oberfläche des Auftragsbereichs zu positionieren. In bestimmten Ausführungsformen ist das EBM-Steuerungsmodul 235 konfiguriert, um Eingaben vom Eingabemodul 210, einschliesslich wenigstens des Standorts des Auftragsbereichs und Positionsdaten vom Positionsbestimmungsmodul 215, zu empfangen. Das EBM-Steuerungsmodul 235 betreibt gemäss den empfangenen Daten ein Fahrtmodul 245, das konfiguriert ist, um die EBM 110 unter Verwendung der Positionsdaten und optional der von der Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung erhaltenen Daten oder anderer Kartierungsdaten (z.B. bereits geladener Kartierungsdaten) für diesen Zweck, wie nachstehend genauer beschrieben, zur Auftragsbereichsgrenze zu fahren und zu lenken.

**[0041]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen ist das Kartierungsmodul 220 konfiguriert, um Eingabedaten, welche die Auftragsbereichsgrenzen definieren, vom Eingabemodul 210 und Positionsdaten vom Positionsbestimmungsmodul 215 zu empfangen, um den Auftragsbereich zu orten und die Position der EBM 110 im Hinblick auf den Auftragsbereich zu bestimmen. Das Kartierungsmodul 220 ist ferner konfiguriert, um Kartierungsdaten von der Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung (z.B. dem vorderen Laserscanner 170 und dem hinteren Laserscanner 180) zu empfangen, die konfiguriert ist, um die Oberfläche des Auftragsbereichs (wie sie durch die Auftragsbereichsgrenzen definiert ist) zu scannen und diese Daten zu verwenden, um eine Karte des gescannten Auftragsbereichs zu erstellen. Das Kartierungsmodul 220 ist ferner konfiguriert, um die Kartierungsdaten oder die Karte im Datenarchiv 255 zu speichern.

**[0042]** Es ist zu beachten, dass, da sich die Ausrichtung der EBM 110 und der Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung an Bord der EBM 110 fortlaufend ändert, die vom Positionsbestimmungshilfsmittel und von der Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung empfangenen Daten in ein gemeinsames Koordinatenreferenzsystem gebracht werden müssen. Zu diesem Zweck können verschiedene Verfahren und Techniken verwendet werden. Daten hinsichtlich der Ausrichtung der EBM 110, die zum Beispiel vom INS 160 empfangen werden können, können verwendet werden, um jegliche aus der sich ändernden Ausrichtung der EBM 110 und der Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung resultierende Abweichung in den während des Scanprozesses empfangenen Daten zu kompensieren.

**[0043]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen ist ein Routenberechnungsmodul 225 konfiguriert, um Eingabeparameter vom Eingabemodul 210 und Kartierungsdaten vom Datenarchiv 255 zu empfangen. Basierend auf den Eingabeparametern und allen oder Teilen der Kartierungsdaten ist das Routenberechnungsmodul 225 ferner konfiguriert, um eine Auftragsausführungsrouten (hiernach auch «Route» genannt) zu berechnen, die das Vorankommen der EBM 110 durch den gesamten Auftragsbereich während der Ausführung des Auftrags definiert. Eine Auftragsausführungsrouten kann eine Kombination aus einem oder mehreren berechneten Segment(en) umfassen, wie nachstehend näher beschrieben ist.

**[0044]** Die Eingabeparameter können zum Beispiel die Auftragsbereichsgrenzen und das Auftragsziel, wie die gewünschte Höhe für einen Bodennivellierungsauftrag oder Form (z.B. Breite und Tiefe) eines gewünschten Aushebungsauftrags, beinhalten. Alternativ können die Eingabeparameter die Auftragsbereichsgrenzen und einen Parameter, der angibt, dass das Auftragsziel ein Bodennivellierungsauftrag ist, bei dem die gewünschte Höhe ein errechnetes Mittel der verschiedenen Höhen des gesamten Auftragsbereichs ist, beinhalten. Im letzteren Beispiel kann das Routenberechnungsmodul 225 konfiguriert sein, um anhand aller oder von Teilen der im Datenarchiv 255 hinsichtlich des Auftragsbereichs gespeicherten Kartierungsdaten die mittlere Höhe zu berechnen. Die Eingabeparameter können möglicherweise zusätzliche Daten, wie mechanische Eigenschaften der EBM 110 und wenigstens eine Geländeeigenschaft (z.B. Gewicht, Masse, Dichte usw.), beinhalten.

**[0045]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen ist das Routenberechnungsmodul 225 konfiguriert, um eine Ausführungsrouten zu berechnen, indem zunächst ein oder mehrere Segment(e) des Arbeitsbereichs bestimmt werden, sodass jedes Segment einer Entsorgungsstelle für das Entsorgen angesammelter Materie (z.B. Sand, Kiesel, Erde, Steine, Schnee usw.) zugeordnet ist. Eine derartige Entsorgungsstelle kann sich zum Beispiel ausserhalb des Auftragsbereichs oder in einem tiefliegenden Bereich, der mit Materie aufgefüllt werden muss, befinden. Die Ausführungsrouten stellt die Kombination und Reihenfolge dieser Segmente dar. Die Grundlagen und Logik für das Unterteilen des Auftragsbereichs in Segmente sind nachstehend mit Bezugnahme auf Fig. 4 und Fig. 8 näher beschrieben. Die Daten über die berechnete(n) Routen und Segmente können zur späteren Bezugnahme und Aktualisierung in einem Datenarchiv 255 gespeichert werden.

**[0046]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen umfasst der Auftragsrechner 140 ferner ein Arbeitsgerätverlaufsbahnberechnungsmodul 230, das konfiguriert ist, um eine Abfolge geschätzter Positionen und Ausrichtungen des Arbeitsgeräts

120 hinsichtlich der Oberfläche des Auftragsbereichs entlang der Route oder entlang jedes Segments (hiernach «Arbeitsgerätverlaufsbahn») zu berechnen.

**[0047]** Gemäss einer Ausführungsform ist jede geschätzte Position und Ausrichtung des Arbeitsgeräts 120 mit einer zugehörigen tatsächlichen Position (z.B. Breitengrad- und Längengradkoordinaten) hinsichtlich der Auftragsausführungsrouten oder des Segments, die definiert, wo entlang einer Route oder eines Segments eine Neupositionierung des Arbeitsgeräts 120 erforderlich ist, verknüpft und durch diese definiert. Gemäss einer anderen Ausführungsform ist jede geschätzte Position mit einem zugehörigen Zeitwert (z.B. mit Bezug auf die Auftragsstartzeit), der definiert, wann während der Arbeit auf einer Route oder einem Segment eine Neupositionierung des Arbeitsgeräts 120 erforderlich ist, verknüpft und durch diesen definiert.

**[0048]** Während sich die EBM 110 voran bewegt und Materie entlang eines Segments schiebt, nimmt die Menge an angesammelter Materie zu, wodurch sich die Last auf die EBM 110 erhöht und die verbleibende Motorleistung der EBM 110 abnimmt. Gemäss bestimmten Ausführungsformen ist das Arbeitsgerätverlaufsbahnrechnungsmodul 230 konfiguriert, um eine Arbeitsgerätverlaufsbahn zu berechnen, sodass Materie entlang eines Segments geschoben wird, wobei die sich addierende Last auf der EBM 110 nicht vor Erreichen einer vorbestimmten Entsorgungsstelle die maximale Schiebekapazität der EBM 110 erreicht. Um einen Leistungsabriss der EBM 110 zu vermeiden und den Auftrag effizient auszuführen, wird die Berechnung der Arbeitsgerätverlaufsbahn gemäss einer Vorhersage der Lasten der EBM 110, die entlang eines jeweiligen Segments angesammelt werden, und der Kräfte, die sich aufgrund des Zusammenwirkens der EBM 110 und des Arbeitsgeräts 120 mit der geschobenen Materie (z.B. Erde) während der Arbeit an diesem Segment auf der EBM 110 entwickeln, durchgeführt. In manchen Ausführungsformen kann sich die Entsorgungsstelle am Ende jedes Segments befinden, während sich die Entsorgungsstelle in anderen Ausführungsformen an einer anderen Stelle entlang des Segments befinden kann, zum Beispiel in einem vorbestimmten Abstand vom Ende des Segments.

**[0049]** Statt feststehende Entsorgungsstellen an bekannten Standorten zu bestimmen, kann der Standort der Entsorgungsstellen gemäss einigen Ausführungsformen während des Voranschreitens der Arbeit gemäss der sich addierenden Last auf der EBM bestimmt werden. Gemäss einer Ausführungsform kann das Arbeitsgerätverlaufsbahnrechnungsmodul 230 zum Beispiel konfiguriert sein, um eine Arbeitsgerätverlaufsbahn zu berechnen, die es der EBM 110 ermöglicht, über eine vorbestimmte Entfernung Materie zu schieben, bevor die maximalen Fähigkeiten der EBM 110 erreicht werden. Sobald die vorbestimmte Entfernung erreicht ist, entsorgt die EBM 110 die geschobene Materie an einer willkürlichen Entsorgungsstelle, z.B. ausserhalb der Auftragsbereichsgrenzen. Gemäss einer anderen Ausführungsform kann das Arbeitsgerätverlaufsbahnrechnungsmodul 230 zum Beispiel konfiguriert sein, um eine Arbeitsgerätverlaufsbahn zu berechnen, die es der EBM 110 ermöglicht, eine vordefinierte Menge oder Masse an Materie zu schieben, die kleiner als oder gleich den maximalen Schiebekapazitäten der EBM 110 ist. Sobald die vorbestimmte Masse angesammelt ist, entsorgt die EBM 110 die geschobene Materie an einer willkürlichen Entsorgungsstelle, z.B. ausserhalb der Auftragsbereichsgrenzen. Mehr Einzelheiten hinsichtlich der Berechnung der Arbeitsgerätverlaufsbahn sind nachstehend mit Bezugnahme auf Fig. 5 bereitgestellt.

**[0050]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen ist das EBM-Steuerungsmodul 235 konfiguriert, um operative Handlungen zu berechnen, die erforderlich sind, um die EBM 110 gemäss der berechneten Auftragsausführungsrouten innerhalb eines Arbeitsbereichs zu manövrieren und das Arbeitsgerät gemäss der berechneten Arbeitsgerätverlaufsbahn entlang eines Segments zu positionieren. Das EBM-Steuerungsmodul 235 kann ferner mit einem Fahrmodul 245 und einem Arbeitsgerätpositionierungsmodul 250 verknüpft sein. Das Fahrmodul 245 ist konfiguriert, um Lenkanweisungen vom EBM-Steuerungsmodul 235 zu empfangen und die Lenkung der EBM 110 zu steuern. Das Arbeitsgerätpositionierungsmodul 250 ist konfiguriert, um Positionierungsanweisungen vom EBM-Steuerungsmodul 235 zu empfangen und zum Beispiel die Position des Arbeitsgeräts 120 gemäss der berechneten Arbeitsgerätverlaufsbahn zu steuern.

**[0051]** Unerwartete Einschränkungen und Veränderungen während der Arbeit der EBM 110 können die Entwicklung der auf die EBM 110 einwirkenden Lasten beeinflussen, und daher kann die vorhergesagte Lastansammlung, die durch das Arbeitsgerätverlaufsbahnrechnungsmodul 230 berechnet wurde, von der tatsächlichen Lastansammlung abweichen. Demnach ist es erforderlich, die tatsächliche Last auf der EBM durch die Ausführung der Arbeit hindurch zu beobachten und die Auftragsplanung entsprechend zu aktualisieren.

**[0052]** Aus diesem Grund ist der Auftragsrechner 140 gemäss bestimmten Ausführungsformen ferner konfiguriert, um wenigstens eine Eigenschaft der EBM 110 zu überwachen. Bei der überwachten Eigenschaft kann es sich zum Beispiel um einen mechanischen Parameter der EBM 110 (z.B. Motorleistung oder Motordrehzahl) oder Traktion handeln. Diese EBM-Eigenschaften liefern unter anderem Hinweise auf die auf die EBM 110 ausgeübte Last und auf deren Leistung. Zu diesem Zweck umfasst das System 100 ferner ein EBM-Rückmeldungsmodul 240 zur Überwachung der Eigenschaften der EBM 110. Zum Beispiel kann das EBM-Rückmeldungsmodul 240 konfiguriert sein, um einen mechanischen Parameter, wie die Motorleistung, zu überwachen. Das EBM-Rückmeldungsmodul 240 kann zum Beispiel mit einem Drehzahlsensor 175 verbunden sein, um die aktuelle Drehzahl zu überwachen.

**[0053]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen kann das EBM-Steuerungsmodul 235 konfiguriert sein, als Reaktion auf eine solche Anzeige das Arbeitsgerätpositionierungsmodul 250 anzuweisen, das Arbeitsgerät 120 neu zu positionieren. Eine derartige Neupositionierung des Arbeitsgeräts 120 (z.B. anheben des Arbeitsgeräts 120) kann eine Verringerung der Last auf der EBM 110 zur Folge haben. Das EBM-Steuerungsmodul 235 ist ferner konfiguriert, nach einer derartigen

Neupositionierung des Arbeitsgeräts 120 ein Signal an das Arbeitsgerätverlaufsbahnrechnungsmodul 230 zu senden, das konfiguriert ist, um eine Arbeitsgerätverlaufsbahn für das Arbeitsgerät 120 zum Beispiel entlang des verbleibenden Teils des Segments neu zu berechnen. Gemäss bestimmten Ausführungsformen kann die Entsorgungsstelle bedingt durch die Neuberechnung der Arbeitsgerätverlaufsbahn von ihrem vorherigen Standort an einen neuen Standort verlegt werden.

**[0054]** Das Arbeitsgerätverlaufsbahnrechnungsmodul 230 ist ferner konfiguriert, um die neu berechnete Arbeitsgerätverlaufsbahn im Datenarchiv 255 zu speichern. Gemäss bestimmten Ausführungsformen wird im Fall einer Neuberechnung der Arbeitsgerätverlaufsbahn des Arbeitsgeräts 120 entlang eines Segments eine nachfolgende Neuberechnung der Auftragsausführungsrouten der EBM 110 vom Routenrechnungsmodul 225 durchgeführt und die Auftragsausführungsrouten an die aktuellen Bedingungen im Auftragsbereich und die neu berechnete Arbeitsgerätverlaufsbahn angepasst. Falls die Arbeit an einem Teil des Auftragsbereichs vollendet ist, wird zum Beispiel eine neue Auftragsausführungsrouten für das Ausführen der Arbeit an den verbleibenden Teilen des Auftragsbereichs berechnet.

**[0055]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen ist das EBM-Rückmeldungsmodul 240 ferner konfiguriert, um die Traktion der EBM 110 zu überwachen. Eine Verringerung der Traktion kann einen Hinweis darauf liefern, dass die Haftung der Gleisketten am Boden unzureichend ist, um den nötigen Widerstand zur während des Schiebens entlang eines Segments auf den Boden ausgeübten Motorkraft bereitzustellen. Dafür kann das EBM-Rückmeldungsmodul 240 die vom Wegstreckenzähler 190 empfangenen Daten in Verbindung mit Positionsdaten vom Positionsbestimmungsmodul 215 verwenden. Situationen einer verminderten Traktion können identifiziert werden, wenn eine Differenz zwischen der vom Wegstreckenzähler 190 berechneten zurückgelegten Entfernung und der von den Positionsdaten (z.B. anhand von Daten von INS 160 und/oder DGPS 150 usw.) berechneten zurückgelegten Entfernung grösser ist als ein vordefinierter Grenzwert. In einigen Ausführungsformen wird der Grenzwert als Funktion der Fallgeschwindigkeit der EBM 110 berechnet. Zum Beispiel kann der Grenzwert als jede beliebige Entfernung, die grösser ist als 1 Prozent der Entfernung, die in einer Stunde des Fahrens bei einer aktuellen Geschwindigkeit der EBM 110 zurückgelegt wird (z.B. wenn die Geschwindigkeit 20 Meilen pro Stunde beträgt, eine Entfernung von über 0,2 Meilen), definiert sein. Eine Diskrepanz zwischen den Berechnungen kann anzeigen, dass die Gleisketten der EBM 110 eine grössere Entfernung zurückgelegt haben als die tatsächliche Entfernung, die die EBM zurückgelegt hat, und somit einen Hinweis auf einen Traktionsverlust geben. Gemäss bestimmten Ausführungsformen wird ein Traktionsverlust an das EBM-Steuerungsmodul 235 und das Arbeitsgerätverlaufsbahnrechnungsmodul 230 gemeldet. Es gilt zu beachten, dass das obenstehende Beispiel für die Berechnung einer verringerten Traktion nicht einschränkend ist und andere bekannte Verfahren und Techniken zur Identifizierung einer Verringerung der Traktion ebenfalls verwendet werden können.

**[0056]** Ferner kann das EBM-Rückmeldungsmodul 240 gemäss bestimmten Ausführungsformen konfiguriert sein, um die auf das Arbeitsgerät 120 ausgeübte Spannung zu überwachen. Zum Beispiel kann das EBM-Rückmeldungsmodul 240 mit einem Arbeitsgeräthydrauliksystemöldrucksensor 195 verbunden sein, der konfiguriert ist, um die auf das Hydrauliksystem des Arbeitsgeräts 120 ausgeübte Spannung zu messen. Ähnlich wie im Fall einer Verringerung der Traktion und Verringerung der Motorleistung wird im Fall, dass das EBM-Rückmeldungsmodul 240 erkennt, dass der Druck des Hydrauliksystems des Arbeitsgeräts unterhalb oder oberhalb eines vordefinierten Grenzwerts liegt, eine Meldung an das EBM-Steuerungsmodul 235 und das Arbeitsgerätverlaufsbahnrechnungsmodul 230 gesendet.

**[0057]** Wie obenstehend mit Bezugnahme auf eine Verringerung der Motorleistung beschrieben, kann das EBM-Steuerungsmodul 235 konfiguriert sein, um das Arbeitsgerätpositionierungsmodul 250 als Reaktion auf eine an das EBM-Steuerungsmodul 235 gesendete Meldung eines Traktionsverlusts oder Meldung über übermässige Spannung auf das Hydrauliksystem des Arbeitsgeräts anzuweisen, das Arbeitsgerät 120 neu zu positionieren (z.B. das Arbeitsgerät 120 anzuheben). Das Arbeitsgerätverlaufsbahnrechnungsmodul 230 ist konfiguriert, um die Verlaufsbahn des Arbeitsgeräts 120 neu zu berechnen, sobald eine derartige Neupositionierung des Arbeitsgeräts 120 durchgeführt wurde. Das Arbeitsgerätverlaufsbahnrechnungsmodul 225 ist ferner konfiguriert, um die neu berechnete Arbeitsgerätverlaufsbahn im Datenarchiv 255 zu speichern. Gemäss bestimmten Ausführungsformen kann das Routenrechnungsmodul 225 eine entsprechende nachträgliche Neuberechnung der Auftragsausführungsrouten durchführen, falls das Arbeitsgerätverlaufsbahnrechnungsmodul 230 die Verlaufsbahn des Arbeitsgeräts 120 neu berechnet hat.

**[0058]** Fig. 3 zeigt ein Ablaufdiagramm einer Sequenz an Handlungen, die während des Ausführens eines Auftrags durchgeführt werden, gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung. In der ersten Phase des Prozesses 300 werden Eingabeparameter vom System 100 empfangen (Block 310). Eingabeparameter können zum Beispiel das Auftragsziel, den Auftragsbereichsstandort und/oder die Auftragsbereichsgrenzen sowie andere Parameter beinhalten. Die Parameter können gemäss verschiedenen Arten von Auftragszielen, z.B. Aushebungsauftrag, Bodennivellierungsauftrag usw., variieren, wie obenstehend ausführlicher in Beispielen dargelegt wurde.

**[0059]** Die Auftragsbereichsgrenzen können geografische Grenzen des Auftragsbereichs sein, die zum Beispiel von zwei geografischen Koordinaten repräsentiert werden, z.B. einer für die nordöstliche Ecke des Auftragsbereichs und der anderen für die südwestliche Ecke des Auftragsbereichs, wodurch ein rechteckiger Auftragsbereich entsteht. Ein weiteres Beispiel ist das Empfangen von mehr als zwei Punkten, wobei der durch die empfangenen Punkte begrenzte Bereich der Auftragsbereich ist. Für Fachleute ist ersichtlich, dass auch andere Darstellungen der Arbeitsbereichsgrenzen verwendet werden können. Gemäss derartigen Ausführungsformen und falls sich die EBM 110 nicht innerhalb der Auftragsbereichsgrenzen befindet, kann das System 100 autonom zum Auftragsbereich navigieren (Block 320), ohne dass dabei menschliches Eingreifen oder bereits geladene Daten, wie Kartierungsdaten, erforderlich wären. Für das Navigieren zum

Auftragsbereich kann der Auftragsrechner 140 die vom Positionsbestimmungshilfsmittel (z.B. DGPS 150 und/oder INS 160) gesammelten Positionsdaten der EBM 110 verwenden. Zum Beispiel kann der Auftragsrechner 140 die Richtung zum Auftragsbereich berechnen und versuchen, die berechnete Richtung einzuhalten. Der Auftragsrechner 140 kann ferner die Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung (z.B. den vorderen Laserscanner 170) der EBM 110 verwenden, um Hindernisse auf dem Weg zu erkennen. Falls derartige Hindernisse erkannt werden, ist der Auftragsrechner 140 konfiguriert, die EBM 110 zu lenken und das Hindernis zu umfahren und in der berechneten Richtung fortzufahren. Es gilt zu beachten, dass das System 100 in anderen Ausführungsformen andere Verfahren zum Navigieren zum Auftragsbereich verwenden kann, wie den Einsatz bereits geladener Kartierungsdaten, das Folgen einer vordefinierten Route usw.

**[0060]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen ist das System 100 konfiguriert, um autonom eine erste Kartierung des Auftragsbereichs durchzuführen (Block 330), sobald die EBM 110 am Auftragsbereich eintrifft. Zu diesem Zweck führt der Auftragsrechner die EBM 110 entlang der Auftragsbereichsgrenzen. Die Navigation entlang der Auftragsbereichsgrenzen wird mit Hilfe der vom Positionsbestimmungshilfsmittel gesammelten Positionsdaten durchgeführt. Das System 100 verwendet ferner die Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung, um das Innere des Auftragsbereichs zu scannen und Kartierungsdaten davon zu erfassen. Die erfassten Kartierungsdaten können im Datenarchiv 255 gespeichert werden.

**[0061]** Es gilt zu beachten, dass die erste Auftragsbereichskartierung abhängig von der Topographie und Grösse des Auftragsbereichs eine unvollständige und/oder ungenaue Karte ergeben kann. Derartige Probleme werden jedoch durch kontinuierliche Aktualisierung der Karte gelöst, die während der gesamten Auftragsdurchführung ausgeführt wird, wie nachstehend genauer beschrieben ist.

**[0062]** Das System 100 ist ferner konfiguriert, unter Verwendung der im Datenarchiv 255 gespeicherten Daten und der die mechanischen Eigenschaften der EBM 110 und des Arbeitsgeräts 120 definierenden Eingabeparameter (zum Beispiel Schiebekapazitäten, Arbeitsgerätkapazität usw.) eine Auftragsausführungsrouten für die EBM 110 zu berechnen. Gemäss bestimmten Ausführungsformen umfasst die Auftragsausführungsrouten ein oder mehrere Segment(e), und entlang jedes Segments wird eine Arbeitsgerätverlaufsbahn des Arbeitsgeräts 120 bestimmt (Block 340). Eine ausführlichere Beschreibung der Berechnungen der Auftragsausführungsrouten und der Arbeitsgerätverlaufsbahn ist nachstehend mit Bezugnahme auf Fig. 4, Fig. 5 und Fig. 8 beschrieben.

**[0063]** Das System 100 ist ferner konfiguriert, um die vom Positionsbestimmungshilfsmittel gesammelten Positionsdaten der EBM 110 zu verwenden, um die EBM 110 entlang der berechneten Auftragsausführungsrouten der EBM 110 zu manövrieren und den Auftrag auszuführen, während die berechnete Arbeitsgerätverlaufsbahn verwendet wird, um das Arbeitsgerät 120 entlang der Ausführungsrouten zu positionieren (Block 350).

**[0064]** Während des Zeitraums, in dem der Auftrag ausgeführt wird, verwendet das System 100 ferner die Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung (z.B. den vorderen Laserscanner 170 und den hinteren Laserscanner 180) der EBM 110, um kontinuierlich Kartierungsdaten zu erfassen und die im Datenarchiv 255 gespeicherten Kartierungsdaten entsprechend zu aktualisieren (Block 360). Der vordere Laserscanner 170 ist konfiguriert, um vor der EBM 110 zu scannen, um Kartierungsdaten des noch zu bearbeitenden Auftragsbereichs zu erfassen, und der hintere Laserscanner 180 ist konfiguriert, um von der EBM 110 aus rückwärts zu scannen, um Kartierungsdaten hinsichtlich des bereits von der EBM 110 zurückgelegten Auftragsbereichs zu erhalten, zum Beispiel um aus der im Auftragsbereich durchgeführten Arbeit resultierende Geländeänderungen zu überwachen. Gemäss bestimmten Ausführungsformen werden beide mit Bezugnahme auf Block 370 beschriebenen Prozesse fortlaufend und gleichzeitig während des Ausführens des Auftrags durchgeführt.

**[0065]** Das System 100 ist ferner konfiguriert, nach dem Aktualisierungsprozess der Kartierungsdaten die im Datenarchiv 255 gespeicherten Kartierungsdaten zu analysieren, um das Voranschreiten des Auftrags bis zu seiner Vollendung zu überwachen (Block 380). Gemäss bestimmten Ausführungsformen wird das gewünschte durch das Auftragsziel definierte Ergebnis mit den aktuellen Kartierungsdaten des Auftragsbereichs verglichen, um zu bestimmen, ob der Auftrag abgeschlossen wurde und welche Aufgaben verbleiben. Die mit Bezugnahme auf Block 380 beschriebene Aufgabe kann durch das Kartierungsmodul 220 durchgeführt werden.

**[0066]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen kann das System 100 konfiguriert sein, um fortlaufend die auf jedem Segment durchgeführte Arbeit zu überwachen. Sobald die Arbeit auf einem bestimmten Segment ausgeführt wurde, kann das System 100 konfiguriert sein, um basierend auf den aktualisierten gespeicherten Kartierungsdaten zu überprüfen, ob eine gewünschte Höhe des Bodens des Auftragsbereichs erreicht wurde. Wenn Teile des Segments oder das gesamte Segment die vordefinierte gewünschte Höhe nicht erreicht haben, wird eine Meldung darüber, dass mehr Arbeit auf diesem Segment durchgeführt werden sollte, erstellt und mit einem Verweis auf das Segment im Datenarchiv 255 gespeichert. Das System 100 fährt dann gemäss der im Datenarchiv 255 gespeicherten Auftragsausführungsrouten zum nächsten Segment fort.

**[0067]** Wenn die Höhe des Geländes eines Segments die vordefinierte gewünschte Höhe (wie durch das Auftragsziel definiert) erreicht, ist das System 100 ferner konfiguriert, zu überprüfen, ob andere Segmente des Auftragsbereichs weitere Arbeit erfordern. Liegen andere Segmente vor, die zusätzliche Arbeit erfordern, fährt der Prozess mit Block 340 fort, an dem anhand der aktuellen im Datenarchiv 255 gespeicherten Kartierungsdaten eine Arbeitsgerätverlaufsbahn für die Segmente, die zusätzliche Arbeit erfordern, berechnet wird. Der Prozess fährt dann mit den Handlungen in Block 370 und 380 fort, bis der Auftrag abgeschlossen ist. Wenn es keine weiteren Segmente gibt, die zusätzliche Arbeit erfordern, endet der Auftrag (Block 390). Es gilt zu beachten, dass der mit Bezugnahme auf Fig. 3 beschriebene Prozess lediglich

ein nicht einschränkendes Beispiel ist und andere Verfahren zum Durchführen und Verarbeiten des Auftragsziels ebenfalls implementiert werden können.

**[0068]** Fig. 4 zeigt ein Ablaufdiagramm einer Sequenz an Handlungen, die in einem Auftragsausführungsroutenberechnungsprozess durchgeführt werden, gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung. Fig. 4 ist ein ausführlicheres Beispiel des obenstehend mit Bezugnahme auf Block 340 in Fig. 3 beschriebenen Prozesses. Gemäss bestimmten Ausführungsformen werden die aus einem oder mehreren Segment(en) bestehende Auftragsausführungsrouten und die Arbeitsgerätverlaufsbahn entlang jedes des einen Segments oder der mehreren Segmente für den gesamten Auftragsbereich berechnet. Gemäss anderen Ausführungsformen werden die aus einem oder mehreren Segment(en) bestehende Auftragsausführungsrouten der EBM 110 und die Arbeitsgerätverlaufsbahn entlang jedes des einen Segments oder der mehreren Segmente separat für verschiedene Teile des Auftragsbereichs berechnet. Zum Beispiel kann die Route entsprechend dem Voranschreiten des Auftrags schrittweise Segment für Segment erstellt werden. Dementsprechend wird ein erstes Segment berechnet, und erst nachdem die Arbeit an diesem Segment abgeschlossen ist, wird ein anderes Segment berechnet, und so weiter, bis der Auftrag vollendet ist.

**[0069]** Im Block 410 wird die Auftragsausführungsrouten berechnet. Gemäss bestimmten Ausführungsformen wird die Ausführungsrouten so berechnet, dass minimales Manövrieren der EBM 110 und minimale Wiederholung von Arbeit am selben/an denselben Segment(en) erforderlich ist. Allgemein wird die Auftragsausführungsrouten berechnet, um eine vollständige und systematische Abdeckung des Auftragsbereichs zu erreichen. Wie oben erläutert, umfasst die Auftragsausführungsrouten in bestimmten Ausführungsformen ein oder mehrere Segment(e). Eine systematische Abdeckung bedeutet demnach, dass die EBM 110 einem Muster folgt, während sie sich von einem Segment zum anderen bewegt, und den Auftrag nicht sporadisch ausführt, wodurch sie effizient arbeitet. Die Bewegung der EBM 110 kann in langen Segmenten erfolgen. Eine kontinuierliche Bewegung der EBM 110 in langen Segmenten ermöglicht eine bessere Ausnutzung ihrer Ressourcen und erfordert weniger Manövrieren der EBM 110, um angesammelte Materie zu entsorgen, und ist demnach allgemein effizient. Zudem wird die Berechnung des einen Segments oder der mehreren Segmente, aus denen die Auftragsausführungsrouten besteht, derart durchgeführt, dass eine minimale Anzahl an Wiederholungen von Segmenten durchgeführt wird, wodurch zum Beispiel das Manövrieren der EBM 110 minimiert wird.

**[0070]** Abhängig von der Art des Auftrags werden für die Berechnung der Ausführungsrouten verschiedene Grundsätze verwendet. Bei Bodennivellierungsaufträgen kann eine Auftragsausführungsrouten zum Beispiel so berechnet werden, dass die EBM 110 sich von hohem auf tieferliegendes Gelände bewegt (da bei einem Bodennivellierungsauftrag Materie von hohem Gelände auf tieferliegendes Gelände oder ausserhalb der Auftragsbereichsgrenzen bewegt werden kann).

**[0071]** Um die Auftragsausführungsrouten zu berechnen, kann das System 100 die Eingabeparameter, das Auftragsziel und die Auftragsbereichsgrenzen, mechanische Einschränkungen der EBM 110 und des Arbeitsgeräts 120, einschliesslich Schiebekapazitäten der EBM 110 usw., sowie die im Datenarchiv 255 gespeicherten Kartierungsdaten verwenden.

**[0072]** Ferner kann während der Berechnung der Segmente ausserdem der Standort der Entsorgungsstellen berücksichtigt werden. Dementsprechend kann die Auftragsausführungsrouten aus einem oder mehreren Segment(en) bestehen, sodass jedes Segment mit einer Entsorgungsstelle verknüpft ist, z.B. jedes Segment endet an einer Entsorgungsstelle. Entsorgungsstellen können sich zum Beispiel ausserhalb des Auftragsbereichs oder bei einem Bodennivellierungsauftrag zum Beispiel auf tieferem Gelände, das mit überschüssiger Materie von höherem Gelände im Arbeitsbereich aufgefüllt werden soll, befinden.

**[0073]** Fig. 8 zeigt ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel eines Berechnungsprozesses einer Auftragsausführungsrouten gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung darstellt. Der Auftragsrechner 140 kann konfiguriert sein, um die im Datenarchiv 255 gespeicherten Kartierungsdaten zu verwenden, um wenigstens eine optionale Entsorgungsstelle zu bestimmen. Bei einem Bodennivellierungsauftrag können sich die optionalen Entsorgungsstellen auf tieferliegendem Gelände oder ausserhalb des Auftragsbereichs usw. befinden. In einigen praktischen Umsetzungen können derartige optionale Entsorgungsstellen in einem Bereich in einer bestimmten Entfernung (zum Beispiel einer vordefinierten Entfernung von 20 Metern) von einem Bezugspunkt berechnet werden. Der Bezugspunkt kann zum Beispiel die aktuelle Position der EBM 110 (z.B. EBM-Position zu Beginn des Auftrags, EBM-Position am Ende eines Segments usw.), die vorhergesagte Position der EBM 110 entlang der Auftragsausführungsrouten, ein vorbestimmter Standpunkt usw. sein (Block 810). In anderen Ausführungsformen kann das System 100 konfiguriert sein, um optionale Entsorgungsstellen im gesamten Auftragsbereich zu berechnen. Die berechnete optionale Entsorgungsstelle kann im Datenarchiv 255 gespeichert werden, bevor mit der Ausführung des Auftrags begonnen wird. Alternativ oder zusätzlich kann das System 100 konfiguriert sein, um vorbestimmte optionale Entsorgungsstellen zu verwenden, die zum Beispiel von einem menschlichen Bediener bestimmt werden und im Datenarchiv 255 gespeichert sind.

**[0074]** Das System 100 kann konfiguriert sein, um optionale Entsorgungsstellen zu verwenden, um eine Routen bestehend aus einem oder mehreren Segment(en) zu berechnen. Das System 100 kann konfiguriert sein, um jede optionale Entsorgungsstelle zu bewerten, unter anderem nach ihrem Standort (Block 820). Zum Beispiel können optionale Entsorgungsstellen in einem Bodennivellierungsauftrag basierend auf ihrem Standort hinsichtlich der Auftragsbereichsgrenzen bewertet werden. Die Bewertung einer optionalen Entsorgungsstelle, die sich in einem Bereich befindet, der mit Materie gefüllt werden muss, wird um 1 erhöht, wohingegen die Bewertung einer optionalen Entsorgungsstelle, die sich ausserhalb der Auftragsbereichsgrenzen befindet, um 3 erhöht wird (es gilt zu beachten, dass in diesem Beispiel eine minimale Bewertung

vorzuziehen ist). Das System 100 kann ferner konfiguriert sein, um im Datenarchiv 255 gespeicherte Kartierungsdaten zu verwenden, um für jede optionale Entsorgungsstelle die Menge der von dem Segment zu entfernenden Materie zu berechnen, beginnend beim Bezugspunkt und endend an der optionalen Entsorgungsstelle (Block 830), und das Ergebnis durch die maximalen Schiebekapazitäten der EBM 110 zu dividieren (Block 840). Wenn das Ergebnis der Teilung kleiner als 1 ist, wodurch angezeigt wird, dass die gesamte Arbeit an einem Segment in einem Durchgang vollendet werden kann, wird die Bewertung der mit dem Segment verknüpften optionalen Entsorgungsstelle um 1 erhöht, wenn das Ergebnis jedoch grösser als 1 ist, wird die Bewertung um das Ergebnis der Teilung erhöht (Block 850). Es gilt zu beachten, dass der spezifische oben beschriebene Prozess für die Bewertung optionaler Entsorgungsstellen lediglich ein Beispiel ist, das in keiner Weise als verbindlich oder einschränkend auszulegen ist.

**[0075]** Im Anschluss an den Bewertungsprozess kann das System 100 konfiguriert sein, um die Bewertungen der optionalen Entsorgungsstellen zu vergleichen und die Entsorgungsstelle mit der niedrigsten Bewertung auszuwählen (Block 860). Falls zwei oder mehr optionale Entsorgungsstellen die gleiche Mindestbewertung aufweisen, kann das System 100 konfiguriert sein, um die Länge der Segmente beginnend am Bezugspunkt und endend an den optionalen Entsorgungsstellen zu vergleichen und die Entsorgungsstelle mit dem längsten mit ihr verknüpften Segment auszuwählen. In bestimmten Ausführungsformen wird, nachdem eine ein Segment anzeigende Entsorgungsstelle ausgewählt wurde, der Prozess der Berechnung eines Segments unter Verwendung der ausgewählten Entsorgungsstelle als neuer Bezugspunkt wiederholt.

**[0076]** Mit erneuter Bezugnahme auf Fig. 4, wie oben näher beschrieben, kann die Auftragsausführungsrouten in Segmente unterteilt sein, wobei in manchen Ausführungsformen jedes Segment einer Materieentsorgungsstelle zum Entsorgen von entlang des Segments angesammelter Materie zugordnet ist. Das System 100 kann konfiguriert sein, um die Arbeitsgerätverlaufsbahn entlang der Segmente zu berechnen (Block 420). Eine derartige Arbeitsgerätverlaufsbahn wird für diesen Zweck anhand von Daten hinsichtlich des Auftragsziels, der Kartierungsdaten oder Teilen davon (dem für das jeweilige Segment relevanten Teil) und der Schiebekapazitäten der EBM 110 berechnet. Bei der Berechnung von Arbeitsgerätverlaufsbahnen wird allgemein die Arbeit der EBM 110 entlang des gesamten Segments und die vorhergesagte Masse an Materie, die schrittweise entlang des Segments angesammelt wird, berücksichtigt. Die berechnete Arbeitsgerätverlaufsbahn entlang jedes Segments wird im Datenarchiv 255 gespeichert (Block 430).

**[0077]** Fig. 5 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel einer Sequenz an Handlungen darstellt, die im Prozess des Bestimmens einer Arbeitsgerätverlaufsbahn durchgeführt werden, gemäss einer Ausführungsform der Erfindung. Fig. 5 zeigt ein ausführlicheres Beispiel des oben in Block 340 und Block 370 mit Bezugnahme auf Fig. 3 und in Block 420 mit Bezugnahme auf Fig. 4 beschriebenen Prozesses. Wie oben beschrieben bewegt sich die EBM 110 und schiebt Materie entlang eines Segments, die angesammelte Materie nimmt zu, wodurch die auf die EBM 110 ausgeübte Last erhöht und die verbleibende Motorleistung der EBM 110 verringert wird. Der Auftragsrechner 140 ist konfiguriert, um eine Arbeitsgerätverlaufsbahn derart zu berechnen, dass Materie entlang jedes Segments geschoben wird, wobei die angesammelte Last auf der EBM 110 die maximalen Schiebekapazitäten der EBM 110 nicht übersteigt. Die angesammelte Last auf der EBM 110 ist unter anderem eine Funktion der Fahrtentfernung vom Beginn eines Segments zur nächstgelegenen Entsorgungsstelle (z.B. Segmentlänge), der Geländeeigenschaften und der Schaufeltiefe in der geschobenen Materie (z.B. Erde). Wenn die Entfernung vom Beginn eines Segments bis zu seiner zugehörigen Entsorgungsstelle, die aktuelle Topographie des Geländes und die maximalen Schiebekapazitäten der EBM 110 bekannt sind, kann eine Arbeitsgerätverlaufsbahn (Schaufeltiefen) derart berechnet werden, dass Materie entlang des gesamten Segments geschoben wird, ohne dass dabei die Schiebekapazitäten der EBM 110 überschritten werden.

**[0078]** Abhängig vom Auftragsziel und der tatsächlichen Topographie des Auftragsbereichs kann eine Berechnung der Menge an von einem jeweiligen Segment abzutragender Materie durchgeführt werden. Anhand der maximalen Schiebekapazitäten der EBM 110 und der Menge an Materie, die abgetragen werden muss, um das gewünschte Auftragsziel zu erreichen, kann dann eine Berechnung der Arbeitsgerätverlaufsbahn durchgeführt werden.

**[0079]** Fig. 7 zeigt diesbezüglich eine schematische Darstellung und ein Beispiel einer Arbeitsgerätverlaufsbahn entlang eines Segments gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung. Wie oben beschrieben, zeigt Fig. 7 ein Beispiel eines Nivellierungsauftrags, bei dem die Oberfläche gemäss einer vordefinierten Höhe nivelliert werden soll. Fig. 7 zeigt ein Segment in einem Auftragsbereich, wobei die gestrichelte Linie 720 die ursprüngliche Topographie des Segments darstellt und die gestrichelte Linie 710 die gewünschte Bodenhöhe darstellt. Die Linie 720 zeigt die berechnete Arbeitsgerätverlaufsbahn für die Durchführung des Auftrags.

**[0080]** Mit erneuter Bezugnahme auf Fig. 5 kann gemäss bestimmten Ausführungsformen für eine genauere Berechnung der Arbeitsgerätverlaufsbahn ein Bodenmechanik-Algorithmus für die Vorhersage der angesammelten Last auf der EBM 110 verwendet werden. Ein Bodenmechanik-Algorithmus wird verwendet, um basierend auf typischen Parametern für verbreitete Bodenarten, zum Beispiel Dichte, Feuchtigkeit, Abscherungsparameter, Lastfaktoren, Bekker-Bodenkonstanten usw., eine Schätzung des Bodenwiderstands zu berechnen. Für Fachleute ist ersichtlich, dass dadurch ein höherer Genauigkeitsgrad (z.B. in Zentimetern) erreicht werden kann.

**[0081]** Vor Beginn der Arbeit empfängt der Auftragsrechner 140 das Auftragsziel, das unter anderem ein zu erreichendes Ziel definiert (Block 510). Ein Auftragsziel kann zum Beispiel darin bestehen, die Bodenoberfläche innerhalb des Auftragsbereichs auf eine festgelegte Höhe zu nivellieren. Der Auftragsrechner 140 empfängt ausserdem Kartierungsdaten des Auftragsbereichs, die vom mit dem Auftragsrechner 140 verknüpften Positionsbestimmungshilfsmittel und der Erken-

nungs- und Entfernungsmessungseinrichtung erfasst wurden (Block 520). Gemäss bestimmten Ausführungsformen wird für jedes Segment die gewünschte, durch das Auftragsziel definierte Auftragsbereichstopographie des Segments mit der tatsächlichen Auftragsbereichstopographie verglichen und die für das Erreichen des Ziels erforderliche Arbeit bestimmt (Block 540). Das Bestimmen der erforderlichen Arbeit kann zum Beispiel fortlaufend oder periodisch während der Arbeit an einem Segment durchgeführt werden.

**[0082]** Um die Arbeitsgerätverlaufsbahn für die maximale EBM-Schiebekapazität zu bestimmen (Block 550), empfängt der Auftragsrechner 140 Eingabeparameter. Die empfangenen Eingabeparameter beinhalten unter anderem die maximale EBM-Schiebekapazität, die Länge des Segments und möglicherweise Parameter hinsichtlich der Geländeeigenschaften. Basierend auf den empfangenen Eingabeparametern bestimmt der Auftragsrechner 140 die Arbeitsgerätverlaufsbahn für die Ausnutzung der maximalen Schiebekapazität der EBM 110 in dem Segment (Block 550).

**[0083]** Falls die Menge an von einem jeweiligen Segment zu entfernender Materie geringer ist als die Menge an Materie laut der maximalen Schiebekapazität der EBM 110, wird die Arbeitsgerätverlaufsbahn gemäss bestimmten Ausführungsformen so berechnet, dass die gesamte Menge an erforderlicher Materie in einem einzigen Durchgang über das Segment geschoben wird (Block 570). Falls die Menge der zu entsorgenden Materie grösser ist als die Menge an Materie laut der maximalen Schiebekapazitäten der EBM 110, wird die Arbeitsgerätverlaufsbahn so berechnet, dass eine maximale Menge an Materie entsorgt wird, die die maximalen Schiebekapazitäten der EBM 110 nicht übersteigen würde (Block 580). Sobald die Arbeitsgerätverlaufsbahn berechnet ist, wird die Arbeit am Segment durchgeführt (Block 590).

**[0084]** Wie obenstehend mit Bezugnahme auf Block 360 in Fig. 3 beschrieben, wird der Auftragsbereich während der Durchführung des Auftrags fortlaufend gescannt (zum Beispiel unter Verwendung des hinteren Laserscanners) und die Auftragsbereichskarte wird mit dem Voranschreiten der Arbeit am Segment aktualisiert. Die aktualisierten Kartierungsdaten werden im Datenarchiv 255 gespeichert. Gemäss bestimmten Ausführungsformen kann die Arbeit am Segment wiederholt werden, bis die gesamte Menge an Materie beseitigt und das Auftragsziel erreicht ist. Gemäss bestimmten Ausführungsformen wird vor der Wiederholung eines Segments basierend auf den aktualisierten Kartierungsdaten eine neue Arbeitsgerätverlaufsbahn berechnet. Das System 100 kann so konfiguriert sein, dass während der Durchführung von Arbeit an einem Segment die Arbeitsgerätverlaufsbahn eines nachfolgenden Segments berechnet wird. Dadurch kann die Arbeit fortlaufend durchgeführt werden, während von einem Segment zum nächsten fortgefahren wird.

**[0085]** Falls die verbleibende Menge an Materie in der letzten Wiederholung an einem Segment weniger als die Menge an Materie gemäss der maximalen Schiebekapazitäten der EBM 110 beträgt, wird die Arbeitsgerätverlaufsbahn so berechnet, dass die gesamte Menge an angeforderter Materie in einem einzigen Durchgang über das Segment geschoben wird.

**[0086]** Gemäss einer bestimmten Ausführungsform wird der mit Bezugnahme auf Fig. 5 dargestellte Prozess durch das Arbeitsgerätpositionsberechnungsmodul 230 durchgeführt. Um diese Berechnung durchführen zu können, ist das Arbeitsgerätpositionsberechnungsmodul 230 konfiguriert, um die berechneten Auftragsausführungsroutendaten (einschliesslich der Position und Länge jedes Segments) vom Routenberechnungsmodul 225, alle oder Teile der Kartierungsdaten (zum Beispiel die für ein spezifisches Segment relevanten Kartierungsdaten) vom Datenarchiv 255 und Eingabeparameter vom Eingabemodul 210 zu empfangen. Gemäss bestimmten Ausführungsformen können Eingabeparameter unter anderem das Auftragsziel, Schiebekapazitäten der EBM 110 und Geländeeigenschaften beinhalten.

**[0087]** Fig. 6 zeigt ein Ablaufdiagramm, das eine Sequenz an Handlungen eines Prozesses für die Überwachung und Steuerung der Lenkung der EBM 110 und der Position des Arbeitsgeräts 120 gemäss bestimmten Ausführungsformen der Erfindung darstellt. Die mit Bezugnahme auf Fig. 6 beschriebenen Handlungen werden durchgeführt, zum Beispiel als Teil von Block 370 in Fig. 3 und Block 590 in Fig. 5. Wie oben näher beschrieben, ist das System 100 konfiguriert, um eine Route für die EBM 110 und eine Verlaufsbahn für das Arbeitsgerät 120 entlang der Route zu berechnen. In einigen Ausführungsformen ist die Auftragsausführungsroutenroute in Segmente unterteilt. Das System 100 ist konfiguriert, die EBM 110 während der Durchführung des Auftrags (Block 370) entlang der berechneten Route zu lenken und die Position des Arbeitsgeräts 120 entsprechend der berechneten Arbeitsgerätverlaufsbahn zu überwachen und zu steuern.

**[0088]** Wie oben mit Bezugnahme auf Fig. 2 näher beschrieben, ist das System 100 ferner konfiguriert, um fortlaufend die Leistung der EBM 110 zu überwachen und falls nötig das Arbeitsgerät 120 neu zu positionieren. In manchen Ausführungsformen wird anschliessend eine Neuberechnung des einen Segments oder der mehreren Segmente, aus dem/denen die Auftragsausführungsroutenroute besteht, durchgeführt.

**[0089]** Wie in Fig. 6 dargestellt, ist das System 100 konfiguriert, um die Leistung der EBM 110 und des Arbeitsgeräts 120 zu überwachen (Block 610). Zu diesem Zweck überwacht das System 100 eine(n) oder mehrere Parameter und Eigenschaft(en) der EBM 110, die Aufschluss über die Last auf der EBM 110 und ihre Leistung geben, zum Beispiel mechanische Parameter der EBM 110 (z.B. Motorleistung oder Motordrehzahl) oder Traktion.

**[0090]** Das System 100 kann konfiguriert sein, um zum Beispiel die verbleibende Motorleistung (P) als mechanischen Parameter der EBM 110 zu berechnen. Die verbleibende Motorleistung kann anhand der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$P = \alpha * Me * n$$

wobei:

P = verbleibende Motorleistung

$\alpha$  = konstanter physikalischer Koeffizient

Me = tatsächliches momentanes Motordrehmoment

n = aktuelle Drehzahl

**[0091]** Das momentane Motordrehmoment (Me) kann zum Beispiel anhand verschiedener Parameter des Motors, wie dem Motorluftansaugdruck, der Motorlufttemperatur und der Luftversorgung zum Motor, berechnet werden. Für Fachleute ist ersichtlich, dass die Motorleistung und das momentane Motordrehmoment anhand verschiedener Verfahren und Techniken berechnet werden können.

**[0092]** Ein Abfall der Motorleistung der EBM 110 unter einen vordefinierten Grenzwert, während die EBM 110 Materie schiebt, kann ein Anzeichen dafür sein, dass die EBM 110 ihre maximalen Schiebekapazitäten erreicht. Dementsprechend kann das EBM-Rückmeldungsmodul 240 einen entsprechenden Hinweis an das EBM-Steuerungsmodul 235 und das Arbeitsgerätverlaufsbahnberechnungsmodul 230 senden, falls zum Beispiel einer oder mehrere der folgenden Faktoren vom EBM-Rückmeldungsmodul bestimmt werden:

**[0093]** 1. Abfall der Motorleistung der EBM 110 unter einen vordefinierten Grenzwert, 2. Abfall der Motordrehzahl der EBM 110 unter einen vordefinierten Grenzwert oder 3. Abfall der Motorleistung der EBM 110 unter die vorhergesagte Motorleistung der EBM 110. In manchen Fällen können die vordefinierten Grenzwerte in einem bestimmten Abstand von kritischen Betriebsniveaus festgelegt werden, wodurch ein bestimmter Zeitrahmen für die Behandlung der Grenzwertüberschreitung bereitgestellt wird, ohne dass die EBM 110 und/oder das Arbeitsgerät 120 beschädigt werden.

**[0094]** Wenn das System 100 feststellt, dass einer oder mehrere der überwachten Parameter der EBM 110 und/oder des Arbeitsgeräts 120 einen vordefinierten Grenzwert überschreitet/überschreiten, ist das System 100 in manchen Fällen konfiguriert, um das Arbeitsgerät 120 neu zu positionieren (z.B. die Bodeneindringtiefe des Arbeitsgeräts 120 zu verringern oder das Arbeitsgerät 120 anzuheben), um die Last auf der EBM 110 zu verringern (Block 620). Gemäss bestimmten Ausführungsformen, wenn die Positionierung des Arbeitsgeräts 120 verändert wird und demnach von der berechneten Arbeitsgerätverlaufsbahn abweicht, ist das System 100 konfiguriert, die ein oder mehrere Segment(e) umfassende Auftragsausführungsrouten der EBM 110 und die Arbeitsgerätverlaufsbahn entlang der Segmente neu zu berechnen (Block 630).

**[0095]** In anderen Fällen, wenn das System 100 feststellt, dass einer oder mehrere der überwachten Parameter der EBM 110 und/oder des Arbeitsgeräts 120 einen vordefinierten Grenzwert überschreitet/überschreiten, ist das System 100 konfiguriert, zunächst eine Neuberechnung der ein oder mehrere Segment(e) umfassenden Auftragsausführungsrouten und der Arbeitsgerätverlaufsbahn entlang der Segmente durchzuführen und das Arbeitsgerät 120 nach der Durchführung der Neuberechnung und basierend auf dem neu berechneten Segment entsprechend neu zu positionieren. Wenn zum Beispiel ein Grenzwert erreicht wird, kann das System 100 demnach konfiguriert sein, um das Segment neu zu berechnen, um die angesammelte Materie an einer nähergelegenen Entsorgungsstelle (z.B. ausserhalb des Auftragsbereichs) zu entsorgen. In derartigen Fällen kann das System 100 konfiguriert sein, um eine neue ein oder mehrere Segment(e) umfassende Auftragsausführungsrouten zu berechnen, und nach der Berechnung wird, falls erforderlich, eine Neupositionierung des Arbeitsgeräts durchgeführt.

**[0096]** Nach der Neupositionierung des Arbeitsgeräts 120 und der Neuberechnung der Route der EBM 110 und der Arbeitsgerätverlaufsbahn entlang der Segmente fährt das System 100 damit fort, durchgehend die Leistung der EBM 110 und des Arbeitsgeräts 120 zu überwachen (Block 610).

**[0097]** Wie ebenfalls aus Fig. 6 ersichtlich ist, ist das System 100 ferner konfiguriert, falls der überwachte Parameter die vorbestimmten Grenzwert nicht übersteigt, gleichzeitig die EBM 110 zu lenken und die Positionierung des Arbeitsgeräts 120 entlang des Segments zu steuern (Block 680). Zu diesem Zweck verwendet das System 100 die vom Positionsbestimmungsmittel (z.B. DGPS 150 und/oder INS 160) gesammelten Positionsdaten, die berechnete Auftragsausführungsrouten der EBM 110 (aufgeteilt in ein oder mehrere Segment(e)) und die berechnete Arbeitsgerätverlaufsbahn entlang der Segmente. Gemäss bestimmten Ausführungsformen werden sowohl die Auftragsausführungsrouten als auch die Arbeitsgerätverlaufsbahn im Datenarchiv 255 gespeichert.

**[0098]** Das System 100 ist ferner konfiguriert, um die aktuelle Lenkrichtung der EBM 110 mit der berechneten Auftragsausführungsrouten der EBM 110 zu vergleichen (Block 640). Falls die aktuelle Richtung der EBM 110 und die durch die berechnete Auftragsausführungsrouten der EBM 110 festgelegte Richtung nicht übereinstimmen, ist das System 100 konfiguriert, um die Lenkung der EBM 110 entsprechend in die von der Auftragsausführungsrouten der EBM 110 festgelegte Richtung anzupassen (Block 650).

**[0099]** Neben dem Lenken der EBM ist das System 110 ferner konfiguriert, das Arbeitsgerät 120 gemäss der berechneten Arbeitsgerätverlaufsbahn zu positionieren (Block 660). Falls die aktuelle Positionierung des Arbeitsgeräts 120 und die

berechnete Arbeitsgerätverlaufsbahn nicht übereinstimmen, ist das System 100 konfiguriert, die Position des Arbeitsgeräts 120 gemäss der durch die berechnete Arbeitsgerätverlaufsbahn festgelegten Position anzupassen (Block 670).

**[0100]** Gemäss bestimmten Ausführungsformen ist das System 100 ferner konfiguriert, um die Arbeitsgerätverlaufsbahn im Wesentlichen entlang der Segmente neu zu berechnen, falls eine Abweichung zwischen der tatsächlichen Positionierung des Arbeitsgeräts 120 und der berechneten Arbeitsgerätverlaufsbahn am selben jeweiligen Zeitpunkt oder Standort entlang des Segments erkannt wurde (das bedeutet, dass das Arbeitsgerät 120 sich nicht an der Position befindet, an der es gemäss der berechneten Arbeitsgerätverlaufsbahn sein sollte). Das kann zum Beispiel vorkommen, wenn die volle Bewegung des Arbeitsgeräts 120 aufgrund einer Fehlfunktion eingeschränkt wird und es nicht heruntergelassen werden kann, wie es von der Arbeitsgerätverlaufsbahn gefordert wird. Die neu berechnete Arbeitsgerätverlaufsbahn im Wesentlichen entlang der Segmente wird im Datenarchiv 255 gespeichert. Falls eine Neuberechnung einer Arbeitsgerätverlaufsbahn durchgeführt wurde, führt das Routenberechnungsmodul 225 gemäss weiteren Ausführungsformen entsprechende Neuberechnungen der Auftragsausführungsrouten der EBM 110 durch.

**[0101]** Wenngleich die Erfindung mit Bezugnahme auf bestimmte Ausführungsformen dargestellt und beschrieben wurde, ist sie dadurch nicht eingeschränkt. Dem Leser werden nun zahlreiche Modifikationen, Veränderungen und Verbesserungen, die in den Umfang der Erfindung fallen, ersichtlich sein.

### Patentansprüche

1. Verfahren für den autonomen Betrieb einer Erdbaumaschine EBM, die konfiguriert ist, um Materie zu schieben, wobei die EBM wenigstens als ein Werkzeug ein Arbeitsgerät aufweist, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:
  - (a) Empfangen von Daten, die wenigstens ein Auftragsziel beinhalten;
  - (b) Bereitstellen von Kartierungsdaten hinsichtlich eines Auftragsbereichs;
  - (c) Bestimmen einer Position der EBM hinsichtlich des Auftragsbereichs;
  - (d) Bestimmen einer Auftragsausführungsrouten basierend auf wenigstens den Kartierungsdaten und dem Auftragsziel, wobei die Auftragsausführungsrouten das Vorankommen der EBM während der Ausführung des Auftrags definiert, die Auftragsausführungsrouten ein oder mehrere Segment(e) innerhalb des Auftragsbereichs umfasst und jedes Segment einer Entsorgungsstelle zugeordnet ist;
  - (e) hinsichtlich jedes des einen oder der mehreren Segmente, basierend auf wenigstens dem Auftragsziel, den Kartierungsdaten, einer Länge des Segments und Schiebekapazitätsdaten der EBM, Berechnen einer Arbeitsgerätverlaufsbahn des wenigstens einen Arbeitsgeräts entlang des Segments, wobei die Arbeitsgerätverlaufsbahn wenigstens geschätzte Positionen und Ausrichtungen des Arbeitsgeräts umfasst, wodurch die Ansammlung von Materie durch das wenigstens eine Arbeitsgerät entlang des Segments, während sich die EBM fortbewegt, und die Entsorgung des angesammelten Materials bei Erreichen der Entsorgungsstelle ermöglicht werden;
  - (f) Betreiben der EBM entlang der Auftragsausführungsrouten und Neupositionieren des Arbeitsgeräts während des Betriebs der EBM entlang wenigstens eines des einen Segments oder der mehreren Segmente gemäss der Arbeitsgerätverlaufsbahn.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ferner wenigstens eine Eigenschaft der EBM überwacht wird und bei Überschreiten eines vordefinierten Grenzwerts ein Neupositionieren des wenigstens einen Arbeitsgeräts erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, das ferner als Reaktion auf das Neupositionieren des wenigstens einen Arbeitsgeräts eine Phase der Neuberechnung der Arbeitsgerätverlaufsbahn des wenigstens einen Arbeitsgeräts im Wesentlichen entlang wenigstens eines des einen Segments oder der mehreren Segmente umfasst.
4. Verfahren nach Anspruch 2, das ferner als Reaktion auf das Neupositionieren des wenigstens einen Arbeitsgeräts eine Phase des Neubestimmens eines Segments oder mehrerer Segmente innerhalb des Auftragsbereichs umfasst, wobei jedes des einen Segments oder der mehreren Segmente einer Entsorgungsstelle zugeordnet ist.
5. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Eigenschaft ein mechanischer Parameter der EBM ist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der mechanische Parameter eine Motordrehzahl ist.
7. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Eigenschaft ein Abgleiten von Gleisketten der EBM ist.
8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei sich die Entsorgungsstelle am Ende des wenigstens einen Segments befindet.
9. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner das Überwachen der Auftragsausführung und das Neuberechnen der Arbeitsgerätverlaufsbahn des wenigstens einen Arbeitsgeräts im Wesentlichen entlang wenigstens eines des einen Segments oder der mehreren Segmente als Reaktion auf eine Anzeige, dass die tatsächliche Position des wenigstens einen Arbeitsgeräts von der Arbeitsgerätverlaufsbahn des wenigstens einen Arbeitsgeräts abweicht, umfasst.
10. Verfahren nach Anspruch 9, das ferner als Reaktion auf das Neupositionieren des wenigstens einen Arbeitsgeräts die Phase des Neubestimmens wenigstens eines Segments innerhalb des Auftragsbereichs umfasst, wobei jedes Segment einer Entsorgungsstelle zugeordnet ist.
11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die angesammelte Materie einer maximalen Menge an Materie entspricht, die die EBM in der Lage ist zu schieben.

12. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen eines oder mehrerer Segment(e) in Phase (d) ferner auf wenigstens einem der nachstehenden Parameter basiert:
  - (a) Bewegen von hohem Gelände auf tiefes Gelände;
  - (b) Bewegen in langen Segmenten;
  - (c) minimale Anzahl an Wiederholungen von Segmenten;
  - (d) systematische Abdeckung des Auftragsbereichs.
13. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Auftragsziel wenigstens Auftragsbereichsgrenzen umfasst.
14. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner das Empfangen wenigstens einer Geländeeigenschaft und das Verwenden der wenigstens einen Geländeeigenschaft in der Berechnung des wenigstens einen Segments und der Arbeitsgerätverlaufsbahn entlang des wenigstens einen Segments umfasst.
15. System für den autonomen Betrieb einer EBM, wobei die EBM wenigstens ein Arbeitsgerät umfasst, wobei das System Folgendes umfasst:
  - ein Positionsbestimmungshilfsmittel, eine Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung und einen Auftragsrechner;
  - wobei der Auftragsrechner konfiguriert ist, um Daten hinsichtlich eines Auftrags zu empfangen, wobei die Daten wenigstens ein Auftragsziel beinhalten;
  - wobei die Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung konfiguriert ist, um den Auftragsbereich zu scannen und dadurch Kartierungsdaten hinsichtlich des Auftragsbereichs zu erfassen;
  - wobei das Positionsbestimmungshilfsmittel konfiguriert ist, um eine Position der EBM hinsichtlich des Auftragsbereichs zu bestimmen;
  - wobei der Auftragsrechner ferner konfiguriert ist, um:
    - basierend auf den Daten eine Karte des Auftragsbereichs zu erzeugen;
    - eine Auftragsausführungsrouten basierend auf wenigstens der Karte und dem Auftragsziel zu bestimmen, wobei die Auftragsausführungsrouten wenigstens ein Segment innerhalb des Auftragsbereichs umfasst, wobei jedes Segment einer Entsorgungsstelle zugeordnet ist;
    - basierend auf wenigstens dem Auftragsziel, der Karte, einer Länge des wenigstens einen Segments und Schiebekapazitätsdaten der EBM eine Arbeitsgerätverlaufsbahn des wenigstens einen Arbeitsgeräts entlang des Segments zu berechnen, sodass das wenigstens eine Arbeitsgerät entlang des Segments Materie ansammelt, während sich die EBM fortbewegt, und die angesammelte Materie bei Erreichen der Entsorgungsstelle entsorgt wird; und
    - die EBM entlang der Auftragsausführungsrouten zu betreiben und das Arbeitsgerät während des Betriebs der EBM entlang wenigstens eines der Segmente oder der mehreren Segmente gemäss der Arbeitsgerätverlaufsbahn neu zu positionieren.
16. System nach Anspruch 15, wobei der Auftragsrechner ferner konfiguriert ist, um wenigstens eine Eigenschaft der EBM zu überwachen und das wenigstens eine Arbeitsgerät als Reaktion auf eine Anzeige, dass die wenigstens eine Eigenschaft der EBM einen vordefinierten Grenzwert überschreitet, neu zu positionieren.
17. System nach Anspruch 16, wobei der Auftragsrechner ferner konfiguriert ist, um die Arbeitsgerätverlaufsbahn des wenigstens einen Arbeitsgeräts im Wesentlichen entlang des wenigstens einen der Segmente als Reaktion auf das Neupositionieren des wenigstens einen Arbeitsgeräts neu zu berechnen.
18. System nach einem der Ansprüche 16 bis 17, wobei der Auftragsrechner ferner konfiguriert ist, um wenigstens ein Segment innerhalb des Auftragsbereichs als Reaktion auf das Neupositionieren des wenigstens einen Arbeitsgeräts neu zu bestimmen, wobei jedes der wenigstens einen Segments einer Entsorgungsstelle zugeordnet ist.
19. System nach einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei die wenigstens eine Eigenschaft der EBM ein mechanischer Parameter der EBM ist.
20. System nach einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei die wenigstens eine Eigenschaft der EBM eine Motordrehzahl ist.
21. System nach einem der Ansprüche 16 bis 18, das ferner einen Wegstreckenzähler zum Messen der von den EBM-Gleisketten zurückgelegten Entfernung umfasst, wobei die wenigstens eine Eigenschaft der EBM ein Abgleiten von Gleisketten der EBM ist.
22. System nach einem der Ansprüche 16 bis 21, wobei der Auftragsrechner ferner konfiguriert ist, um wenigstens ein Segment zu bestimmen, wobei sich die Entsorgungsstelle am Ende des wenigstens einen Segments befindet.
23. System nach einem der Ansprüche 15 bis 22, wobei der Auftragsrechner ferner konfiguriert ist, um die Auftragsausführung zu überwachen und die Arbeitsgerätverlaufsbahn des wenigstens einen Arbeitsgeräts im Wesentlichen entlang des wenigstens einen der Segmente als Reaktion auf eine Anzeige, dass die tatsächliche Position des wenigstens einen Arbeitsgeräts von der berechneten Arbeitsgerätverlaufsbahn des Arbeitsgeräts abweicht, neu zu berechnen.
24. System nach Anspruch 23, wobei der Auftragsrechner ferner konfiguriert ist, um als Reaktion auf das Neupositionieren des wenigstens einen Arbeitsgeräts wenigstens ein Segment innerhalb des Auftragsbereichs neu zu bestimmen, wobei jedes Segment einer Entsorgungsstelle zugeordnet ist.

## CH 705 152 B1

25. System nach einem der Ansprüche 15 bis 24, wobei die angesammelte Materie der maximalen Menge an Materie entspricht, die die EBM in der Lage ist zu schieben.
26. System nach einem der Ansprüche 15 bis 25, wobei der Auftragsrechner ferner konfiguriert ist, um das wenigstens eine Segment basierend auf wenigstens einem der folgenden Punkte zu bestimmen:
  - (a) Bewegen von hohem Gelände auf tiefes Gelände;
  - (b) Bewegen in langen Segmenten;
  - (c) minimale Anzahl an Wiederholungen von Segmenten;
  - (d) systematische Abdeckung des Auftragsbereichs.
27. System nach einem der Ansprüche 15 bis 26, wobei das Auftragsziel wenigstens Auftragsbereichsgrenzen umfasst.
28. System nach einem der Ansprüche 15 bis 27, das ferner einen Wegstreckenzähler zum Messen der durch die EBM-Gleisketten zurückgelegten Entfernung umfasst, wobei die wenigstens eine Eigenschaft der EBM ein Abgleiten der Gleisketten der EBM ist.
29. System nach einem der Ansprüche 15 bis 28, das zum Speichern der Karte mit einem Datenarchiv verknüpft ist, wobei der Auftragsrechner ferner konfiguriert ist, um die Karte periodisch gemäss aktualisierten, während der Durchführung des Auftrags empfangenen Kartierungsdaten zu aktualisieren.
30. System nach einem der Ansprüche 15 bis 29, wobei der Auftragsrechner ferner konfiguriert ist, um wenigstens eine Terraineigenschaft zu empfangen und die wenigstens eine Terraineigenschaft in der Berechnung des wenigstens einen Segments und der Arbeitsgerätverlaufsbahn des wenigstens einen Arbeitsgeräts entlang des wenigstens einen Segments zu verwenden.
31. System nach einem der Ansprüche 15 bis 30, wobei die Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung konfiguriert ist, um einen Bereich vor der EBM und einen Bereich hinter der EBM zu scannen.
32. System nach einem der Ansprüche 15 bis 31, wobei die Erkennungs- und Entfernungsmessungseinrichtung wenigstens ein Laserscanner ist.
33. System nach einem der Ansprüche 15 bis 32, wobei das Positionsbestimmungshilfsmittel ein GNSS ist.
34. System nach einem der Ansprüche 15 bis 33, wobei das Positionsbestimmungshilfsmittel ein INS- und GNSS-integriertes System ist.

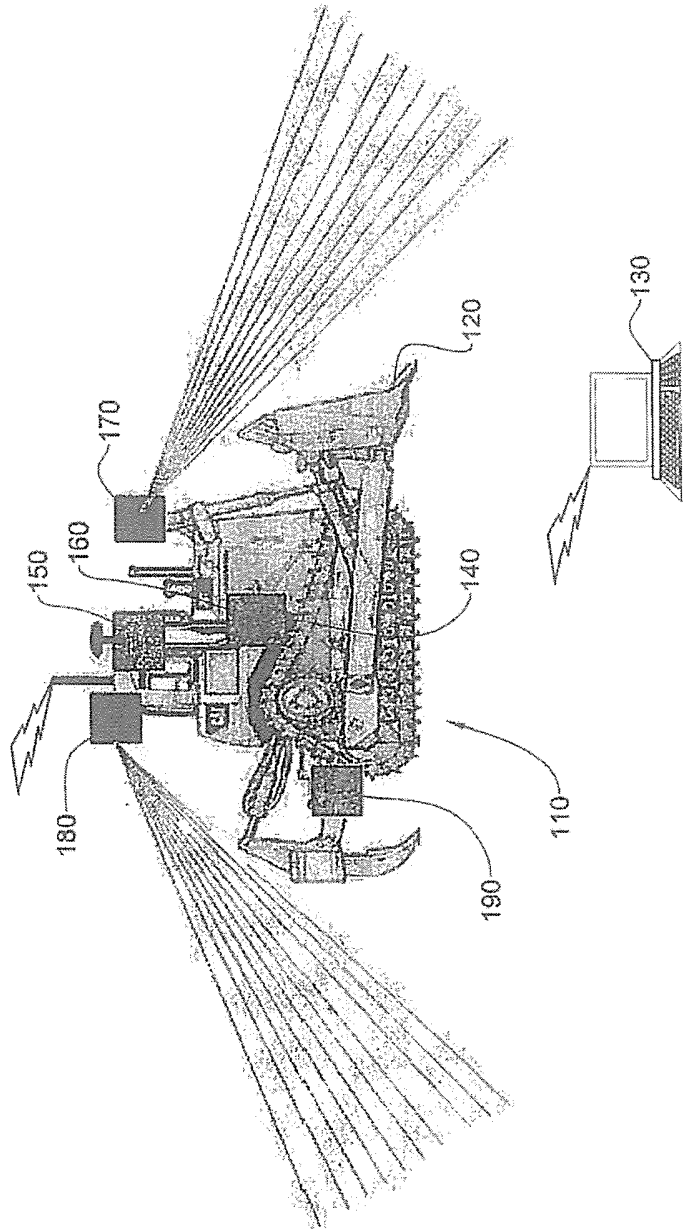


FIG. 1

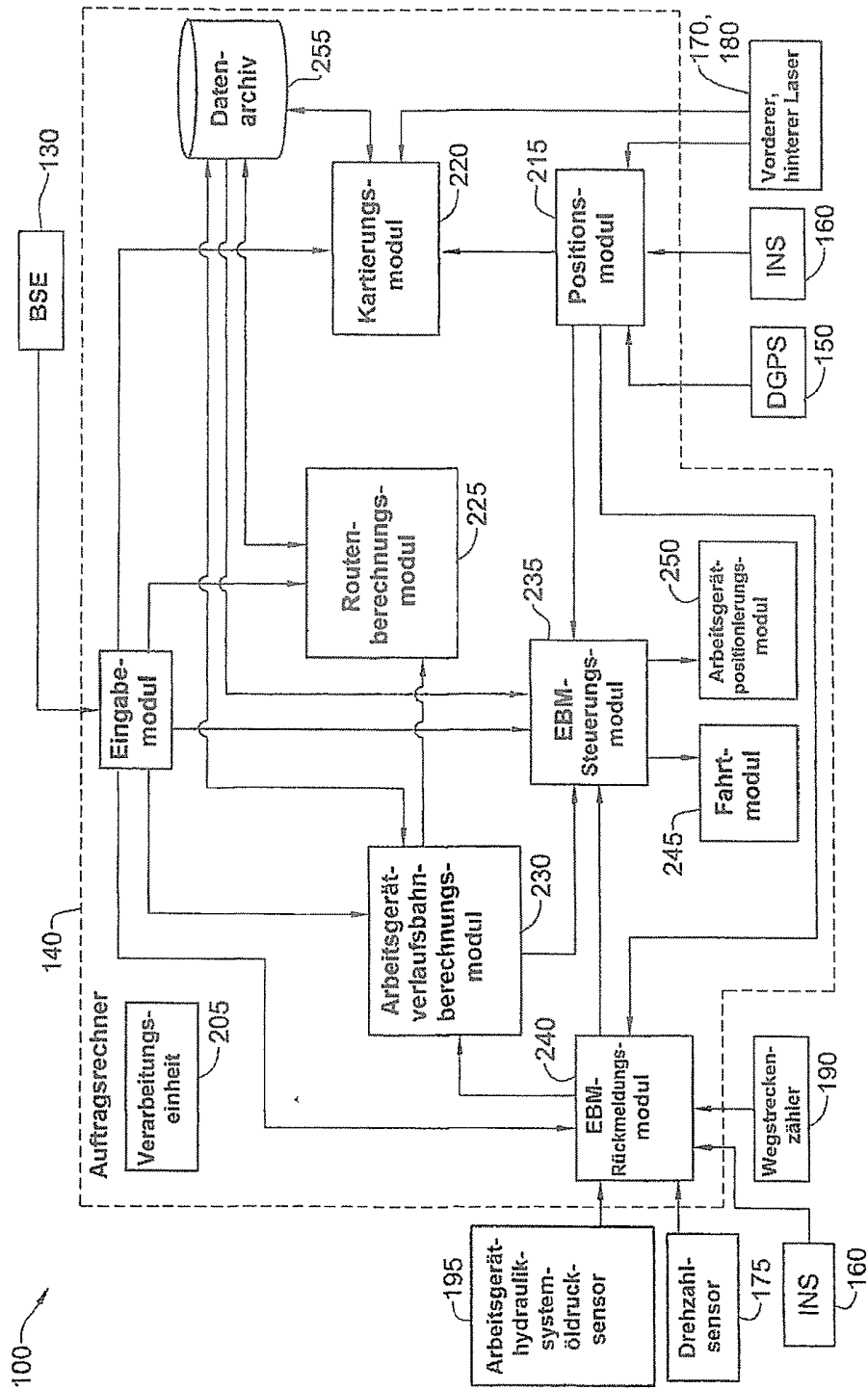


FIG. 2

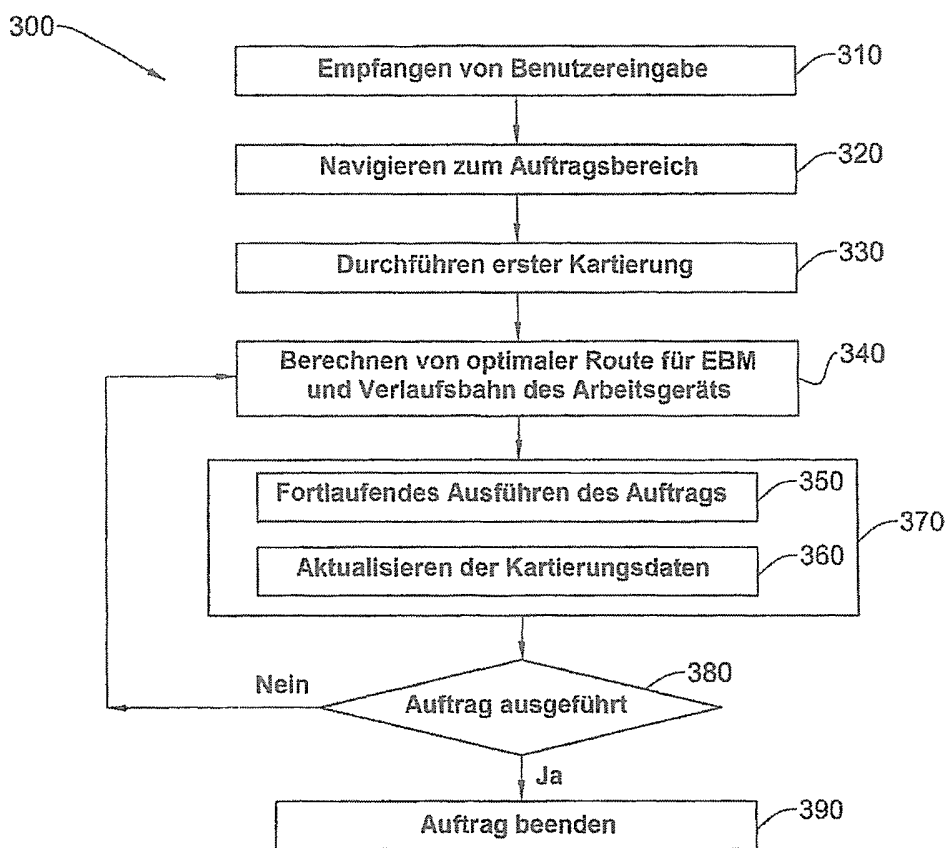


FIG. 3

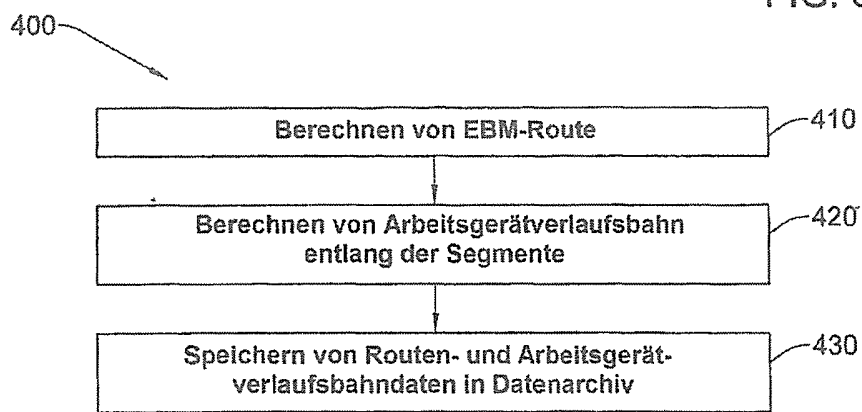


FIG. 4

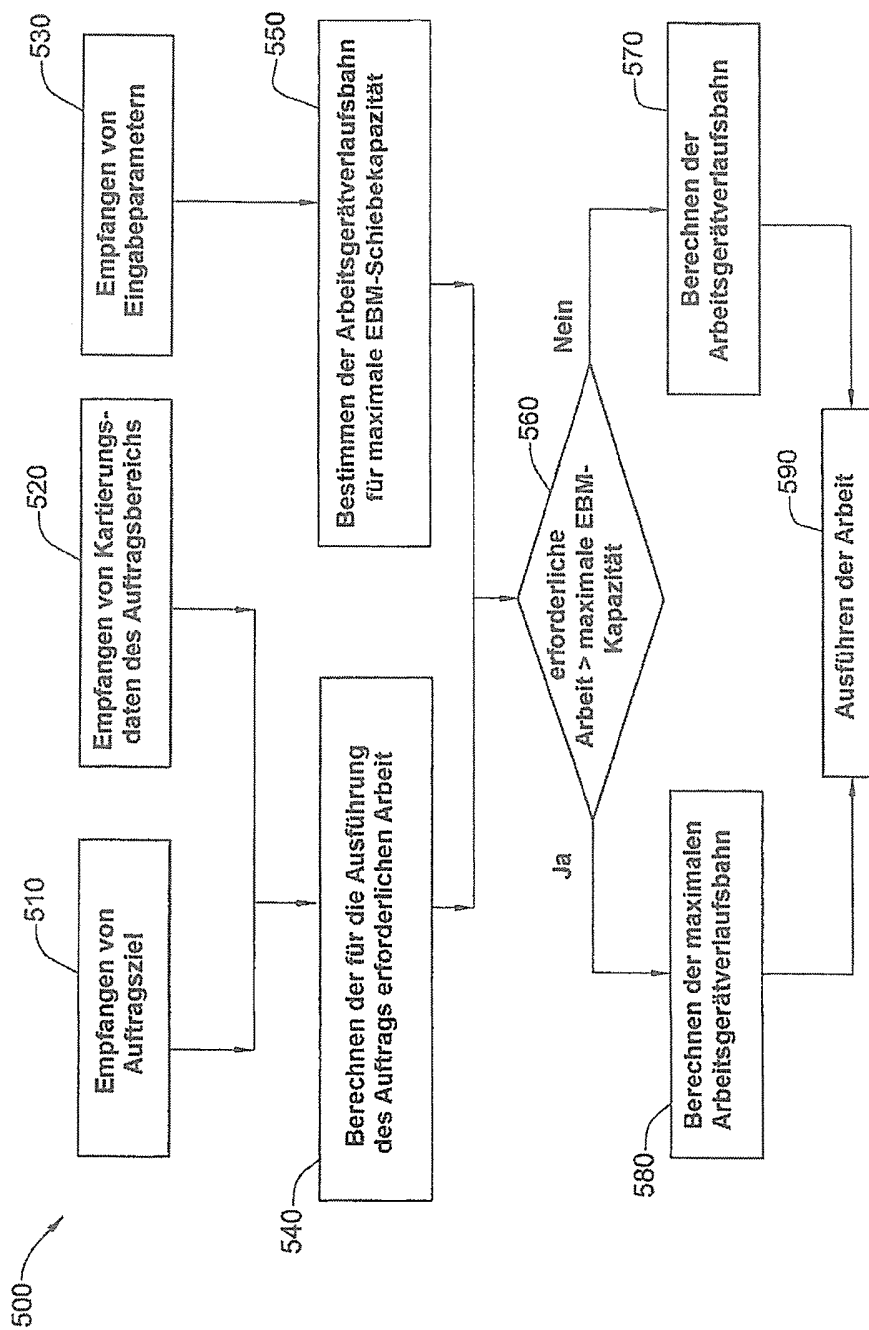


FIG. 5

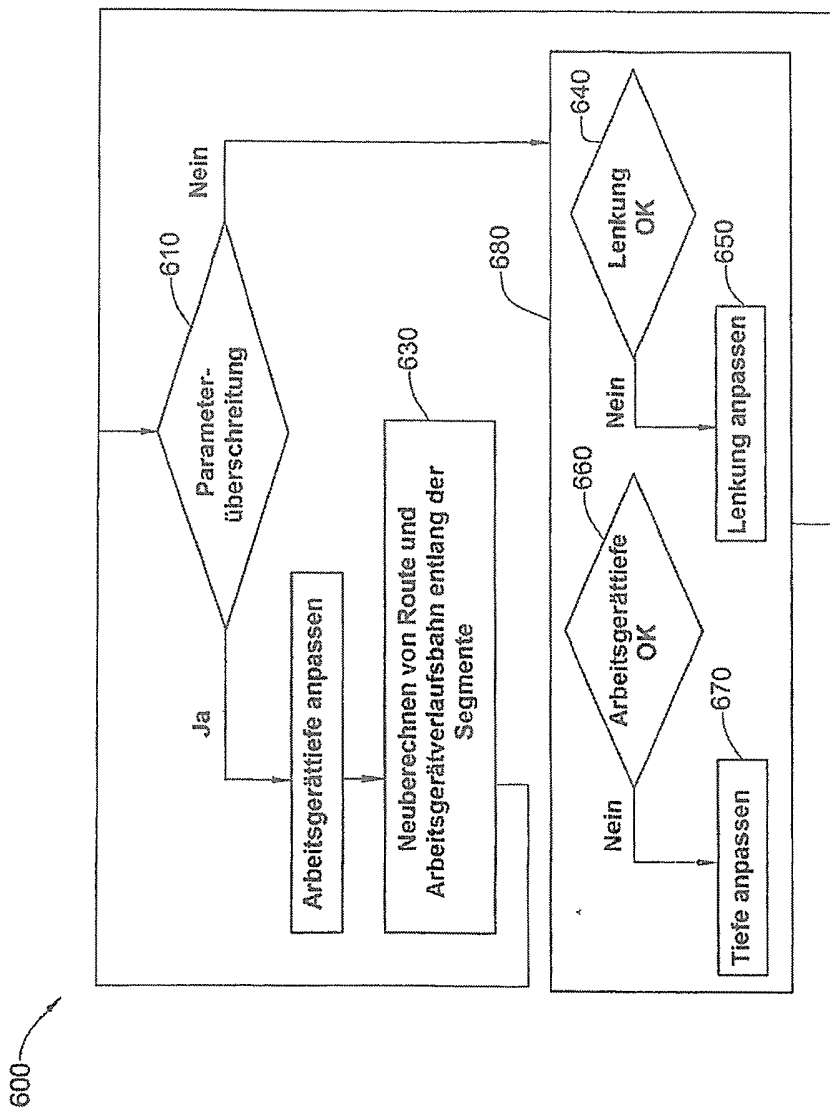


FIG. 6

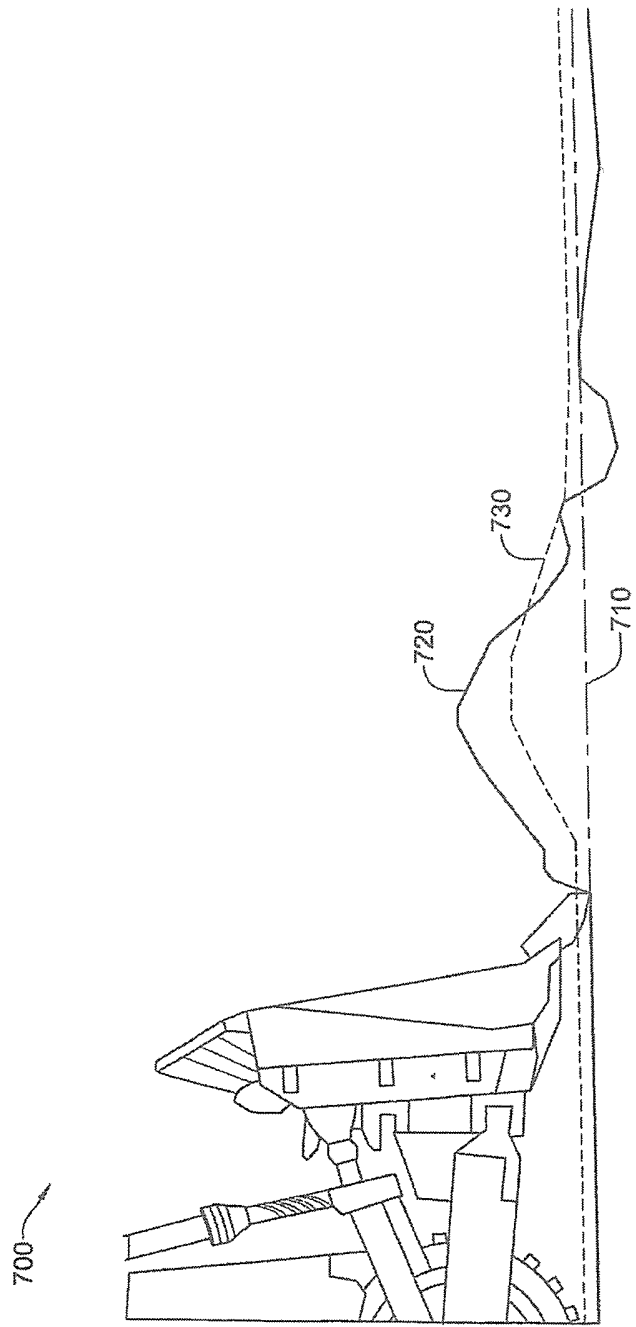


FIG. 7

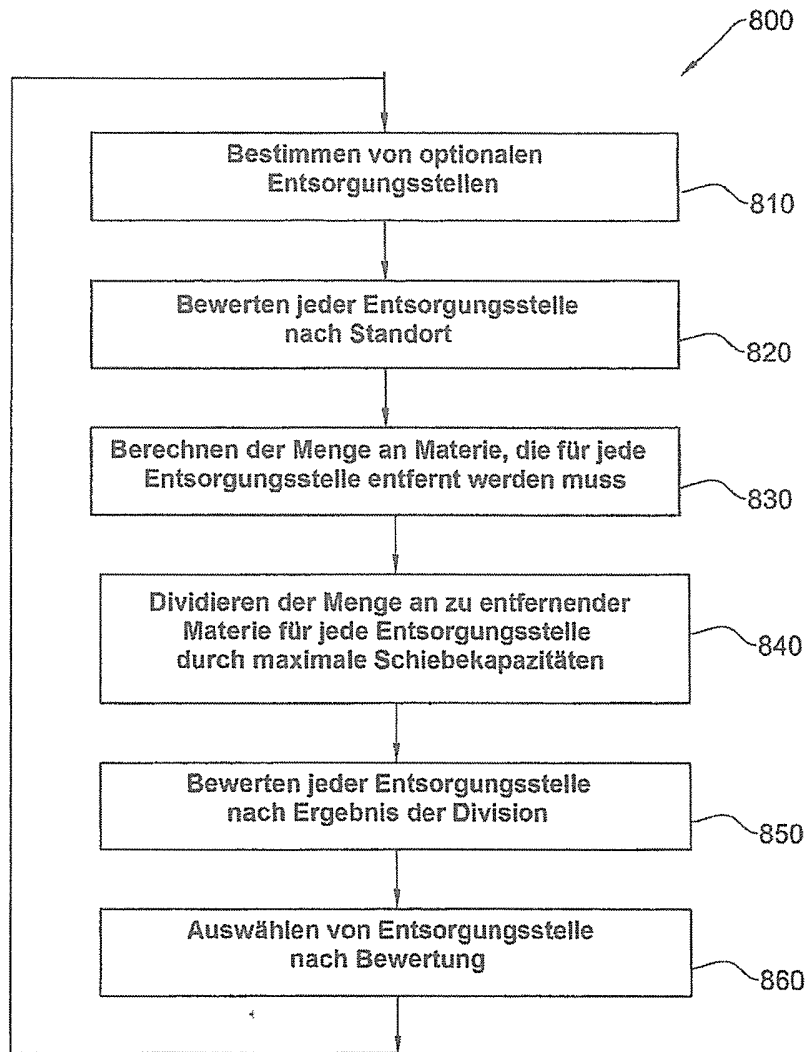


FIG. 8