economie
FÖD Wirtschaft, K.M.B., Mittelstand
und Energie
Amt für Geistiges Eigentum

(11) 1027160 B1

(47) Erteilungsdatum : 03/11/2020

(12) BELGISCHES ERFINDUNGSPATENT

(47) Veröffentlichungsdatum : 03/11/2020

(21) Antragsnummer : BE2019/5212

(22) Anmeldetag : 03/04/2019

(62) Teilantrag des früheren Antrags :

(62) Anmeldetag des früheren Antrags :

(51) Internationale Klassifikation : B60W 30/095, B65G 41/00, B65G 65/28, E02F 3/18, E02F 7/02, E02F 9/24, E02F 9/26, E21C 47/04, F16P 7/02, G06K 9/00

(30) Prioritätsangaben :

(73) Inhaber :

thyssenkrupp Industrial Solutions AG

45143, ESSEN
Deutschland

thyssenkrupp AG

45143, ESSEN
Deutschland

(72) Erfinder :

NARO Daniele
45899 GELSENKIRCHEN
Deutschland

(54) Verfahren und Einrichtung zum Betrieb von insbesondere im Tagebau einsetzbaren Abraum- und Fördermaschinen

(57)Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zum kollisionsfreien Betrieb einer insbesondere im Tagebau einsetzbaren Abbau-/Förderanlage, welche wenigstens ein Abbaugerät (100) zum Erzeugen von Schüttgut und wenigstens ein erstes Fördergerät (105) zum Abtransportieren des abgebauten Schüttgutes umfasst, wobei insbesondere vorgesehen ist, dass aktuelle Positions- und/oder Winkeldaten (203) für das wenigstens eine Abbaugerät (100) und das wenigstens eine erste Fördergerät (105) erfasst werden, dass die erfassten Positions- und/oder Winkeldaten (203) bevorzugt in eine Situationsklasse klassifiziert werden, und dass anhand des Klassifizierungsergebnisses eine möglicherweise bevorstehende, kollisionskritische Betriebssituation erkannt wird (205).

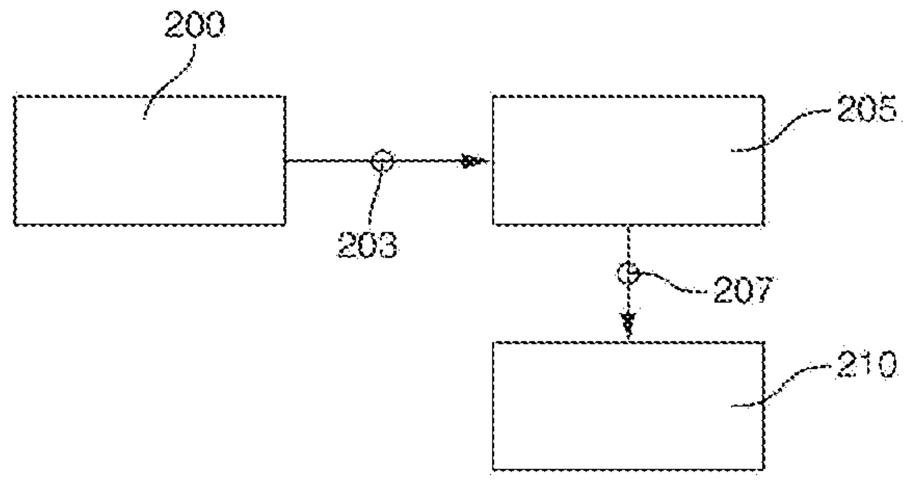


Fig. 2

Beschreibung

Verfahren und Einrichtung zum Betrieb von insbesondere im Tagebau einsetzbaren Abraum- und Fördermaschinen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Erkennen bzw. Vermeiden von Kollisionen bei vorwiegend im Tagebau einsetzbaren, mobilen und/oder stationären Abraum- und Fördermaschinen, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind auch ein Computerprogramm, ein maschinenlesbarer Datenträger zur Speicherung des Computerprogramms und eine Einrichtung, mittels derer das erfindungsgemäße Verfahren durchführbar ist.

Stand der Technik

Für mobile Arbeits- bzw. Baumaschinen, z.B. Bagger, existieren heutzutage visuelle Anzeigesysteme, die in der Fahrerkabine installiert sind und den Bediener bei seinen planungsgemäßen Arbeiten unterstützen, indem sie z.B. die momentane Position und Orientierung der Maschine anzeigen. Zudem wird insbesondere bei Baggern die Stellung eines Arbeitsarms, d.h. die Koordinaten eines entsprechenden Tool Center Points (TCP) des Arbeitsarms sowie die Stellung eines Werkzeugs angezeigt. Die meisten dieser Anzeigesysteme können durch Kombination mit einem Satellitennavigationssystem auch die globale Position der Maschine anzeigen. Hier betroffene Arbeitsmaschinen sind sehr groß und insbesondere bei Rangierfahrten für einen Bediener schwer einzusehen und/oder einzuschätzen. Gleichzeitig können auf einer Baustelle oder in einem Tagebau viele solche großen und unübersichtlichen Arbeitsmaschinen zum Einsatz kommen.

Darüber hinaus ist ein Datenaustausch zwischen ähnlichen Maschinen untereinander, z.B. im industriellen Umfeld unter der Bezeichnung „Machine-2-Machine“-Communication oder im Automobilbereich unter der Bezeichnung „Car-to-Car“-Communication (Car2Car, C2C) oder „Vehicle-to-Vehicle“-Communication (V2V) bekannt geworden.

So geht aus DE 10 2013 212 683 A1 ein Verfahren zum Erkennen bzw. Verhindern einer Kollision von Arbeitsmaschinen hervor, wobei das Verfahren einen Schritt des Einlesens eines Ego-Positionssignals und zumindest eines Positionssignals einer weiteren Arbeitsmaschine, einen Schritt des Bestimmens einer Kollisionswarnung unter Verwendung des Ego-Positionssignals und des Positionssignals sowie einen Schritt des Bereitstellens der Kollisionswarnung umfasst. Dabei repräsentiert das Ego-Positionssignal eine geografische Positi-

on der Arbeitsmaschine und das Positionssignal eine geografische Position der jeweils weiteren Arbeitsmaschine, wobei die Kollisionswarnung ein Signal mit einer Information über eine bevorstehende Kollision darstellt.

Eine solche Kollision kann einen Zusammenstoß zwischen zwei oder mehreren Arbeitsmaschinen oder einer oder mehrerer Arbeitsmaschinen z.B. mit einer Böschung, Materialansammlung, mit einem Findling, mit einer Rampe oder einem An- oder Abhang, mit einer oder mehreren Personen, mit einem oder mehreren Tieren oder mit größeren Anpflanzungen, z.B. Bäumen oder Baumgruppen, bedeuten. Bei einer Kollision kann eine Arbeitsmaschine mit einer weiteren stationären, semimobilen oder mobilen Arbeitsmaschine zusammenstoßen.

Aus DE 10 2014 221 803 A1 geht zudem ein Verfahren zum Bestimmen einer momentan vorliegenden Fahrsituation eines Fahrzeugs hervor auf einem vorgegebenen Fahrzeugumfeld basierende Umfelddaten erfasst werden, Merkmale aus den Umfelddaten mittels einer Mustererkennung extrahiert werden, eine Klassifikation der momentan vorliegenden Fahrsituation ausschließlich basierend auf den mittels der Mustererkennung extrahierten Merkmalen durchgeführt wird und das Ergebnis der Klassifikation bereitgestellt wird. Da die Klassifikation der momentan vorliegenden Fahrsituation ausschließlich basierend auf den mittels der Mustererkennung extrahierten Merkmalen beruht, ist eine darüber hinausgehende Musteranalyse nicht notwendig, um noch weitere Informationen aus dem erfassten Fahrzeugumfeld zu extrahieren. Das Verfahren führt somit unmittelbar auf einem vorhandenen Umfeldmodell beruhend eine Situationsklassifikation durch. Die Klassifikation kann dabei basierend auf einem Verfahren zur Szenenkategorisierung aus Bildern durchgeführt werden, wobei ein „Deep Learning"-Verfahren angewendet wird. Hierbei wird, basierend auf Sensordaten, ein Belegungsbild des Umfeldes ermittelt.

Ferner geht aus DE 10 2009 024 066 A1 ein Verfahren zur Situationserkennung bzw. Klassifizierung von bildtechnisch überwachten Szenen hervor. Die Situationserkennung dient zur Verkehrsüberwachung oder zur Überwachung von Produktionsprozessen in Fabrikanlagen, wobei auch die automatisierte Erkennung komplexer dynamischer Situationen ermöglicht wird. Dabei werden Bildpixel einer Bildfolge von Bildern zu Bildsegmenten zusammengefasst und optische Flüsse für mehrere Bildsegmente berechnet. Eine Klassifizierung der Bildfolge in eine Situationsklasse erfolgt in Abhängigkeit von einem zeitlichen Verlauf der berechneten optischen Flüsse. Die Klassifizierung erfolgt z.B. anhand eines „Hidden-Markov"-Modells (HMM), bei dem zur Situationserkennung Übergangswahrscheinlichkeiten von einem Zustand zum nächsten in einer Abfolge von Zuständen betrachtet werden. Dabei sind verborgene Zustände durch die Statistik der möglichen Kombinationen von optischen Flüssen der

Bildsegmente beeinflusst. Falls Kombinationen von optischen Flüssen auftreten, die nicht in diese statistische Verteilung fallen, wird eine Warnmeldung ausgegeben. Um ein HMM zu erstellen oder zu trainieren, werden in Situationsklassen vorklassifizierte Sequenzen von optischen Flüssen der Bildsegmente verwendet.

Offenbarung der Erfindung

Der der Erfindung zugrunde liegende Gedanke kann darin gesehen werden, zur Ermöglichung eines automatisierten Betriebs einer insbesondere im Tagebau einsetzbaren, aus wenigstens einem Abraumbagger und wenigstens einer Fördermaschine bestehenden Abbau- bzw. Abraumanlage, ein aktives und prädiktives Kollisionsschutzverfahren vorzusehen. Eine solche prädiktive Schutzfunktion soll insbesondere während des Betriebs entsprechender Gewinnungs- und Fördermaschinen sowie von im Tagebau eingesetzten Hilfsgeräten ggf. bestehende Schutzmaßnahmen dahingehend weiterzuentwickeln, um den autonomen Betrieb der jeweiligen Arbeitsmaschinen bzw. eine entsprechend automatisierte Abraum- bzw. Bahnplanung zu ermöglichen.

Die prädiktive Schutzfunktion kann auf einer zuverlässigen Hinderniserkennung beruhen. Dabei kann ein Hindernis geräteimmanent, d.h. durch mögliche Kollision von Gerätebestandteilen, anlagenimmanent, d.h. durch mögliche Kollision zwischen Einzelgeräten, oder gegenüber der Umgebung bestehen. Die Erfassung eines Hindernisses kann modellbasiert, d.h. indirekt abgeleitet werden oder direkt sensorisch erfolgen und dabei mittels einer geeigneten Nachbearbeitung („post processing“) der erfassten Sensordaten spezifiziert werden.

Im Gegensatz dazu ist bei dem im Stand der Technik bekannten manuellen Betrieb der Arbeitsmaschinen und entsprechenden Abraumanlagen im Tagebau das Einschätzungsvermögen und die Überwachung dem jeweiligen Geräteführer überlassen, diese Aspekte im Sinne einer Kollisionsvorbeugung bzw. -vermeidung bei der Steuerung der Geräte einzubeziehen.

Die so erfassten Sensordaten ermöglichen die informationsbasierte Unterstützung eines Maschinenführers oder Maschinenoperators dahingehend, dass möglicherweise drohende Kollisionen frühzeitig angezeigt werden und zusätzliche Empfehlungen an den Maschinenführer bzw. Operator und/oder Aktionen/Eingriffe in die Steuerung der jeweiligen Arbeitsmaschine erfolgen. So kann ein die Kollision verhinderndes Ausweichmanöver der jeweiligen Arbeitsmaschine bzw. einer Arbeitsausrüstung der Arbeitsmaschine empfohlen oder bereits automatisch durchgeführt werden, z.B. ein unbedingter Stopp der Gerätebewegung bei expliziter Kollisionsgefahr, bzw. eine geeignete Änderung der Bewegungsrichtung, oder eine geeigne-

te Umstellung von Betriebsparametern der Arbeitsmaschine oder an der Szene beteiligter weiterer Maschinen oder Geräte zur Prävention etwa erkannter Kollisionsrisiken.

Es ist hierbei anzumerken, dass die genannten Empfehlungen oder Eingriffe gemäß der Erfindung auch unter Berücksichtigung von produktionsorientierten Optimierungszielen erfolgen können. Dabei kann der prädiktive bzw. präventive Kollisionsschutz unter Berücksichtigung einer weiteren Einsatzplanung und/oder Produktionsoptimierung erfolgen.

Das vorgeschlagene Verfahren zum kollisionsverhindernden Betrieb einer insbesondere im Tagebau einsetzbaren Abbau-/Förderanlage, welche wenigstens ein Abbaugerät zum Erzeugen von Schüttgut und wenigstens ein erstes Fördergerät zum Abtransportieren des abgebauten Schüttgutes umfasst, sieht insbesondere vor, dass aktuelle Positions- und/oder Winkeldaten für das wenigstens eine Abbaugerät und das wenigstens eine erste Fördergerät erfasst werden, dass die erfassten Positions- und/oder Winkeldaten klassifiziert werden, und dass anhand des Klassifizierungsergebnisses eine möglicherweise bevorstehende, kollisionskritische Betriebssituation erkannt wird.

Es ist hierbei hervorzuheben, dass das erste Fördergerät durch einen Förderbrückenwagen realisiert sein kann oder durch ein an dem Abbaugerät angeordneten Entladeausleger, mittels dessen z.B. ein Gerät oder Fahrzeug für den Abtransport des Schüttgutes beschickt werden kann. In dem zuletzt genannten Szenario ist somit kein Förderbrückenwagen erforderlich.

Es ist ferner hervorzuheben, dass die vorliegende Erfindung auch bei einer Abbau- bzw. Förderanlage anwendbar bzw. einsetzbar ist, bei welcher der Materialtransport in beiden Transportrichtungen möglich ist. So kann anstelle des Abbaugerätes ein „Absetzgerät“ zum Absetzen bzw. zum Abwerfen von schüttfähigem Material an der Abbaufront vorgesehen sein.

Gemäß einem weiteren Aspekt des vorgeschlagenen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass anhand erfasster Positions- und/oder Winkeldaten eine Klassifizierung in eine Situationsklasse durchgeführt wird. Auf einer bereits erfolgten Klassifizierung beruhend können aktuell erfasste Positions- und/oder Winkeldaten mittels der entsprechend klassifizierten Situationsklassen klassiert werden und anhand des Klassierungsergebnisses auf eine bevorstehende, kollisionskritische Betriebssituation geschlossen werden.

Es ist hierbei anzumerken, dass der genannte Verfahrensschritt der „Klassierung“ mittels der Situationsklassen in dem vorliegenden Zusammenhang sowohl den Bereich des „Machine

Learning“ mittels künstlicher Intelligenz, z.B. mittels eines künstlichen neuronalen Netzwerks, als auch einen generisch angelegten Entscheidungsfindungs- und Optimierungsalgorithmus umfassen kann, bei dem anhand von sensorisch erfassten Umgebungsdaten Entscheidungen für den weiteren Betrieb von hier betroffenen Geräten bzw. Maschinen getroffen werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt des vorgeschlagenen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass Betriebsdaten erzeugt werden, mittels derer dass wenigstens eine Abbaugerät und das wenigstens eine erste Fördergerät kollisionsverhindernd angesteuert werden. Die kollisionsverhindernde Ansteuerung kann dadurch erfolgen, dass geeignete Ausweichmanöver und/oder eine Abschaltung wenigstens einer Aktorik eines der beteiligten Abbau-/Fördergeräte durchgeführt werden. Alternativ oder zusätzlich können dazu kollisionsverhindernde Fahrbefehle und/oder Schwenkbewegungen des wenigstens einen Abbaugerätes sowie des wenigstens einen ersten Fördergerätes durchgeführt werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt des vorgeschlagenen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass bei der Klassifizierung oder Klassierung wenigstens folgende Betriebsdaten berücksichtigt werden:

- Die Position des wenigstens einen Abbaugerätes,
- der Drehwinkel eines Entladeauslegers des Abbaugerätes,
- die Position des wenigstens einen ersten Fördergerätes,
- der Drehwinkel des wenigstens einen ersten Fördergerätes.

Gemäß einem weiteren Aspekt des vorgeschlagenen Verfahrens kann auch vorgesehen sein, dass zur Kollisionsverhinderung zusätzlich die Position wenigstens eines zweiten Fördergerätes und/oder die Position eines Hindernisses berücksichtigt werden.

Das erfindungsgemäßen Verfahren bzw. die entsprechende Logik oder Algorithmus können regelungsbasiert sein, wobei das Steuerungsverhalten des gesamten Geräteverbunds in einer Regelungsstruktur abgebildet wird und somit nicht für alle Betriebssituationen der Förderanlage starr vorgegeben wird. Der entsprechende Regelungsalgorithmus kann zusätzlich generischer Natur sein und/oder selbstlernend ausgebildet sein, z.B. mittels eines künstlichen neuronalen Netzwerks (KNN).

Es ist anzumerken, dass mittels des vorgeschlagenen Verfahrens auch bestehende, bereits automatisierte Abraumanlagen mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens nachträglich verbessert werden können, wobei z.B. zusätzlich eine genannte Prozesssimulation durchgeführt werden kann.

Die erfindungsgemäß ebenfalls vorgeschlagene Einrichtung ist eingerichtet, eine hier betroffene Abraumanlage, insbesondere die räumliche Bewegung und/oder räumliche Ausrichtung der jeweils beteiligten Abraum- und/oder Fördergeräte während des Abbau- bzw. Abraumprozesses, mittels des vorgeschlagenen Verfahrens automatisiert zu steuern.

Gemäß einem Aspekt der vorgeschlagenen Einrichtung werden die Arbeitsmaschinen und weiteren Geräte einer Abraumanlagen mit Sensoren zur Positions- und Umfelderfassung ausgestattet, um Rückschlüsse auf immanente sowie umgebungsbasierte Hindernisse ziehen zu können. Diese Sensorik kann direkt mittels einer Radarantenne, Laser-basiert („Li-Dar“), direkt mittels einer optischen IR-Kamera, oder mittels elektromagnetischer Sensorik (Transponder) realisiert werden.

Auch ein Einsatz weiterer Sensorik auf Basis alternativer physikalischer Effekte ist denkbar, soweit dieser Einsatz die Anreicherung eines Umfeld- und Situationsmodells bezüglich einer Kollisionsüberwachung mit Meta-Daten zusätzlich anreichern kann. Hierbei ist hervorzuheben, dass als Sensorik grundsätzlich jegliche im Stand der Technik bekannte Sensorik einsetzbar ist. Alternativ oder zusätzlich kann auch eine dezentral arbeitende Sensorik, z.B. mit einem drohnenbasierten Überflug einer hier betroffenen Abraumanlage erfasste Kartierungsdaten, Berücksichtigung finden.

Alternativ oder zusätzlich kann indirekt eine modellbasierte Ermittlung der relevanten Positionen der beteiligten Maschine bzw. Geräte anhand geräteimmanenter Positions- und Betriebsdaten (GPS, Winkelencoder, externe optische Erkennung durch Bilderkennung) erfolgen.

Es ist anzumerken, dass eine umgebungsorientierte, automatisierte Kollisionserkennung bzw. -verhinderung eine möglichst lückenlose und insbesondere echtzeitbasierte Umfeld- bzw. Umgebungserfassung erfordert.

Zusätzlich kann durch Kombination von nach verschiedenen physikalischen Prinzipien arbeitenden Sensoren auch eine kontinuierliche Verifikation von erkannten möglichen Kollisionen sowie eine zusätzliche Sicherheit aufgrund von Redundanz bereitgestellt werden. So kann dabei eine kontinuierliche Prüfung der Datenkonsistenz durchgeführt werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorgeschlagenen Einrichtung kann eine Sensorik zur Erzeugung von Sensordaten, eine Datenverarbeitungseinheit zur Durchführung einer genann-

ten Klassifizierung bzw. Klassierung zur Erzeugung von Betriebsdaten vorgesehen sein, wobei mittels den erzeugten Betriebsdaten das wenigstens eine Abbaugerät und das wenigstens eine erste Fördergerät kollisionsverhindernd durch eine Steuerung bzw. Steuereinheit angesteuert werden.

Die Erfindung kann insbesondere in einer im Übertagebau oder Untertagebau erfolgenden Erzgewinnung, Braunkohle- oder Steinkohlegewinnung, oder Steingewinnung, oder Gewinnung von für die Zementherstellung erforderlichen, schüttfähigen Materialien einsetzbaren Abbau- bzw. Abraumanlage zur Anwendung kommen. Zudem ist die Erfindung überall dort anwendbar, wo kontinuierliche Fördertechnik zum Transport von Schüttgut eingesetzt wird.

Das erfindungsgemäße Computerprogramm ist eingerichtet, jeden Schritt des Verfahrens durchzuführen, insbesondere wenn es auf einem Rechengerät oder einem Steuergerät abläuft. Es ermöglicht die Implementierung des erfindungsgemäßen Verfahrens auf einem elektronischen Steuergerät, ohne an diesem bauliche Veränderungen vornehmen zu müssen. Hierzu ist der maschinenlesbare Datenträger vorgesehen, auf welchem das erfindungsgemäße Computerprogramm gespeichert ist. Durch Aufspielen des erfindungsgemäßen Computerprogramms auf eine Einrichtung bzw. ein entsprechendes elektronisches Steuergerät wird die erfindungsgemäße Einrichtung erhalten, welches eingerichtet ist, um eine hier betroffene Abraumanlage mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens zu betreiben.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen. In den Zeichnungen sind übereinstimmende oder funktional gleichwirkende Elemente bzw. Merkmale mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen.

Es versteht sich, dass die voranstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweiligen angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Figur 1zeigt eine schematische Draufsicht auf eine typische räumliche Anordnung eines Abraum- bzw. Schaufelradbaggers zusammen mit entsprechenden Fördergeräten an einer in einem Tagebau vorliegenden Abbau- bzw. Abraumkante, mit einem im Arbeitsbereich des Schaufelradbaggers angeordneten, beispielhaften Hindernis.

Figur 2zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäße Verfahrens bzw. der Einrichtung anhand eines kombinierten Fluss-/Blockdiagramms.

Figur 3zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen, modellbasierten Situationsklassierung zur Ermöglichung einer automatisierten Kollisionsüberwachung im Betrieb einer hier betroffenen Abraumanlage bzw. Minenanlage.

Figur 4zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Klassifizierung einer sensorisch erfassten Betriebssituation einer hier betroffenen Abraumanlage bzw. Minenanlage anhand eines Zustandsdiagramms.

Figur 5zeigt ein Ausführungsbeispiel einer modellbasierten Simulation von möglichen Bewegungsabläufen von Geräten eines lokalen Fördergeräteverbunds einer hier betroffenen Abraumanlage bzw. Minenanlage, anhand der eine Vorhersage der Bewegung des lokalen Fördergeräteverbunds ermöglicht wird.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Das erfindungsgemäße Verfahren zum sicheren bzw. kollisionsverhindernden Betrieb einer hier betroffenen Abraumanlage sowie eine entsprechende Steuereinrichtung werden nachfolgend am Ausführungsbeispiel der Erzgewinnung an einer Minenanlage mittels eines Schaufelradbaggers beschrieben. Das Verfahren und die Einrichtung können allerdings auch bei anderweitig eingesetzten Abraumlagen, z.B. zur Stein-/Natursteingewinnung, zur Gewinnung von Braunkohle, oder zur Gewinnung von Rohstoffen für die Zementherstellung, entsprechend eingesetzt werden.

Eine hier betroffene Abraumanlage besteht meist aus einer Abraummaschine, z.B. einem Schaufelradbagger oder einem Schaufel- bzw. Hydraulikbagger, aus einer oder mehreren mobilen Brecheranlagen zum Zerkleinern von schüttfähigem Abraum, sowie in der Umgebung der Abraummaschine angeordneten mobilen Fördergeräten zum Abtransportieren von an der Abraumkante abgebautem Material, z.B. einem oder mehreren Förderbrückenwagen oder Radladern sowie weiteren mobilen Geräten wie z.B. Beladewagen oder Bandschleifenwagen zur Ableitung des Abraums von einem Förderband. Die räumliche Anordnung bzw. Ausrichtung der Abraummaschine und der Fördergeräte relativ zueinander wird während eines Abbauvorgangs fortwährend geändert. Bereits dadurch können sich mögliche Kollisionen zwischen den am Abbauvorgang beteiligten Arbeitsmaschinen ergeben.

Die Figur 1 zeigt eine beispielhafte, an einer Abraumkante 130 eines Erzlagers befindlichen Geräteanordnung bzw. einen Geräteverbund aus einem Abbau- bzw. Abraumbagger („excavator“) 100, vorliegend einem Schaufelradbagger, einem Förderbrückenwagen („belt wagon“) 105 mit einem Zuladeausleger („receiving boom“) 110 und einem Entladeausleger („discharge boom“) 115, sowie einem in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel auf einer Fahrschiene angeordneten Schüttgutwagen („hopper car“) 120. Zusätzlich ist schematisch ein in dem Arbeitsbereich des Schaufelradbaggers 100 angeordnetes, aus einer Baumgruppe gebildetes Hindernis 125 dargestellt. Es ist hierbei anzumerken, dass als Hindernis bzw. Hindernisse insbesondere auch weitere, zumindest vorübergehend im Bereich der Abraumkante befindliche Fahrzeuge oder auch Personen in Betracht kommen können.

Der Schaufelradbagger 100 weist in an sich bekannter Weise ein in der horizontalen Bodenebene (= Zeichenebene) sowie meist auch senkrecht dazu drehbar gelagertes Schaufelrad 135 auf. Durch eine Drehbewegung des Schaufelrads 135 insbesondere in der Bodenebene entsprechend einer ersten Pfeilrichtung 140 und einen sukzessiven Vorschub des Schaufelrades 135, bzw. entsprechend des Abraumbaggers 100, in einer zweiten Pfeilrichtung 145 an der Abraum- bzw. Abbaukante 130 wird schüttfähiges Material abgebaut bzw. abgeräumt.

Das von dem Schaufelradbagger 100 abgebaute Material bzw. Schüttgut wird von einem das Schaufelrad 135 tragenden Schaufelradausleger 150 über ein erstes Förderband 155 und über ein mit dem ersten Förderband 155 zusammenwirkendes, an einem Entladeausleger des Schaufelradbaggers 100 angeordnetes zweites Förderband 160 an einem ersten Übergabepunkt 165 an den Förderbrückenwagen 105 übergeben. Der erste Übergabepunkt 165 muss während des Abbau- bzw. Abraumbetriebs des Schaufelradbaggers 100, d.h. insbesondere bei seinem Vorschub in der zweiten Pfeilrichtung 145 bei einer gleichzeitigen Rotationsbewegung des Schaufelrads 135, fortwährend mit dem Zuladeausleger 110 des Förderbrückenwagens 105 in räumliche Übereinstimmung gebracht werden, damit bei der Übergabe kein Schüttgut von dem zweiten Förderband 160 und/oder dem Zuladeausleger 110 herunterfällt. Daher besteht hier ein nicht unerhebliches Kollisionsrisiko des Schaufelradbaggers 100 und des Förderbrückenwagens 105 bzw. von deren Auslegern 110 mit umgebenden Maschinen, Geräten, Personen oder dem beispielhaft gezeigten Hindernis 125.

In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel stellt auch die Ausrichtung des Entladeauslegers 115 des Förderbrückenwagens 105 gegenüber dem Schüttgutwagen 120 einen ebenfalls nicht fixen, zweiten Übergabepunkt 170 dar, da der Schüttgutwagen 120 in der Vorschubrichtung 145 des Schaufelradbaggers 100 ebenfalls nachgeführt werden muss. Denn die jeweils freie Übergabe des Schüttguts an den beiden Übergabepunkten 165, 170 während des

Vorschubs des Schaufelradbaggers 100 in der zweiten Pfeilrichtung 145 erfordert eine stetige Anpassung bzw. Nachjustierung der jeweiligen beiden Übergabepunkte 165, 170, und zwar zwischen dem Schaufelradbagger 100 und dem Förderbrückenwagen 105 einerseits und zwischen dem Förderbrückenwagen und dem Schüttgutwagen 120 andererseits. Daher kann es auch an dem zweiten Übergabepunkt 170 zu kritischen bzw. bedrohlichen Fahrzeug- oder Personenkollisionen kommen.

Es ist hierbei anzumerken, dass der Schüttgutwagen 120 in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ein schienengebundenes Transportfahrzeug, z.B. einen Güterwagen eines entsprechenden Schienentransportnetzes darstellt. Allerdings kann der Abtransport des Schüttgutes auch mittels Radladerfahrzeugen, z.B. Großmuldenkippern, erfolgen. Insbesondere auch durch solche Radladerfahrzeuge kann es zu kritischen bzw. bedrohlichen Fahrzeug- oder Personenkollisionen kommen.

Es ist ferner anzumerken, dass der Schaufelradbagger 100, gemäß einer alternativen Geräteanordnung bzw. gemäß einem alternativen Anwendungsszenario, den Schüttgutwagen 120 mittels eines an dem Schaufelradbagger 100 angeordneten Entladeauslegers auch direkt mit Schüttgut beschicken kann, wobei in diesem Szenario kein Förderbrückenwagen 105 dazwischen angeordnet sein muss. Ein solches Szenario kommt meist dann in Betracht, wenn der räumliche Abstand zwischen dem Schaufelradbagger 100 und dem Schüttgutwagen 120 im vorgesehenen Betrieb stets so gering ist, dass eine direkte Übergabe des von dem Schaufelradbagger 100 gelieferten Schüttgutes, d.h. auch ohne ein zwischengeschaltetes Fördergerät, möglich ist.

Die genannten Sicherheitsanforderungen beim Betrieb einer in Figur 1 gezeigten Förderanlage können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der Einrichtung mittels einer geeigneten Sensorik und durch automatisierte kollisionsverhindernde Anpassungen, z.B. an den genannten Übergabepunkten 165, 170, wirksam erfüllt werden. Als Sensorik werden in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel in der Figur 3 gezeigte GPS-Sensoren 300 – 330 angenommen.

Die Zuverlässigkeit des hierin beschriebenen Verfahrens bzw. der Einrichtung wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel durch ein lernfähiges Verfahren, z.B. mittels eines künstlichen neuronalen Netzes (KNN), zusätzlich verbessert. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel werden als Eingangsgrößen des KNN die folgenden, mittels einer genannten Sensorik 300 – 330 erfassten Betriebsgrößen der Abraumanlage berücksichtigt und auf deren Grund-

lage eine Klassifizierung oder Klassierung einer vorliegenden Betriebssituation vorgenommen:

- Die aktuelle Position des Schaufelradbaggers 100,
- der aktuelle Drehwinkel des Entladeauslegers 160 des Schaufelradbaggers 100,
- die aktuelle Position des Förderbrückenwagens 105,
- der aktuelle Drehwinkel des Förderbrückenwagens 105.

Es ist hierbei anzumerken, dass bevorzugt sowohl relative als auch absolute Positions- und/oder Winkeldaten erfasst und ausgewertet werden.

Bei der Klassifizierung des Anlagenzustandes auf der Grundlage der vorliegenden Betriebsgrößen bzw. Betriebsdaten, und zwar in Bezug auf mögliche Kollisionen von Anlagenteilen untereinander sowie von Anlagenteilen mit nicht zur Anlage gehörigen Objekten, wird für die aktuelle Betriebssituation eine entsprechende, momentane Situationsklasse erzeugt. Diese Situationsklasse lässt sich anhand der in Figur 1 gezeigten Abraumanlage bzw. dort enthaltenen Förderkette veranschaulichen und betrifft somit den gesamten, in Figur 1 gezeigten Geräteverbund.

Hierbei ist anzumerken, dass bei einer hier betroffenen Abraumanlage insbesondere das Erfordernis besteht, dass mehrere der genannten Betriebsgrößen bzw. der entsprechenden Messgrößen gleichzeitig geregelt werden müssen. Daher kann mit den aus der klassischen Automatisierungstechnik bekannten Methoden der linearen Regelungstechnik, z.B. eines PI-Reglers, ein optimaler Betrieb einer solchen Anlage nicht sichergestellt werden.

Bei der Klassifizierung der Betriebssituation werden die Messwerte der genannten Betriebsgrößen, d.h. Positions- und/oder Winkeldaten, analysiert und klassifiziert 203 bzw. zu Klassen zusammengefasst. Anhand des Klassifizierungsergebnisses wird eine potenziell bevorstehende, kollisionskritische Betriebssituation erkannt 205. Die Klassifizierung kann z.B. anhand von an sich bekannten Clustermethoden, z.B. anhand des bekannten „k-mean“-Ansatzes, erfolgen. Eine jeweils so gebildete Klasse beschreibt dann eine spezifische Betriebssituation der Anlage mit einem bestimmten Kollisionsrisiko.

Nach der Klassifikation der Betriebssituation im Hinblick auf mögliche Kollisionen wird diese Betriebssituation in einen konkreten Anlagenzustand übergeführt. Diese Zustandsüberführung ist in der Figur 4 illustriert. Der Anlagenzustand berücksichtigt dabei, neben der aktuellen Betriebssituation, zusätzlich vorangegangene Anlagenzustände. Dadurch lässt sich die

Betriebssituation über einen längeren Zeitraum auswerten. Darüber hinaus erlaubt die Zustandsüberführung eine Synchronisation zwischen verschiedenen Anlagenteilen. Die technische Implementierung der Zustandsüberführung erfolgt in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel in an sich bekannter Weise mittels entsprechender Zustandsmaschinen.

Das in Figur 4 gezeigte Zustandsdiagramm geht aus von einem Ausgangszustand 400 (‚S0') der Anlage. In einem durch einen ersten Zustandsübergang 420 (‚Z1') hervorgerufenen Zwischenzustand 405 (‚S1') ergeben sich in dem vorliegenden Beispiel zwei mögliche Folgezustände 410, 415 (‚S2' und ‚S3'). Anhand der Klassifikation einer vorliegenden Betriebssituation ergibt sich entweder anhand eines zweiten Zustandsübergangs 425 (‚Z2') der erste Folgezustand 410 (‚S2') oder anhand eines dritten Zustandsübergangs 430 (‚Z3') der zweite Folgezustand 415 (‚S3').

Es wird nun angenommen, dass einer der beiden möglichen Folgezustände 410 (‚S2'), 415 (‚S3') eine Kollisionssituation beinhaltet, z.B. der Folgezustand 415 (‚S3'). Eine solche Kollisionssituation kann z.B. ein im weiteren Betrieb der Anlage wahrscheinlich bevorstehender Zusammenstoß zwischen dem in Figur 1 gezeigten Entladeausleger 160 des Schaufelradbaggers 100 und dem Zuladeausleger 110 des Förderbrückenwagens 105 sein.

Nachdem der momentane Betriebszustand der Anlage und ein wahrscheinlicher Folgezustand der Anlage mit einer möglichen Kollision in der beschriebenen Weise bestimmt worden sind, erfolgt zunächst eine Auswahl von für den vorliegenden Anlagenzustand geeigneter Regelungsstrategien zur wirksamen Verhinderung einer solchen Kollision. Diese Auswahl kann z.B. durch die Auswahl von Sollwerten für die jeweiligen Regelungen der einzelnen Geräte, oder gemeinsam für sämtliche Geräte des Geräteverbunds der Abraumanlage, erfolgen.

Die Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der Einrichtung anhand eines kombinierten Block-/Flussdiagramms.

Das gezeigte Verfahren basiert in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel zu Vereinfachungszwecken auf einer Sensorik 200 nur zur Erfassung von relevanten Ortsdaten, z.B. von Ortsdaten der an den in Figur 1 gezeigten Übergabepunkten 165, 170 beteiligten Abbau- bzw. Fördergeräte 100, 105, 120 sowie von in der Umgebung des Schaufelradbaggers 100 sich möglicherweise befindlichen weiteren Hindernissen (z.B. das in Figur 1 gezeigte Hindernis 125).

Die Sensorik 200 umfasst in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wenigstens zwei Transponder und/oder ein „LiDar“-Radarsystem, welche z.B. in den Bereichen der Übergabepunkte 165, 170 der jeweils beteiligten Fördergeräte 100, 105, 120 angeordnet sind (siehe Figur 1). Alternativ können die Positionen bzw. Ausrichtungen der an den Übergabepunkten 165, 170 beteiligten Fördergeräte 100, 105, 120 auch mittels satellitenbasierter GPS-Daten oder optisch ermittelt werden.

Mittels der von der Sensorik 200 gelieferten Sensor- bzw. Ortsdaten 203 des Schaufelradbaggers 100 und des Förderbrückenwagens 105 bezüglich des in Figur 1 gezeigten ersten Übergabepunktes 165 einerseits, sowie bezüglich des zweiten Übergabepunktes 170 Ortsdaten des Förderbrückenwagens 105 einerseits und des Schüttgutwagens 120 andererseits, erfolgt eine prädiktive Planung des Abbauprozesses bzw. der entsprechend erforderlichen Nachführung der gesamten Fördergerätekette mittels eines an sich bekannten, insbesondere echtzeitfähigen Industrie-PCs (IPC) 205. Anhand der Sensordaten 203 werden in Echtzeit zur Kollisionsverhinderung geeignete Betriebsdaten für die beteiligten Fördergeräte 100, 105, 120 generiert.

Dabei erfolgt eine modellbasierte Situationsklassierung bzw. –klassifizierung in der vorbeschriebenen Weise, wobei mögliche Freiheitsgrade bei der Bewegung der beteiligten Fördergeräte 100, 105, 120 berücksichtigt werden.

Auf der Grundlage der so berechneten Klassifizierung werden dann die genannten Betriebsdaten für die beteiligten Fördergeräte 100, 105, 120 erzeugt.

Bei der prädiktiven Planung der Bewegung des gesamten Geräteverbundes werden in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel auch mögliche Zeitabläufe bei der Bewegung des Abraumbaggers bzw. seines Schaufelrades sowie bei der Bewegung des Förderbrückenwagens und den Schüttgutwagens berechnet.

Auf der Grundlage der von dem IPC 205 bereitgestellten Betriebsdaten 207 wird der gesamte Geräteverbund 100, 105, 120 mittels einer speicherprogrammierbaren Steuerung (PLC) 210 so angesteuert, dass mögliche Kollisionen durch geeignete Ausweichmanöver und/oder durch eine Abschaltung einer betroffenen Aktorik eines der beteiligten Geräte 100, 105, 120 wirksam verhindert werden. Die Ansteuerung erfolgt dabei z.B. anhand entsprechender Fahrbefehle bzw. entsprechender Schwenkbewegungen des Schaufelrades 135 des Schaufelradbaggers 100 sowie der beweglichen Förderbrücke 110, 115 des Förderbrückenwagens 105.

Das Verfahren zur Verhinderung von Kollisionen kann alternativ oder zusätzlich auf einer berechneten Modellsimulation eines in der Figur 1 gezeigten (lokalen) Fördergeräteverbunds beruhen. Die genannte Modellrechnung kann zum einen eine modellbasierte Simulation der möglichen Bewegungsabläufe (Kinematik) und damit entsprechende Vorhersage (Prädiktion) der Bewegung des lokalen Fördergeräteverbunds umfassen. Die Vorhersage betrifft dabei insbesondere der bei möglichen Bewegungsabläufen erforderliche Positionen und/oder entsprechende räumliche Ausrichtungen der beteiligten Fördergeräte 100, 105, 120.

Ein Ausführungsbeispiel einer modellbasierten Simulation ist in der Figur 5 schematisch dargestellt. In diesem Beispielszenario geht es um eine mögliche Kollision deines Schaufelradbaggers 500 mit einem im Bereich einer Abbaukante angeordneten bzw. angenommenen Hindernis 530. Der Bagger 500 weist modellgemäß vereinfachend lediglich einen Kettenantrieb 505 sowie ein an einem Ausleger 510 angeordnetes Schaufelrad 515 auf. Das Schaufelrad 515 ist in der gezeigten Pfeilrichtung 520 schwenkbar, um durch den Schwenkbetrieb an der Abraumkante Material abbauen bzw. abtragen zu können.

Gemäß einer vorliegenden Betriebsplanung bzw. eines geplanten Geräteeinsatzes für den Abbaubetrieb der gezeigten Anlage erfolgt der Vorschub des Baggers 500 in der gezeigten Pfeilrichtung 525. In der gezeigten rechten Endposition 522 des Schaufelrads 515 würde es bei einer weiteren Vorschubbewegung des Baggers in der Pfeilrichtung 525 zu einem Zusammenstoß zwischen dem Schaufelrad 515 und dem Hindernis 530 kommen. Zur wirksamen Verhinderung einer Kollision des Schaufelrads 515 mit dem Hindernis 530 ergeben sich vorliegend drei alternative Betriebs- bzw. Vorschubweisen bzw. Umgehungspfade des Baggers 500.

Gemäß einem ersten, möglichen Umgehungspfad 535 führt der Bagger 500 eine nach links ausladende Bewegung aus, wodurch das Schaufelrad 515 in seiner rechten Endposition 522 links an dem Hindernis 530 vorbeigeführt wird und damit nicht mehr mit dem Hindernis 530 kollidieren kann. Vorteilhaft an diesem Umgehungspfad 535 ist, dass keine Ausfallzeit („downtime“) der Anlage bzw. des Betriebs des Baggers 500 erforderlich ist. Er hat allerdings den Nachteil, dass es zu einem erheblichen räumlichen und zeitlichen Eingriff in den geplanten Abbauprozess kommt, wobei zudem die Abbaugeometrie an der in Figur 1 schematisch gezeigten Abbaukante 130 erheblich verändert wird und somit der Abbauprozess entsprechend angepasst werden muss.

Gemäß einem zweiten, möglichen Umgehungspfad 540 führt der Bagger 500 eine nach rechts abzweigende Bewegung aus, wodurch das Schaufelrad 515 insbesondere in seiner linken Endposition 524 rechts an dem Hindernis 530 vorbeigeführt wird und damit nicht mehr mit dem Hindernis 530 kollidieren kann. Es ist hierbei allerdings anzumerken, dass das Vorbeiführen des Baggers 500 vor dem Hindernis 530 im Ergebnis zu einer zumindest zeitweiligen Ausfallzeit („downtime“) der Anlage führt, das der Bagger 500 die Abbaukante 130 im besten Fall verzögert erreicht und erst danach den Abbaubetrieb wieder aufnehmen kann.

Gemäß einer dritten Betriebsweise 545 führt der Bagger 500 rechtzeitig vor Erreichen des Hindernisses 530 einen ‚NOT-Stopp‘, d.h. eine genannte Ausfallzeit („downtime“) der Anlage, durch. Auch dadurch kann eine genannte Kollision mit dem Hindernis 530 wirksam verhindert werden. Gegenüber dieser dritten Alternative sind die ersten beiden Alternativen zu bevorzugen, da diese den weiteren Betrieb des Baggers bzw. der Anlage ermöglichen bzw. gewährleisten. Denn eine genannte Ausfallzeit der gesamten Anlage ist möglichst zu verhindern.

Ein mögliches Kollisionspotenzial kann durch einen Vergleich der von dem Schaufelrad während der Auslenkbewegung überschrittenen Fläche $A_{Planung}$, bzw. der entsprechenden Einhüllenden, mit der vom dem Hindernis 530 überdeckten Fläche $A_{Hindernis}$ ermittelt werden. Eine Kollision wird dabei prädiziert, wenn die Bedingung $A_{Hindernis}$ € $A_{Planung}$ erfüllt ist. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, wird keine Kollision prädiziert.

Zusätzlich kann an dem Abraumbagger 100 eine fotografisch oder ebenfalls sensorisch ermittelte Umfeld- bzw. Umgebungserkennung zur räumlichen Überwachung der Abraumkante und insbesondere möglicher Hindernisse, z.B. im Wege stehende geologische Objekte oder die geologische Beschaffenheit an der Abbaufront, z.B. Findlinge, relativ große, nicht abbaubare und/oder mittels der vorliegenden Fördertechnik förderbare bzw. verarbeitbare Gesteinsvorkommen, oder im Abbau- bzw. Förderbereich befindliche Personen, vorgesehen sein, um eine kollisionsverhindernde Planung des gesamten Abbau- bzw. Abraumprozesses im Voraus durchführen zu können.

Die Umfeld- bzw. Umgebungserfassung erfolgt durch ein (Ab-)Scannen der Umgebung mittels an sich bekannter Sensorik, insbesondere mittels auf unterschiedlichen physikalischen Messprinzipien beruhenden Sensoren. Dabei kann alternativ oder zusätzlich eine lokale Kartierung, z.B. mittels optischer Triangulation, erfolgen. Auf den Ergebnissen dieser Umgebungserfassung basierend wird eine statische Abbauplanung (sog. „Minenplan“) erstellt, welche systematisch und prozessimmanent keine Kollisionen (mehr) aufweist. Aufgrund der Dy-

namik einer solchen Planung aufgrund von kontinuierlichen Veränderungen von Randbedingungen im Betrieb der Anlage ist es erforderlich, das Kollisionspotential fortwährend zu überwachen und ggf. weitere kollisionsverhindernde Maßnahmen durchzuführen.

In der Figur 3 ist die anhand der Figur 2 beschriebene, prädiktive Berechnungsmethode anhand einer mögliche Kollisionen betreffenden Situationsklassierung in größerem Detail dargestellt.

Dabei wird die in der Figur 1 gezeigte, aus einem Abraumbagger, einem Förderbrückenwagen und einem Schüttgutwagen bestehende Fördergerätekette bzw. Förderanlage vereinfacht dargestellt. Dabei wird das Vorhandensein einer gemäß der Fig. 2 beschriebenen Sensorik angenommen, welche in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sieben GPS-Positionssensoren aufweist. So sind an dem Schaufelradbagger 100 selbst ein erster Sensor 300 sowie an dem Ende des an dem Schaufelradbaggers 100 vorgesehenen Förderbandes 160 ein zweiter Sensor 305 sowie im Bereich des Schaufelrades 135 ein dritter Sensor 310 angeordnet. Weiter sind an dem Förderbrückenwagen 105 selbst ein vierter Sensor 315, am Ende des Zuladeauslegers 110 ein fünfter Sensor 320 sowie am Ende des Entladeauslegers 115 ein sechster Sensor 325 angeordnet. Zusätzlich ist an dem Schüttgutwagen 120 selbst ein siebter Sensor 330 angeordnet.

Es ist anzumerken, dass aus den von der Sensorik 300 - 330 gelieferten Ortsdaten mittels üblicher Trigonometrie auch aktuelle Winkeldaten berechnet werden können. Die Winkeldaten umfassen insbesondere einen ersten Winkel 335 zwischen der Vorschubrichtung 145 des Schaufelradbaggers und der Ausrichtung des Förderbandes 160, einen zweiten Winkel 340 zwischen der Vorschubrichtung 145 und dem Schaufelradausleger 150, sowie einen dritten Winkel 345 zwischen der Vorschubrichtung 350 des Förderbrückenwagens 105 und der Ausrichtung seines Zuladeauslegers 110 bzw. Entladeauslegers 115.

Bei dem in Figur 3 gezeigten Abbauszenario ist auch das in Figur 1 bereits gezeigte Hindernis 125 eingezeichnet, welches eine Baumgruppe, eine oder mehrere Personen, ein unzulässig abgestelltes Fahrzeug, oder dergleichen sein kann.

Es ist zudem anzumerken, dass die genannte Sensorik, anstatt mit einzelnen GPS-Sensoren 300 - 330, auch mittels eines Kamerasystems, eines Radarsystems oder mittels eines licht- bzw. laserbasierten Systems (z.B. „LiDar“) sowie entsprechender Auswertung von dabei erfassten Bilddaten realisiert werden kann.

Bei dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel ist ferner anzumerken, dass bei Geräteanordnungen mit zwei oder mehreren Förderbrückenwagen entsprechend weitere Übergabepunkte zu berücksichtigen sind, z.B. im Falle von zwei Förderbrückenwagen drei Übergabepunkte mit einem zusätzlichen (hier nicht gezeigten) Übergabepunkt.

Aufgrund der fixen Anordnung des Zuladeauslegers 110 gegenüber dem Entladeausleger 115 des Förderbrückenwagens 105 sind bei der prädiktiven Ermittlung bzw. Planung der Bewegung der gesamten Förderkette 100, 105, 120 jeweils korrekte Übergabepunkte 165, 170 zu berücksichtigen. Dadurch ist gewährleistet, dass die Endbereiche der beteiligten Fördergeräte 100, 105, 120 an den jeweiligen Übergabepunkten 165, 170 zu jedem Zeitpunkt des Abbauprozesses in vertikaler Richtung so angeordnet sind, z.B. möglichst übereinander, damit unterwegs kein Schüttgut verloren geht.

Die Prädiktion bzw. Planung des Abbauprozesses erfolgt dabei durch geeignete Anpassung der Vorschubgeschwindigkeit in der Bewegungsrichtung 145 des Abraumbaggers 100 in Richtung der Abraumkante 130. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der Einrichtung wird die Prozessplanung so durchgeführt, dass Kollisionen einer hier betroffenen Abbau- bzw. Fördergerätekette wirksam verhindert werden.

Als weitere bei der Prozessplanung zu berücksichtigende Einflussgröße wird vorliegend die Vorschubgeschwindigkeit in der Richtung 350 und der Ausrichtung des Förderbrückenwagens 105 in Bezug auf den Entladeausleger 160 des Abraumbaggers 100 sowie die Position des Schüttgutwagens 120 herangezogen.

Dadurch ergeben sich bei der Planung bzw. Prädiktion des in Figur 3 veranschaulichten Abbauprozesses insgesamt die folgenden Variablen bzw. für die Kollisionsverhinderung relevanten Betriebsdaten:

- Die Position des Abraumbaggers 100,
- der Drehwinkel des Entladeauslegers 160 des Abraumbaggers 100,
- die Position des Förderbrückenwagens 105,
- der Drehwinkel der Förderbrücke 110, 115 des Förderbrückenwagens 105,
- die Position des Schüttgutwagens 120, sowie ggf. zusätzlich
- die Position eines ggf. sensorisch erfassten Hindernisses 125.

Anhand der so gewonnenen Betriebsdaten erfolgt eine Klassierung einer aktuell vorliegenden Betriebssituation einer hier betroffenen Abbau- bzw. Fördergerätekette mittels entweder

eines automatisierten Klassifizierungsverfahrens oder eines automatisierten Klassierungsverfahrens.

Das Klassifizierungsverfahren kann bekanntermaßen analytisch, numerisch, mittels eines Entscheidungsbaums, oder durch Mustererkennung z.B. mittels eines neuronalen Netzes ausgeführt werden. Mittels des Klassifikationsverfahrens erfolgt dann im vorliegenden Fall in an sich bekannter Weise eine Einteilung (Klassierung) von Betriebssituationen in Klassen mittels eines sog. „Klassifikators“ bzw. eines entsprechenden Algorithmus‘.

Im Gegensatz dazu werden bei einem Klassierungsverfahren Betriebssituationen in bereits existierende Klassen eingeordnet.

Bei dem Klassierungsverfahren werden genannte, aktuelle Positions- und/oder Winkeldaten der beteiligten Fördergeräte 100, 105, 120 erfasst die so erfassten Positions- und/oder Winkeldaten in der vorbeschriebenen Weise in eine im Vorfeld empirisch ermittelte Situationsklasse klassifiziert. Anhand des Klassifizierungsergebnisses wird dann auf eine bevorstehende, kollisionskritische Betriebssituation geschlossen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum kollisionsverhindernden Betrieb einer insbesondere im Tagebau einsetzbaren Abbau-/Förderanlage, welche wenigstens ein mobiles und bewegliches Abbaugerät (100) zum Erzeugen von Schüttgut und wenigstens ein erstes Fördergerät (105) zum Abtransportieren des abgebauten Schüttgutes umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass aktuelle Positions- und/oder Winkeldaten (203) für das wenigstens eine Abbaugerät (100) und das wenigstens eine erste Fördergerät (105) erfasst werden und dass anhand der so erfassten Positions- bzw. Winkeldaten (203) eine möglicherweise bevorstehende, kollisionskritische Betriebssituation erkannt wird (205).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass anhand der erfassten Positions- und/oder Winkeldaten (203) eine Klassifizierung in eine Situationsklasse durchgeführt wird (205) und dass anhand des Klassifizierungsergebnisses eine möglicherweise bevorstehende, kollisionskritische Betriebssituation erkannt wird (205).

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass aktuell erfasste Positions- und/oder Winkeldaten (203) mittels der klassifizierten Situationsklassen klassiert werden und anhand des Klassierungsergebnisses auf eine bevorstehende, kollisionskritische Betriebssituation geschlossen wird (205).

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Betriebsdaten (207) erzeugt werden, mittels derer dass wenigstens eine Abbaugerät (100) und das wenigstens eine erste Fördergerät (105) kollisionsverhindernd angesteuert werden (210).

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerung (210) deterministisch oder mittels einer Regelung erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Ansteuerung (210) geeignete Ausweichmanöver und/oder eine Abschaltung wenigstens einer Aktorik eines der beteiligten Abbau-/Fördergeräte (100, 105) durchgeführt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass kollisionsverhindernde Fahrbefehle und/oder Schwenk- und Hubbewegungen des wenigstens einen Abbaugerätes (100) sowie des wenigstens einen ersten Fördergerätes (105) durchgeführt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Klassifizierung oder Klassierung wenigstens folgende Betriebsdaten berücksichtigt werden:

   - Die Position des wenigstens einen Abbaugerätes (100),
   - der Drehwinkel eines Entladeauslegers (160) des Abbaugerätes (100),
   - die Position des wenigstens einen ersten Fördergerätes (105),
   - der Drehwinkel (110, 115) des wenigstens einen ersten Fördergerätes (105).

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kollisionsverhinderung zusätzlich die Position wenigstens eines zweiten Fördergerätes (120) und/oder die Position eines Hindernisses (125) berücksichtigt werden.

10. Computerprogramm, welches eingerichtet ist, jeden Schritt eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 durchzuführen.

11. Maschinenlesbarer Datenträger, auf welchem ein Computerprogramm gemäß Anspruch 10 gespeichert ist.

12. Einrichtung, welche eingerichtet ist, eine insbesondere im Tagebau einsetzbare Abbau-/Förderanlage, welche wenigstens ein Abbaugerät (100) zum Erzeugen von Schüttgut und wenigstens ein erstes Fördergerät (105) zum Abtransportieren des abgebauten Schüttgutes umfasst, mittels eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zu steuern.

13. Einrichtung nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch eine Sensorik (200) zur Erzeugung von Sensordaten (203), eine Datenverarbeitungseinheit (205) zur Durchführung einer Klassifizierung bzw. Klassierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 7 bis 8 und zur Erzeugung von Betriebsdaten (207), mittels derer dass wenigstens eine Abbaugerät (100) und das wenigstens eine erste Fördergerät (105) mittels einer Steuereinheit (210) kollisionsverhindernd angesteuert werden.

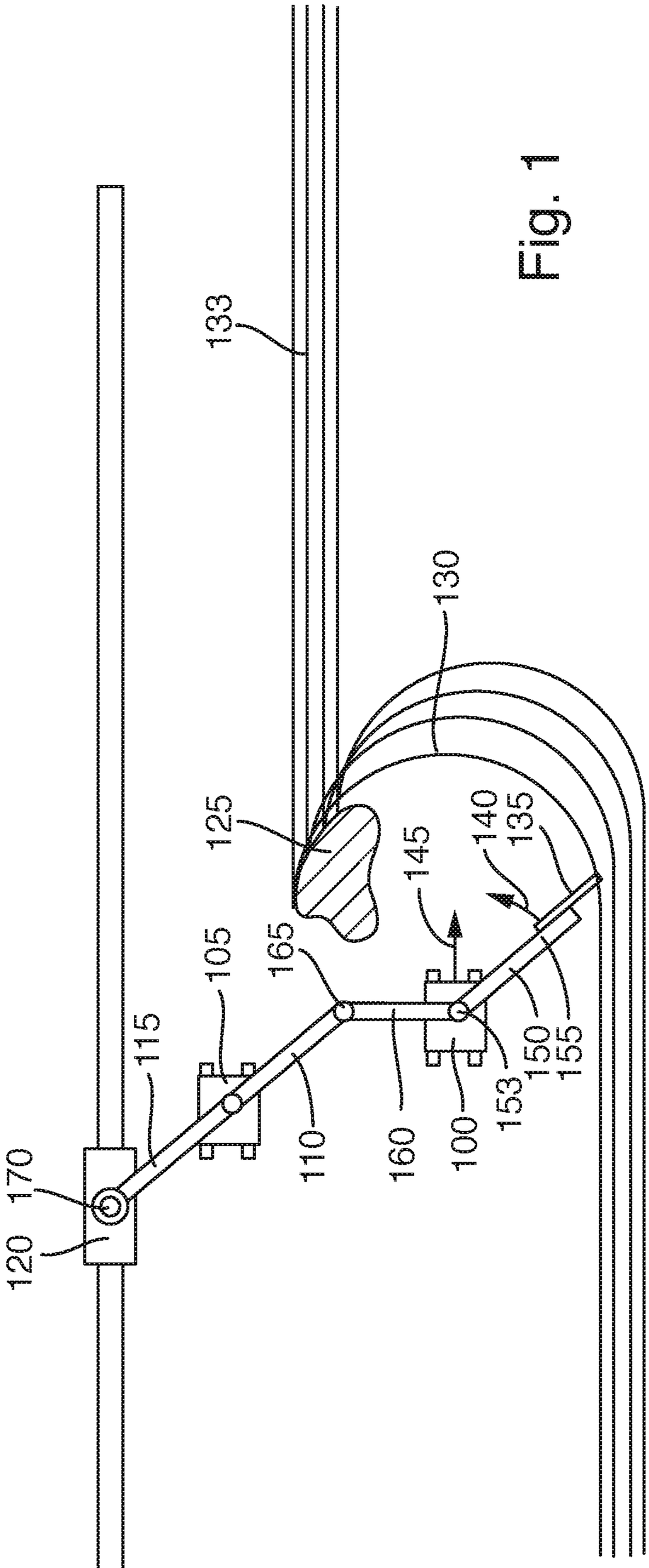

133
130
125
145
140
135
105
165
115
150
155
153
110
160
100
170
120

Fig. 1

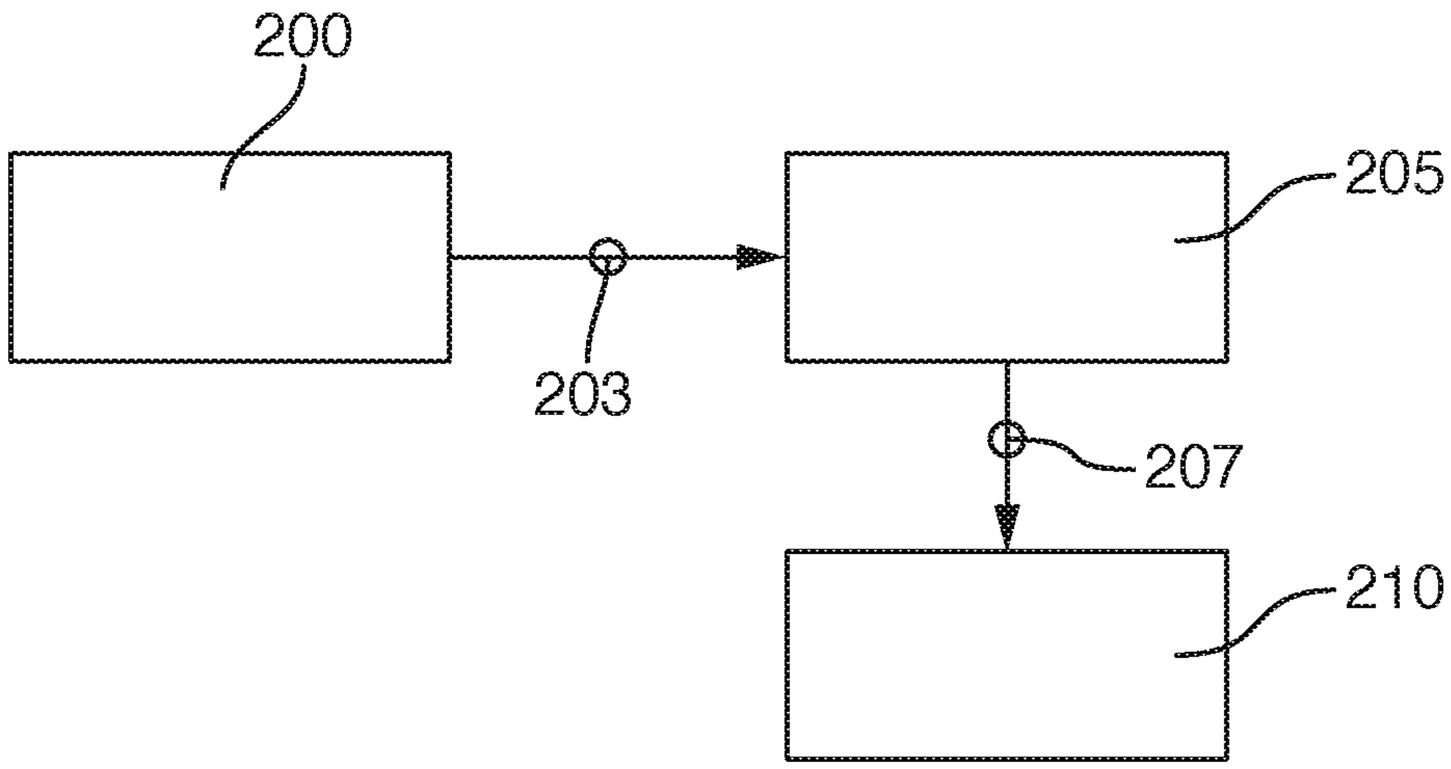

200
205
203
207
210

Fig. 2

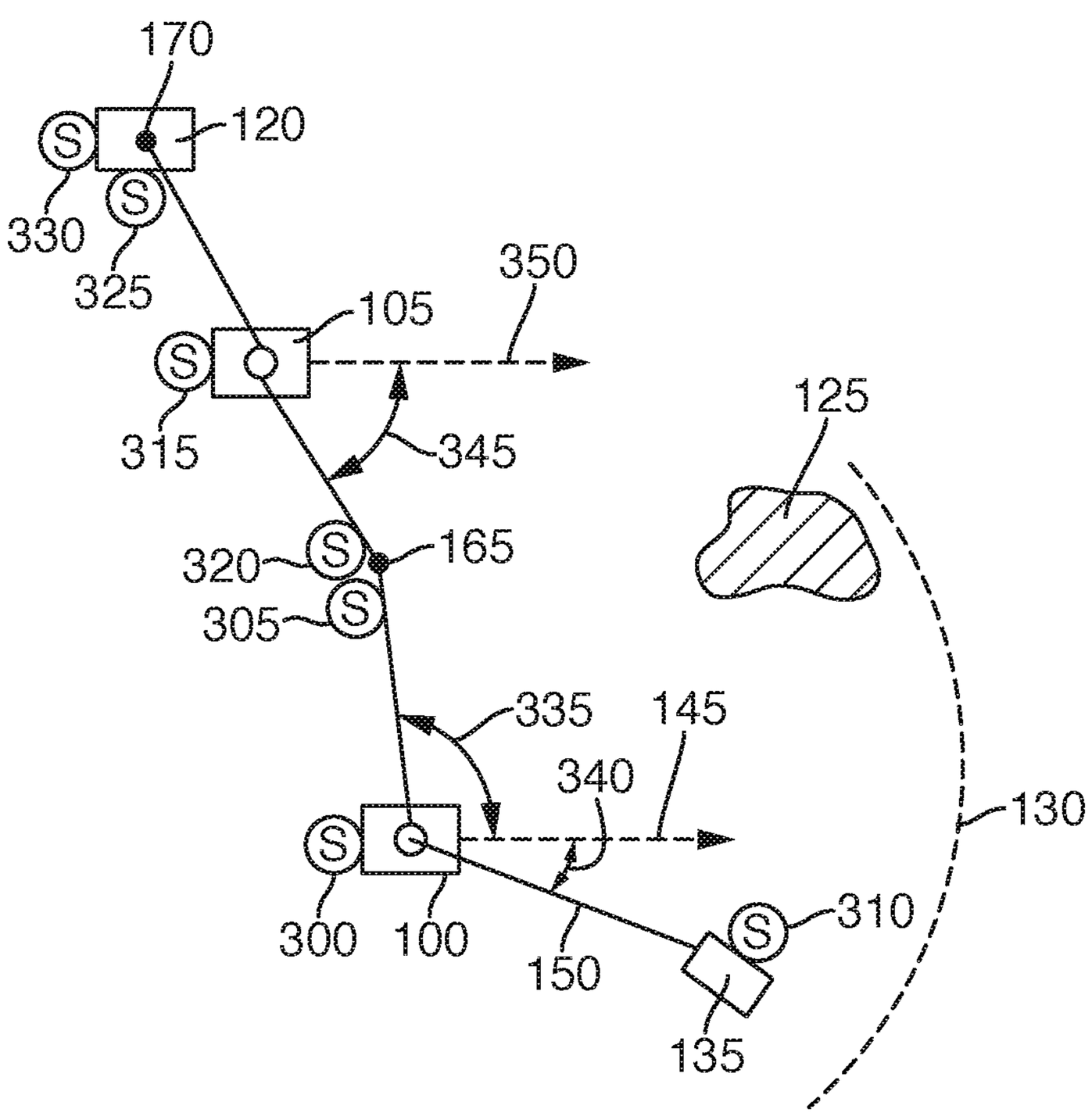

170
120
330
325
350
105
315
345
125
320
165
305
335
145
340
130
300
100
150
310
135

Fig. 3

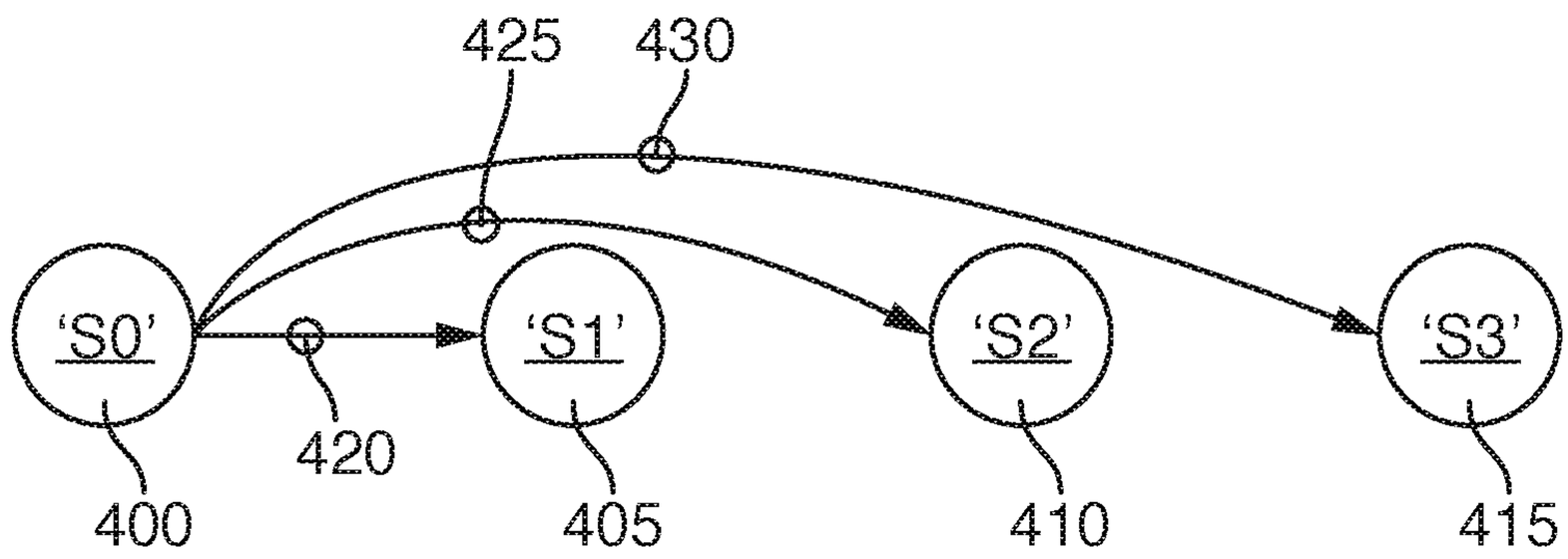

425
430
'S0'
'S1'
'S2'
'S3'
420
400
405
410
415

Fig. 4

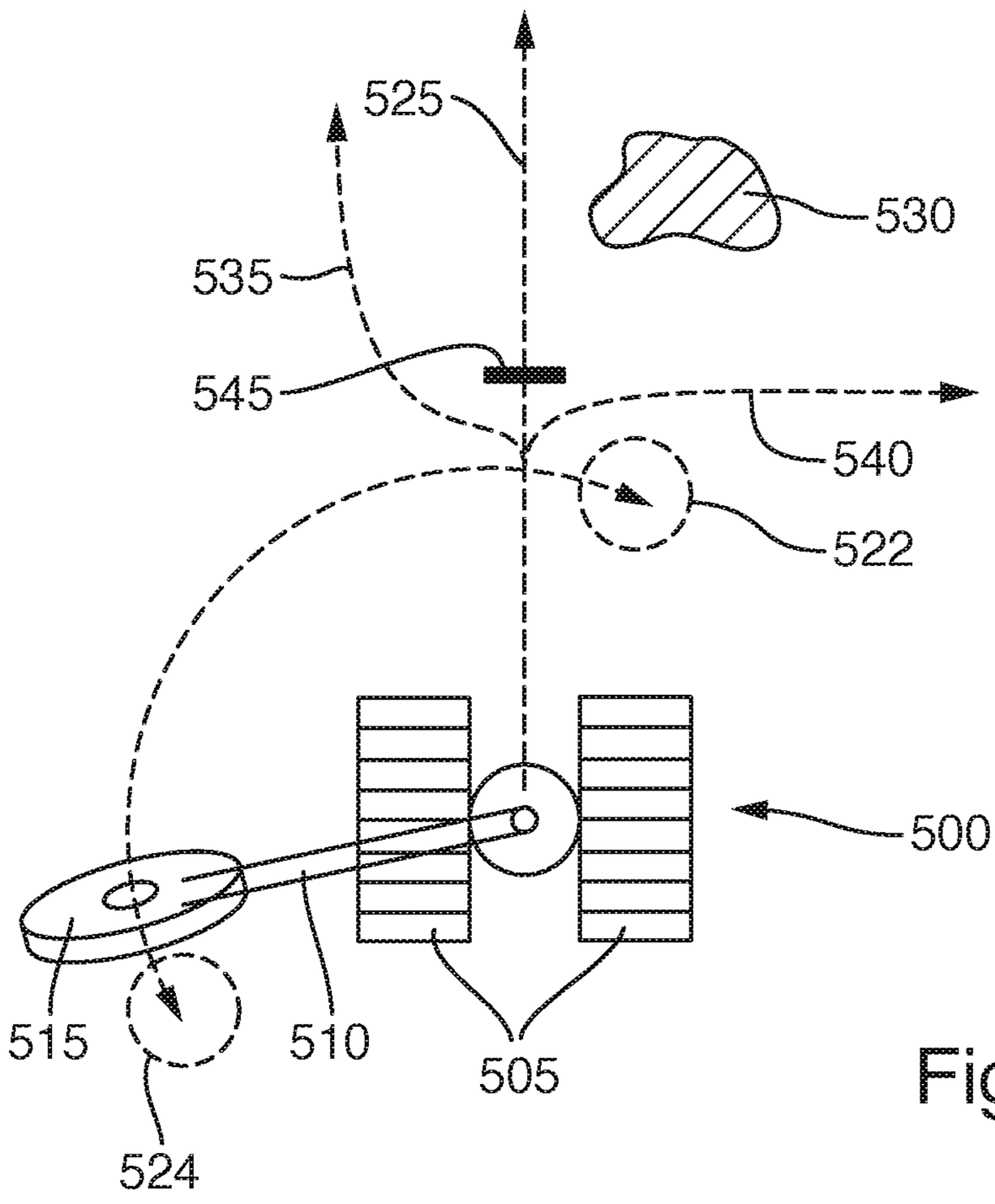

525
530
535
545
540
522
500
515
510
505
524

Fig. 5

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

RECHERCHENBERICHT INTERNATIONALER ART NACH ARTIKEL XI.23., §10 DES BELGISCHEN WIRTSCHAFTSGESETZBUCHES

KENNZEICHNUNG DER NATIONALEN ANMELDUNG	AKTENZEICHEN DES ANMELDERS ODER ANWALTS **180462P00BE**
Nationales Aktenzeichen **201905212**	Anmeldedatum **03-04-2019**
Anmeldeland	Beanspruchtes Prioritätsdatum
Anmelder (Name) **THYSSENKRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS AG, et al**	
Datum des Antrags auf eine Recherche Internationaler Art **18-05-2019**	Nummer, die die internationale Recherchenbehörde dem Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat **SN73716**

I. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (treffen mehrere Klassifikationssymbole zu, so sind alle anzugeben)

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC

Siehe Recherchenbericht

II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff

Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
IPC	**Siehe Recherchenbericht**

Recherchierte, nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen

III. ☐ **EINIGE ANSPRÜCHE HABEN SICH ALS NICHT RECHERCHIERBAR ERWIESEN**

(Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)

IV. ☐ **MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG** (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

BE 201905212

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. E02F7/02 B60W30/095 B65G41/00 B65G65/28 E02F9/24
E02F9/26 E21C47/04 F16P7/02 G06K9/00 E02F3/18

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

E02F F16P B65G G06K B60W E21C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	US 2017/191246 A1 (FRIEND PAUL RUSSELL [US] ET AL) 6. Juli 2017 (2017-07-06) * Absätze [0015] - [0037], [0046] - [0057]; Ansprüche 8,9,14,15; Abbildungen 1-3 * -----	1,4-7, 10-13 2,3,8,9
Y	US 2012/263566 A1 (TAYLOR WESLEY P [US] ET AL) 18. Oktober 2012 (2012-10-18) * Absätze [0126], [0127] - Absätze [0126], [0127]; Abbildungen 27A,27B * -----	9
Y	US 2010/036645 A1 (MCAREE ROSS [AU]) 11. Februar 2010 (2010-02-11) * Absätze [0002], [0008], [0068] - [0124], [0149] - [0152]; Ansprüche; Abbildungen * -----	2,3,8

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll, oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des tatsächlichen Abschlusses der Recherche internationaler Art	Absendedatum des Berichts über die Recherche internationaler Art
11. Dezember 2019	

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Kühn, Thomas

1

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche
BE 201905212

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2017191246 A1	06-07-2017	KEINE	
US 2012263566 A1	18-10-2012	AU 2012202213 A1	01-11-2012
		CA 2774658 A1	14-10-2012
		CL 2012000933 A1	25-07-2014
		CN 102817390 A	12-12-2012
		CN 106906866 A	30-06-2017
		CN 202644604 U	02-01-2013
		US 2012263566 A1	18-10-2012
		US 2014365082 A1	11-12-2014
		US 2016194850 A1	07-07-2016
		US 2017114527 A1	27-04-2017
		US 2019153702 A1	23-05-2019
US 2010036645 A1	11-02-2010	AU 2007281045 A1	07-02-2008
		CA 2659545 A1	07-02-2008
		CN 101500840 A	05-08-2009
		US 2010036645 A1	11-02-2010
		WO 2008014571 A1	07-02-2008
		ZA 200900138 B	26-06-2013

SCHRIFTLICHER BESCHEID

Dossier Nr.	Anmeldedatum *(Tag/Monat/Jahr)*	Prioritätsdatum *(Tag/Monat/Jahr)*	Anmeldung Nr.
SN73716	03.04.2019		BE201905212

Internationale Patentklassifikation (IPK)

INV. E02F7/02 B60W30/095 B65G41/00 B65G65/28 E02F9/24 E02F9/26 E21C47/04 F16P7/02 G06K9/00 E02F3/18

Anmelder

THYSSENKRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS AG, et al

Dieser Bescheid enthält Angaben und entsprechende Seiten zu folgenden Punkten:

- ☒ Feld Nr. I Grundlage des Bescheids
- ☐ Feld Nr. II Priorität
- ☐ Feld Nr. III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- ☐ Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- ☒ Feld Nr. V Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- ☐ Feld Nr. VI Bestimmte angeführte Unterlagen
- ☒ Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der Anmeldung
- ☐ Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung

Prüfer

Kühn, Thomas

Anmeldung Nr.

SCHRIFTLICHER BESCHEID

BE201905212

Feld Nr. I Grundlage des Bescheids

1. Dieser Bescheid wurde auf der Grundlage des vor dem Beginn der Recherche eingereichten Satzes von Ansprüchen erstellt.

2. Hinsichtlich der **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz**, die in der Anmeldung offenbart wurde, ist der Bescheid auf folgender Grundlage erstellt worden:

a. Art des Materials:

☐ Sequenzprotokoll

☐ Tabelle(n) zum Sequenzprotokoll

b. Form des Materials:

☐ in Papierform

☐ in elektronischer Form

c. Zeitpunkt der Einreichung:

☐ in der eingereichten Anmeldung enthalten

☐ zusammen mit der Anmeldung in elektronischer Form eingereicht

☐ nachträglich eingereicht

3. ☐ Wurden mehr als eine Version oder Kopie eines Sequenzprotokolls und/oder einer dazugehörigen Tabelle eingereicht, so sind zusätzlich die erforderlichen Erklärungen, dass die Information in den nachgereichten oder zusätzlichen Kopien mit der Information in der Anmeldung in der eingereichten Fassung übereinstimmt bzw. nicht über sie hinausgeht, vorgelegt worden.

4. Zusätzliche Bemerkungen:

Anmeldung Nr.

SCHRIFTLICHER BESCHEID

BE201905212

Feld Nr. V Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit	Ja:	Ansprüche	2, 3, 8, 9
	Nein:	Ansprüche	1, 4-7, 10-13
Erfinderische Tätigkeit	Ja:	Ansprüche	
	Nein:	Ansprüche	1-13
Gewerbliche Anwendbarkeit	Ja:	Ansprüche:	1-13
	Nein:	Ansprüche:	

2. Unterlagen und Erklärungen:

siehe Beiblatt

Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der Anmeldung

Es wurde festgestellt, dass die Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:

siehe Beiblatt

Zu Punkt V

Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1 **Relevanter Stand der Technik**

Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1 US 2017/191246 A1 (FRIEND PAUL RUSSELL [US] ET AL) 6. Juli 2017 (2017-07-06)

D2 US 2012/263566 A1 (TAYLOR WESLEY P [US] ET AL) 18. Oktober 2012 (2012-10-18)

D3 US 2010/036645 A1 (MCAREE ROSS [AU]) 11. Februar 2010 (2010-02-11)

2 **Unabhängiger Anspruch 1**

Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand des Anspruchs 1 nicht neu ist.

D1 offenbart (vgl. insbesondere Figuren 1-3, Absätze [0015] - [0032], [0046] - [0057] und Ansprüche 8,9,14,15) ein Verfahren zum kollisionsverhindernden Betrieb einer Abbau-/Förderanlage, welche wenigstens
- ein mobiles und bewegliches Abbaugerät 12 zum Erzeugen von Schüttgut und
- wenigstens ein erstes Fördergerät 14 zum Abtransportieren des abgebauten Schüttgutes umfasst,
- wobei aktuelle Positions- und/oder Winkeldaten für das wenigstens eine Abbaugerät 12 und das wenigstens eine erste Fördergerät 12 erfasst werden (vgl. Figur 3 und Absätze [0030] - [0032]) und
- anhand der so erfassten Positions- bzw. Winkeldaten eine möglicherweise bevorstehende, kollisionskritische Betriebssituation erkannt wird (vgl. Absatz [0046]).

3 **Unabhängige Ansprüche 10 und 11**

Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand der Ansprüche 10 und 11 nicht neu ist.

3.1 Bei der D1 wird das Verfahren gemäß Anspruch 1 mittels eines Steuergeräts 70 ausgeführt (vgl. Absatz [0046]). Somit offenbart D1 implizit auch ein Computerprogramm gemäß Anspruch 10, welches eingerichtet ist jeden Schritt eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 durchzuführen.

3.2 Entsprechendes gilt auch für den Gegenstand des Anspruchs 11, welcher einen maschinenlesbaren Datenträger definiert, auf welchem ein Computerprogramm gemäß Anspruch 10 gespeichert ist.

4 **Unabhängiger Anspruch 12**

Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand des Anspruchs 12 nicht neu ist.

D1 offenbart eine Einrichtung, welche eingerichtet ist, eine Abbau-/ Förderanlage, welche
- wenigstens ein Abbaugerät 12 zum Erzeugen von Schüttgut und
- wenigstens ein erstes Fördergerät 14 zum Abtransportieren des abgebauten Schüttgutes umfasst,
- mittels eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 zu steuern (vgl. obiger Punkt 2.).

5 **Abhängige Ansprüche**

Die abhängigen Ansprüche 2-9, 13 enthalten keine Merkmale, die in Kombination mit den Merkmalen eines Anspruchs, auf den sie rückbezogen sind, die Erfordernisse in Bezug auf Neuheit bzw. erfinderische Tätigkeit erfüllen.

Die Merkmale der Ansprüche 4-7 und 13 sind aus der D1 bekannt.
Die Merkmale der Ansprüche 2,3 und 8 zur Erkennung einer kollisionskritischen Betriebssituation sowie des Anspruchs 9 zur erweiterten Positions- und Umfelderfassung stellen fachübliche Maßnahmen dar. Es wird auf die entsprechenden Stellen des Recherchenberichts verwiesen.

6 **Gewerbliche Anwendbarkeit**

Sowohl das Verfahren gemäß den Ansprüchen 1-9, das Computerprogramm gemäß Anspruch 10, der Datenträger gemäß Anspruch 11, sowie die Einrichtung gemäß den Ansprüchen 12 und 13, können gewerblich hergestellt und benutzt werden.

<u>Zu Punkt VII</u>

1 **Bestimmte Mängel in der Anmeldung**

In der Beschreibung werden weder der in D1-D3 offenbarte einschlägige Stand der Technik noch diese Dokumente selbst angegeben.