(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
30. Juli 2020 (30.07.2020)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/151945 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
E21C 47/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/050260

(22) Internationales Anmeldedatum:
08. Januar 2020 (08.01.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 200 773.2
23. Januar 2019 (23.01.2019) DE

(71) Anmelder: **THYSSENKRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE). **THYSSENKRUPP AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(72) Erfinder: **LANGE, Uwe**; Holtstegstrasse 110, 46147 Oberhausen (DE).

(74) Anwalt: **THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH**; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,

(54) **Title:** OPEN-CAST MINE ARRANGEMENT AND METHOD FOR OPERATING AN OPEN-CAST MINE ARRANGEMENT

(54) **Bezeichnung:** TAGEBAU-ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER TAGEBAU-ANORDNUNG

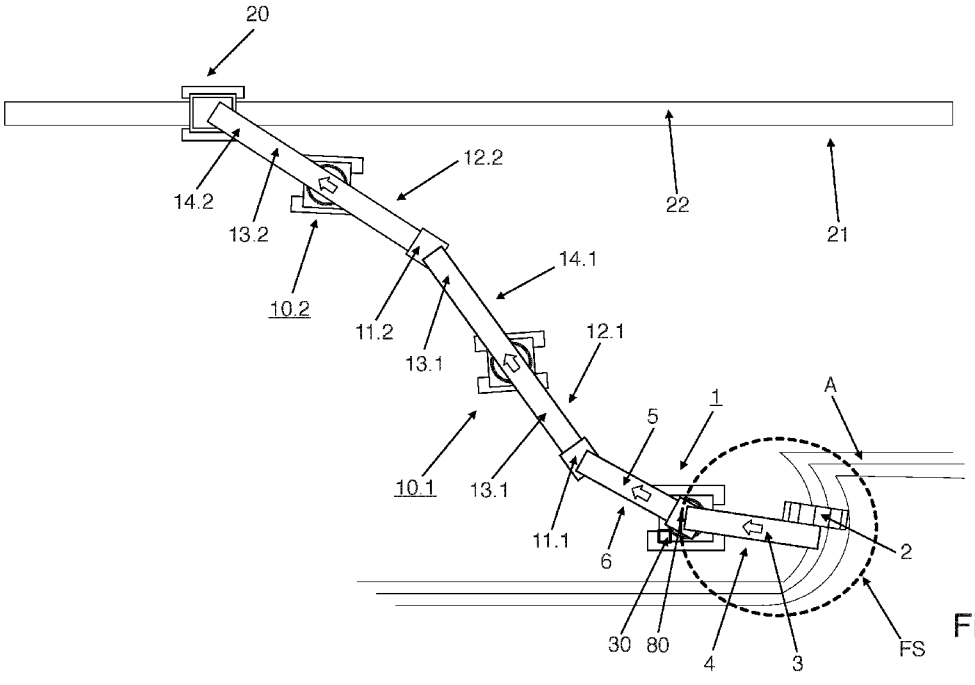


Fig. 2

(57) **Abstract:** The present invention relates to an open-cast mine arrangement with a leading open-cast mining system (2, 3, 4) and a following open-cast mining system (5 to 20). The leading open-cast mining system (2, 3, 4) can move in any direction across the ground. Relative to the leading open-cast mining system (2, 3, 4), the following open-cast mining system (5 to 20) can move in at least one direction across the ground and is intended to follow the movements of the leading open-cast mining system (2, 3, 4). A data processing controller (30) processes values measured by a sensor which measures the position of the following open-cast mining system (5 to 20) relative to the leading open-cast mining system (2, 3, 4) and controls a manipulated variable of the following open-cast mining system (5 to 20). The controlled following open-cast mining system follows the leading open-cast mining system (2, 3, 4) in such a manner

WO 2020/151945 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

that a continuous flow of mined material is achieved.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Tagebau-Anordnung mit einem führenden Tagebau-System (2, 3, 4) und einem folgenden Tagebau-System (5 bis 20). Das führende Tagebau-System (2, 3, 4) lässt sich in jede Richtung über die Erdoberfläche bewegen. Relativ zum führenden Tagebau-System (2, 3, 4) lässt sich das folgende Tagebau-System (5 bis 20) in mindestens eine Richtung über die Erdoberfläche bewegen und soll den Bewegungen des führenden Tagebau-Systems (2, 3, 4) folgen. Ein datenverarbeitender Regler (30) verarbeitet Messwerte von einem Sensor, der die Position des folgenden Tagebau-Systems (5 bis 20) relativ zum führenden Tagebau-System (2, 3, 4) misst, und steuert eine Stellgröße des folgenden Tagebau-Systems (5 bis 20) an. Das angesteuerte folgende Tagebau-System folgt dem führenden Tagebau-System (2, 3, 4) derart, dass ein kontinuierlicher Materialfluss von Abbaugut erzielt wird.

Tagebau-Anordnung und Verfahren zum Betreiben einer Tagebau-Anordnung

TECHNISCHES GEBIET

Die Erfindung betrifft eine Tagebau-Anordnung mit einem führenden und einem folgenden Tagebau-System sowie ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Tagebau-Anordnung.

HINTERGRUND

Eine Tagebau-Anordnung sowie ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Tagebau-Anordnung sind aus EP 2707547 B1 bekannt. Weitere Anordnungen werden in EP 2 707 547 B1, EP 2 540 589 A2 und DE 10 2011 106 342 A1 beschrieben.

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Tagebau-Anordnung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs des nebengeordneten Verfahrensanspruchs bereitzustellen, welche die Gefahr von Fehlern während des Betriebs der Tagebau-Anordnung reduzieren.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Tagebau-Anordnung mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen und ein Verfahren mit den im nebengeordneten Verfahrensanspruch angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie den Zeichnungen.

Die erfindungsgemäße Tagebau-Anordnung umfasst

- ein führendes Tagebau-System,
- ein folgendes Tagebau-System,
- mindestens einen ersten Sensor und
- einen datenverarbeitenden Regler.

Das führende Tagebau-System vermag schüttfähiges Abbaugut abzubauen, aufzunehmen und / oder abzuwerfen. Das folgende Tagebau-System vermag schüttfähiges Abbaugut vom und / oder zum führenden Tagebau-System zu fördern.

Das führende Tagebau-System lässt sich in jede Richtung über die Erdoberfläche bewegen. Relativ zum führenden Tagebau-System lässt sich das folgende Tagebau-System in mindestens eine Richtung über die Erdoberfläche bewegen.

Mindestens ein Bestandteil des folgenden Tagebau-Systems lässt sich durch eine erste und optional durch mindestens eine weitere Stellgröße bewegen. Der erste Sensor und optional mindestens ein weiterer Sensor vermögen jeweils mindestens eine Größe zu messen, die mit einer Position, einem Abstand, einer Orientierung und / oder einer Bewegung des folgenden Tagebau-Systems relativ zum führenden Tagebau-System korreliert. Der Regler vermag die erste und optional mindestens eine weitere Stellgröße anzusteuern. Für diese Ansteuerung verwendet der Regler mindestens einen Messwert von dem ersten und optional einem weiteren Sensor. Der Regler steuert die erste und optional zusätzlich die weitere Stellgröße automatisch mit dem Ziel an, dass das folgende Tagebau-System einer Bewegung des führenden Tagebau-Systems folgt. Das Regelungs-Ziel bei der Steuerung ist, dass das folgende Tagebau-System dergestalt dem führenden Tagebau-System folgt, dass ein kontinuierlicher Materialfluss von Abbaugut von dem führenden zu dem folgenden und / oder von dem folgenden zu dem führenden Tagebau-System erzielt wird.

Das führende Tagebau-System wird in der Regel von einer Person gesteuert. Insbesondere steuert die Person das führende Tagebau-System so an, dass ein Aufnahmegerät des führenden Tagebau-Systems einer Abbruchkante folgt und von dieser Abbruchkante Abbaugut aufnimmt oder Abbaugut absetzt. Das folgende Tagebau-System soll dem führenden Tagebau-System so folgen, dass ein kontinuierlicher Materialfluss von Abbaugut erzielt wird und nur wenig Abbaugut beim Fördern verloren geht. Dank der Erfindung folgt jeder Bestandteil des folgenden Tagebau-Systems, dessen Position oder Orientierung auf diesen Materialfluss einen

Einfluss hat, den Bewegungen des führenden Tagebau-Systems. Der gewünschte kontinuierliche Materialfluss lässt sich gewährleisten.

Dank der Erfindung ist es nicht erforderlich, dass das folgende Tagebau-System mechanisch mit dem führenden Tagebau-System dergestalt gekoppelt ist, dass die Kopplung bewirkt, dass das folgende Tagebau-System dem führenden Tagebau-System folgt. Eine solche mechanische Kopplung ist oft gar nicht möglich oder ist unerwünscht.

In einer Ausgestaltung umfasst die Tagebau-Anordnung zusätzlich zum ersten Sensor mindestens einen zweiten Sensor. Das folgende Tagebau-System umfasst einen Überbrückungs-Bestandteil und einen geführten Tagebau-Bestandteil. Die Tagebau-Anordnung vermag schüttfähiges Abbaugut vom führenden Tagebau-System zum geführten Tagebau-Bestandteil und / oder vom geführten Tagebau-Bestandteil zum führenden Tagebau-System zu fördern. Dieses Fördern lässt sich mit Hilfe des Überbrückungs-Bestandteils durchführen welcher den Abstand zwischen dem führenden Tagebau-System und dem geführten Tagebau-Bestandteil überbrückt. Bevorzugt sind das führende Tagebau-System, der Überbrückungs-Bestandteil und der geführte Tagebau-Bestandteil nicht mechanisch miteinander gekoppelt.

Relativ zum führenden Tagebau-System lässt sich der Überbrückungs-Bestandteil in mindestens eine Richtung über die Erdoberfläche bewegen. Die erste Stellgröße vermag den Überbrückungs-Bestandteil zu bewegen. Relativ zum Überbrückungs-Bestandteil lässt sich der folgende Tagebau-Bestandteil in mindestens eine Richtung über die Erdoberfläche bewegen. Der folgende Tagebau-Bestandteil lässt sich durch eine zweite Stellgröße verändern.

Der erste Sensor vermag eine Größe zu messen, die mit einer Position, einem Abstand, einer Orientierung und / oder einer Bewegung des Überbrückungs-Bestandteils relativ zum führenden Tagebau-System korreliert. Der zweite Sensor vermag eine Größe zu messen, die mit einer Position, einem Abstand, einer Orientierung und / oder einer Bewegung des folgenden Tagebau-Bestandteils relativ zum Überbrückungs-Bestandteil

korreliert. Der Sensor vermag beide Stellgrößen anzusteuern und hierfür Messwerte von beiden Sensoren zu verarbeiten. Der Sensor vermag die erste Stellgröße so anzusteuern, dass der Überbrückungs-Bestandteil einer Bewegung des führenden Tagebau-Systems folgt. Der Regler vermag die zweite Stellgröße so anzusteuern, dass der geführte Tagebau-Bestandteil einer Bewegung des Überbrückungs-Bestandteils folgt. Das Regelungs-Ziel bei diesen Ansteuerungen ist wieder, dass ein kontinuierlicher Materialfluss von Abbaugut erzielt wird, in dieser Ausgestaltung vom führenden Tagebau-System über den Überbrückungs-Bestandteil zum geführten Tagebau-Bestandteil und / oder vom geführten Tagebau-Bestandteil über den Überbrückungs-Bestandteil zum führenden Tagebau-System.

In einer Fortbildung dieser Ausgestaltung umfasst der Überbrückungs-Bestandteil ein erstes und ein zweites Überbrückungsgerät. Die Tagebau-Anordnung vermag Abbaugut vom führenden Tagebau-System über das erste und anschließend das zweite Überbrückungsgerät zum geführten Tagebau-Bestandteil zu fördern und / oder umgekehrt vom geführten Tagebau-Bestandteil über das zweite Überbrückungsgerät und dann das erste Überbrückungsgerät zum führenden Tagebau-System. Das erste Überbrückungsgerät ist relativ zum führenden Tagebau-System in mindestens eine Richtung über die Erdoberfläche beweglich, das zweite Überbrückungsgerät relativ zum ersten Überbrückungsgerät beweglich und der geführte Tagebau-Bestandteil relativ zum zweiten Überbrückungsgerät beweglich. Das führende Tagebau-System, die beiden Überbrückungsgeräte und das geführte Tagebau-Bestandteil lassen sich unabhängig voneinander bewegen und sind bevorzugt nicht miteinander gekoppelt. Der Regler vermag in dieser Fortbildung mindestens drei Stellgrößen anzusteuern. Durch die Ansteuerung der ersten Stellgröße bewirkt der Regler, dass das erste Überbrückungsgerät den Bewegungen des führenden Tagebau-Systems folgt. Durch die Ansteuerung der zweiten Stellgröße bewirkt der Regler, dass der geführte Tagebau-Bestandteil dem zweiten Überbrückungsgerät folgt. Durch die Ansteuerung der dritten Stellgröße bewirkt der Regler, dass das zweite Überbrückungsgerät den Bewegungen des ersten Überbrückungsgeräts folgt.

Die Ausgestaltung mit zwei Überbrückungsgeräten erhöht in vielen Anwendungen die Flexibilität der Tagebau-Anordnung. Diese lässt sich besser an gegebene Randbedingungen, beispielsweise an geographische Gegebenheiten, anpassen.

In einer Ausgestaltung umfassen das führende Tagebau-System und das folgende Tagebau-System jeweils mindestens eine Fördereinrichtung. Die eine Fördereinrichtung ist eine abgebende Fördereinrichtung, die andere Fördereinrichtung eine aufnehmende Fördereinrichtung, welche Abbaugut von der abgebenden Fördereinrichtung aufzunehmen vermag. Schüttfähiges Abbaugut soll beim Fördern von der abgebenden auf die aufnehmende Fördereinrichtung fallen. Der erste Sensor vermag eine Größe zu messen, die mit der Position der aufnehmenden Fördereinrichtung relativ zur abgebenden Fördereinrichtung korreliert. Der Regler vermag die erste Stellgröße so anzusteuern, dass das folgende Tagebau-System einer Bewegung des führenden Tagebau-Systems folgt, und zwar in der Ausgestaltung dergestalt, dass die abgebende Fördereinrichtung sich stets oberhalb der aufnehmenden Fördereinrichtung befindet. Dadurch wird sichergestellt, dass nur wenig Abbaugut neben die aufnehmende Fördereinrichtung fällt und verloren geht.

Verschiedene Ausgestaltungen und Einsatzmöglichkeiten der lösungsgemäßen Tagebau-Anordnung und daher der beiden Tagebau-Systeme sind möglich.

Das führende Tagebau-System umfasst beispielsweise ein Abbaugerät, ein Abwurfband und / oder einen Trichter. Das Abbaugerät ist insbesondere ein angetriebenes Schaufelrad eines Schaufelradbaggers. Das Abwurfband gehört insbesondere zu einem Absetzgerät, welches Abbaugut, insbesondere Abraumgut, abzuwerfen oder auf andere Weise abzusetzen vermag. Der Trichter gehört insbesondere zu einem mobilen Brechgerät, welches schüttfähiges Abbaugut aufzunehmen und zu zerkleinern vermag.

Das folgende Tagebau-System umfasst beispielsweise eine mobile Fördereinrichtung, eine mobile Schurre und / oder einen Bandschleifenwagen. Die mobile Fördereinrichtung vermag schüttfähiges Abbaugut zu fördern und lässt sich über die Erdoberfläche bewegen. Die mobile Fördereinrichtung ist beispielsweise als ein

Bandwagen oder eine Bandbrücke ausgestaltet. Die mobile Schurre vermag schüttfähiges Abbaugut auf eine Abtransport-Einrichtung zu lenken, wobei die Abtransport-Einrichtung nicht notwendigerweise zum folgenden Tagebau-System gehört. Die mobile Schurre gehört insbesondere zu einem Aufnahmewagen. Der Bandschleifenwagen vermag schüttfähiges Abbaugut aufzunehmen und / oder abzuwerfen, beispielsweise auf eine Fördereinrichtung des Überbrückungs-Bestandteils.

Bevorzugt lässt sich mindestens ein Bestandteil des folgenden Tagebau-Systems relativ zum führenden Tagebau-System nicht nur in mindestens eine Richtung über die Erdoberfläche, sondern zusätzlich in mindestens eine Richtung senkrecht oder schräg zur Erdoberfläche bewegen. Der erste oder ein weiterer Sensor vermag eine Größe zu messen, die sich bei dieser Bewegung verändert. Der Regler vermag die erste oder eine weitere Stellgröße so anzusteuern, dass das folgende Tagebau-System der Bewegung des führenden Tagebau-Systems so folgt, dass der bewegliche Bestandteil des folgenden Tagebau-Systems relativ zum führenden Tagebau-System senkrecht oder schräg zur Erdoberfläche bewegt wird und dadurch der kontinuierliche Materialfluss erzielt wird.

In einer Ausgestaltung umfasst die Tagebau-Anordnung ein Aufnahme-System. Das Aufnahme-System umfasst ein Aufnahmegerät, eine Überbrückungs-Fördereinrichtung und eine Abtransport-Fördereinrichtung. Das Aufnahme-System ist insbesondere ein Schaufelradbagger oder ein mobiles Brechgerät. Das Aufnahmegerät ist beispielsweise ein angetriebenes Schaufelrad des Schaufelradbaggers oder ein Trichter des mobilen Brechgeräts. Mit Hilfe des Aufnahmegeräts vermag das Aufnahme-System Abbaugut aufzunehmen, beispielsweise abzubaggern. Mit Hilfe der Überbrückungs-Fördereinrichtung vermag das Aufnahme-System das aufgenommene Abbaugut zu der Abtransport-Fördereinrichtung zu transportieren. Mit Hilfe der Abtransport-Fördereinrichtung vermag das Aufnahme-System das Abbaugut abzutransportieren, beispielsweise an einen Bestandteil des folgenden Tagebau-Systems.

Die Abtransport-Fördereinrichtung lässt sich relativ zur Überbrückungs-Fördereinrichtung des Aufnahme-Systems bewegen. Insbesondere lässt sie sich um eine horizontale und / oder um eine vertikale Achse verschwenken. Der erste Sensor vermag eine Größe zu messen, die mit einer Position, einem Abstand, einer Orientierung und / oder einer Bewegung der Abtransport-Fördereinrichtung relativ zur Überbrückungs-Fördereinrichtung korreliert. Der Regler vermag die erste Stellgröße so anzusteuern, dass die Abtransport-Fördereinrichtung einer Bewegung der Überbrückungs-Fördereinrichtung folgt, und zwar dergestalt, dass ein kontinuierlicher Materialfluss von Abbaugut von der Überbrückungs-Fördereinrichtung zu der Abtransport-Fördereinrichtung erzielt wird. Der Regler vermag für diese Ansteuerung mindestens einen Messwert von dem ersten Sensor und optional von einem weiteren Sensor zu verwenden.

Lösungsgemäß steuert ein datenverarbeitender Regler die oder jede weitere Stellgröße, welche das folgende Tagebau-System zu bewegen vermag, an. Dieser Regler kann aus einem einzigen Gerät bestehen oder auf mehrere voneinander beabstandete Geräte verteilt sein. Im Falle von mehreren Geräten sind diese Geräte bevorzugt drahtgebunden oder drahtlos miteinander verbunden. Der Regler kann auf dem führenden oder auf dem folgenden Tagebau-System montiert sein. Im Falle von mehreren Geräten kann der Regler auf beide Systeme verteilt sein.

Möglich ist, dass der Regler automatisch ein analytisches Prozessmodell verwendet, welches insbesondere die Position und / oder Orientierung mindestens eines beweglichen Bestandteils des folgenden Tagebau-Systems relativ zum führenden Tagebau-System beschreibt. Aus diesem Prozessmodell leitet der Regler nach einer Bewegung des führenden Tagebau-Systems automatisch eine geforderte Bewegung des beweglichen Bestandteils her, wobei diese geforderte Bewegung den kontinuierlichen Materialfluss sicherstellt. Aus dieser geforderten Bewegung leitet der Regler automatisch die Ansteuerung der ersten Stellgröße und optional mindestens einer weiteren Stellgröße ab und steuert die Stellgrößen entsprechend an.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Regler hingegen als ein regelbasierter Regler (rule-based controller) ausgestaltet oder umfasst einen solchen regelbasierten Regler. Der regelbasierte Regler vermag automatisch eine Menge von vorgegebenen rechnerauswertbaren Regeln (if-then rules) auszuführen. Jede Regel umfasst eine Prämisse und mindestens eine Konklusion. Die Prämisse einer Regel umfasst entweder genau eine Einzel-Prämisse oder eine logische Verknüpfung von mehreren Einzel-Prämissen. Jede Einzel-Prämisse bezieht sich auf jeweils einen Sensor und spezifiziert einen Bereich der möglichen Werte dieses Sensors. Möglich ist, dass verschiedene Einzel-Prämissen einer Regel sich auf unterschiedliche Sensoren beziehen, auch auf Sensoren für verschiedene Bestandteile der Tagebau-Anordnung. Möglich ist auch, dass sich eine Einzel-Prämisse auf einen möglichen Betriebszustand der Tagebau-Anordnung bezieht. In der Regel beziehen sich Einzel-Prämissen von mehreren verschiedenen Regeln auf denselben Sensor. Abhängig von einem tatsächlichen, also gemessenen Wert dieses Sensors und optional von einem aktuellen Betriebszustand ist bei der Regelung die Einzel-Prämisse mindestens entweder erfüllt oder nicht erfüllt.

Die oder jede Regel-Konklusion bezieht sich auf jeweils eine Stellgröße, welche einen beweglichen Bestandteil des folgenden Tagebau-Systems zu bewegen vermag. Jede Regel-Konklusion spezifiziert einen möglichen Stelleingriff an dieser Stellgröße. Der Regler vermag den oder jeden Stelleingriff, der in der oder einer Konklusion einer Regel spezifiziert ist, auszulösen. Der Regler ist so ausgestaltet, dass er den oder jeden Stelleingriff einer Konklusion einer Regel auslöst, wenn die einzige Einzel-Prämisse oder die logische Verknüpfung der Einzel-Prämissen dieser Regel erfüllt ist.

Die Ausgestaltung mit dem regelbasierte Regler erspart die Notwendigkeit, ein analytisches Prozessmodell aufzustellen, welches mögliche Positionen und Orientierungen der beweglichen Bestandteile des folgenden Tagebau-Systems relativ zum führenden Tagebau-Systems beschreibt. In manchen Fällen ist es zeitaufwendig, ein solches Prozessmodell aufzustellen, insbesondere dann, wenn dieses Prozessmodell alle möglichen Bewegungen beschreiben soll. Möglich ist aber, dass der

Regler sowohl eine Menge von Regeln als auch ein analytisches Prozessmodell verwendet.

Die Regeln sind für einen Entwickler anschaulich und lassen sich daher relativ leicht aufstellen und anpassen.

In einer Ausgestaltung ist jede Einzel-Prämisse einer Regel bei der Durchführung der Regelung entweder erfüllt oder nicht erfüllt, je nachdem ob der gemessene Wert des Sensors, auf den sich die Einzel-Prämisse bezieht, in den Bereich fällt, der in der Einzel-Prämisse spezifiziert ist, oder nicht.

In einer anderen Ausgestaltung spezifiziert mindestens eine Einzel-Prämisse einer Regel eine so genannte unscharfe Menge (fuzzy set), so dass diese Regel eine so genannte unscharfe Regel (fuzzy rule) ist. Diese unscharfe Menge der Einzel-Prämisse ordnet jedem möglichen Wert des Sensors, auf den die Einzel-Prämisse sich bezieht, jeweils einen Zugehörigkeitsgrad zu. Dieser Zugehörigkeitsgrad kann bevorzugt nicht nur ein maximaler Zugehörigkeitsgrad (Sensor-Wert gehört vollständig zu dem spezifizierten Bereich) oder ein minimaler Zugehörigkeitsgrad (Sensor-Wert gehört gar nicht zu dem spezifizierten Bereich) sein, sondern auch ein Zwischen-Zugehörigkeitsgrad.

Der Regler vermag bei der Durchführung der Regelung für jede Einzel-Prämisse jeweils einen Zugehörigkeitsgrad zu berechnen, welcher von dem gemessenen Wert des Sensors, auf den sich die Einzel-Prämisse bezieht, und von dem Bereich oder der unscharfen Menge, welche diese Einzel-Prämisse spezifiziert, abhängt. Weiterhin vermag der Regler für jede Prämisse jeweils einen Erfülltheitsgrad der Prämisse zu berechnen, wobei der Erfülltheitsgrad von den Zugehörigkeitsgraden der Einzel-Prämissen abhängt.

Weiterhin vermag der Regler für die oder jede Stellgröße, welche einen Bestandteil des folgenden Tagebau-Systems zu bewegen vermag, jeweils mindestens einen Stelleingriff zu berechnen. Wie bereits dargelegt, bezieht sich die oder jede Konklusion einer Regel

auf jeweils eine Stellgröße. Konklusionen verschiedener Regeln können sich auf dieselbe Stellgröße beziehen. Der berechnete Stelleingriff hängt von denjenigen Regel-Konklusionen, die sich auf diese Stellgröße beziehen, sowie von den berechneten Erfülltheitsgraden der Prämissen dieser Regeln ab.

Die Ausgestaltung mit den unscharfen Mengen vermeidet die Notwendigkeit, bei der Aufstellung der Regeln harte Übergänge zwischen verschiedenen Bereichen von möglichen Werten desselben Sensors vorzusehen. In vielen Fällen führen die unscharfen Mengen außerdem zu weicheren Übergängen zwischen den Stelleingriffen und vermeiden insbesondere, dass abrupte Stelleingriffe vorgenommen werden. Falls erforderlich, ist trotzdem ein abrupter Stelleingriff möglich, nämlich dann, wenn eine entsprechende Regel aufgestellt worden ist und angewendet wird.

Möglich ist, dass Konklusionen von verschiedenen Regeln sich auf dieselbe Stellgröße beziehen, aber insgesamt mindestens zwei unterschiedliche Stelleingriffe für diese Stellgröße spezifizieren. In diesem Fall vermag der Regler einen aggregierten Stelleingriff zu berechnen. Dieser aggregierte Stelleingriff hängt einerseits von den Stelleingriffen ab, die in diesen verschiedenen Regeln spezifiziert sind, und andererseits von den Erfülltheitsgraden der Prämissen dieser verschiedenen Regeln.

Möglich ist, dass auch ein Stelleingriff mit Hilfe einer unscharfen Menge spezifiziert ist. Auch in diesem Fall wird bevorzugt ein ausführbarer Stelleingriff berechnet, der einen bestimmten Wert für die Stellgröße festliegt. Falls die Konklusionen von verschiedenen Regeln sich auf dieselbe Stellgröße beziehen und verschiedene unscharfe Mengen spezifizieren, so wird mit Hilfe der Erfülltheitsgrade eine aggregierte unscharfe Menge berechnet, und ein einstellbarer Wert für den Stelleingriff wird aus dieser aggregierten unscharfen Menge abgeleitet.

In einer bevorzugten Ausgestaltung umfasst der regelbasierte Regler einen Kennfeld-Generierer und einen Kennfeld-Auswerter. Der Kennfeld-Generierer vermag ein rechnerauswertbares Kennfeld zu berechnen, und zwar abhängig von den vorgegebenen Regeln. Dieses berechnete Kennfeld ordnet jeder möglichen

Kombination von Sensor-Werten eine der folgenden drei Handlungen, die der Regler automatisch ausführen kann, zu:

- einen einzelnen Stelleingriff an einer einzelnen Stellgröße,
- eine Kombination von Stelleingriffen an unterschiedlichen Stellgrößen oder
- die Festlegung, dass dieser Werte-Kombination kein Stelleingriff zugeordnet ist und daher der Regler bei dieser Werte-Kombination keinen Stelleingriff vornimmt.

Der Kennfeld-Auswerter führt die eigentliche Regelung durch und stellt sicher, dass jeder bewegliche Bestandteil des folgenden Tagebau-Systems den Bewegungen des führenden Tagebau-Systems folgt. Hierfür wertet der Kennfeld-Auswerter das berechnete Kennfeld aus, und der Regler löst die vom Kennfeld jeweils zugeordneten Stelleingriffe aus.

Das Kennfeld beschreibt die Arbeitsweise des Reglers, wie er durch die vorgegebenen Regeln festgelegt ist. Daher werden für die Regelung nur der Kennfeld-Auswerter und das Kennfeld benötigt. Die vorgegebenen Regeln oder ein Regel-Auswerter werden hingegen zur Laufzeit des Reglers nicht benötigt. Ein Rechner, der die eigentliche Regelung durchführt und hierfür den Kennfeld-Auswerter und einen Datenspeicher mit dem Kennfeld umfasst, benötigt daher weniger Rechenkapazität oder bei gleicher Rechenkapazität weniger Rechenzeit, um die erforderlichen Stelleingriffe zu berechnen, verglichen mit einem Regler, der zur Laufzeit die Regeln auswertet und anwendet. Der regelbasierte Regler, der den Kennfeld-Auswerter umfasst, braucht zur Laufzeit keinen Lesezugriff auf die Regeln zu haben. Ein Arbeitsplatzrechner, mit dem ein Entwickler die Regeln aufstellt und der den Kennfeld-Generierer umfasst, kann wenigstens zeitweise räumlich entfernt von der Tagebau-Anordnung angeordnet sein und wird im laufenden Betrieb nicht benötigt, lässt sich aber z.B. während eines Testbetriebs in der Tagebau-Anordnung einsetzen.

Das berechnete Kennfeld bleibt gültig, bis eine vorgegebene Regel geändert oder gestrichen wird oder eine weitere Regel hinzugefügt wird. Vorzugsweise berechnet der Kennfeld-Generierer daher erneut das Kennfeld, falls eine Regel verändert, gestrichen

oder ergänzt wird. Die Veränderung, Streichung oder Ergänzung aktiviert bevorzugt automatisch den Kennfeld-Generierer.

In einer Ausgestaltung realisiert der Regler eine übergeordnete Regelung und eine untergeordnete Regelung, ist also als ein kaskadierter Regler ausgestaltet. Bei der übergeordneten Regelung werden Regeln angewendet - oder das Kennfeld, das so wie gerade beschrieben generiert wurde. Bei dieser übergeordneten Regelung werden die Stellgrößen so angesteuert, dass die beweglichen Bestandteile des folgenden Tagebau-Systems einer Bewegung des führenden Tagebau-Systems innerhalb einer vorgegebenen ersten Toleranz folgen. Zwischen einer idealen Position und / oder Bewegung und derjenigen tatsächlichen Position und / oder Bewegung, die durch die regelbasierte übergeordnete Regelung entsteht, kann also noch eine Abweichung auftreten, die aber innerhalb der ersten Toleranz liegt. Die untergeordnete Regelung verringert diese Abweichung, justiert also den oder jeden beweglichen Bestandteil des folgenden Tagebau-Systems genauer. Für die untergeordnete Regelung wird bevorzugt ein vorgegebenes Prozessmodell oder eine sonstige bekannte Regelung verwendet, z.B. ein PID-Regler. Die untergeordnete Regelung wird mit dem Ziel ausgeführt, dass die beweglichen Bestandteile, welche durch die übergeordnete Regelung innerhalb der vorgegebenen Toleranz gehalten werden, den Bewegungen des führenden Tagebau-Systems mit einer gewünschten Genauigkeit folgen, z.B. innerhalb einer zweiten Toleranz, welche kleiner als die erste Toleranz ist.

Bei dieser kaskadierten Regelung werden in der Regel weniger vorgegebene Regeln benötigt, als wenn die Regelung ausschließlich durch Auswertung der vorgegebenen Regeln durchgeführt wird. Daher lassen die Regeln sich rascher aufstellen und von einem Entwickler besser übersehen - verglichen mit einem Satz von Regeln, die alleine die Regelung für das folgende Tagebau-System bewirken sollen. Das Prozessmodell, welches bevorzugt für die untergeordnete Regelung verwendet wird, braucht nur innerhalb der vorgegebenen ersten Toleranz gültig zu sein und kann daher in vielen Fällen ein lineares Prozessmodell sein. Innerhalb der vorgegebenen Toleranz beschreibt dieses lineare Prozessmodell die Realität ausreichend genau.

FIGURENBESCHREIBUNG

Nachfolgend ist die erfindungsgemäße Tagebau-Anordnung anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 in einer Seitenansicht eine Tagebau-Anordnung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel mit einem Schaufelradbagger, einem Bandwagen und einem Aufnahmewagen;

Fig. 2 in einer Draufsicht eine Variation des ersten Ausführungsbeispiels mit einem Schaufelradbagger, zwei aufeinander folgenden Bandwagen und einem Aufnahmewagen;

Fig. 3 in einer Draufsicht die Bergbau-Anordnung mit einem Schaufelradbagger, einem Bandwagen und einem Aufnahmewagen;

Fig. 4 in einer Seitenansicht ein mobiles Brechgerät und eine Tagebau-Anordnung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel mit einem Bandwagen und einem Aufnahmewagen;

Fig. 5 in einer Draufsicht eine Variation des zweiten Ausführungsbeispiels mit einem mobilen Brechgerät, zwei aufeinander folgenden Bandwagen und einem Aufnahmewagen;

Fig. 6 in einer Seitenansicht eine Tagebau-Anordnung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel mit einem Absetzgerät und einem Bandschleifenwagen;

Fig. 7 in einer Draufsicht eine Variation des zweiten Ausführungsbeispiels mit einem Absetzgerät, zwei aufeinander folgenden Bandwagen und einem Bandschleifenwagen;

Fig. 8 beispielhaft fünf unscharfe Mengen für die fünf linguistischen Variablen einer veränderlichen Größe der Tagebau-Anordnung;

Fig. 9 beispielhaft die Auswertung von zwei unscharfen Regeln;

Fig. 10 die Generierung eines Kennfelds, welches der Regler zur Laufzeit abarbeitet.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

Die Erfindung wird im ersten Ausführungsbeispiel zum Regeln einer Tagebau-Anordnung eingesetzt, welche

- einen Schaufelradbagger (bucket wheel excavator) 1,
- ein endloses angetriebenes Strossenband (bench conveyor) 22, das sich entlang einer Strosse 21 erstreckt,
- einen Aufnahmewagen (hopper car) 20 oberhalb des Strossenbands 22 und
- optional mindestens ein Überbrückungsgerät in Form eines oder mehrerer Bandwagen 10, 10.1, 10.2 zwischen dem Schaufelradbagger 1 und dem Aufnahmewagen 20

umfasst.

Zwei Konfigurationen der Tagebau-Anordnung werden in Fig. 1 (Seitenansicht) sowie in Fig. 2 und Fig. 3 (Draufsicht) gezeigt. Die Konfiguration in Fig. 2 umfasst zwei aufeinander folgende Bandwagen 10.1 und 10.2, die Konfiguration in Fig. 3 einen einzigen Bandwagen 10. Falls der Abstand zwischen dem Schaufelradbagger 1 und dem Aufnahmewagen 20 stets gering genug ist, so ist auch eine Konfiguration ohne einen Bandwagen möglich.

Der Schaufelradbagger 1 umfasst

- ein Schaufelrad (bucket wheel) 2, welches gedreht wird und Abbaugut von einer Abbruchkante A abträgt,
- ein Fahrwerk 7 mit mindestens zwei parallelen Raupen,
- einen Oberbau 8 mit einem optionalen Fahrerhaus, wobei der Oberbau 8 relativ zum Fahrwerk 7 um eine vertikale Achse (Hochachse) drehbar ist,
- eine am Oberbau 8 befestigte Schurre (chute) 80,
- ein angetriebenes Aufnahmeband 3,
- einen Schaufelradarm 4, der das Schaufelrad 2 und das Aufnahmeband 3 trägt und am Oberbau 8 befestigt ist,
- ein angetriebenes Abwurfband 5 und
- einen Auslegerarm 6, der das Abwurfband 5 trägt und ebenfalls am Oberbau 8 befestigt ist.

Der oder jeder Bandwagen 10, 10.1, 10.2 umfasst jeweils

- ein Fahrwerk 15 mit zwei parallelen Raupen,

- einen Oberbau 16, welche relativ zum Bandwagen-Fahrwerk 15 um eine vertikale Achse (Hochachse) drehbar ist,
- eine Aufnahme-Schurre (receiving chute) 11, 11.1, 11.2,
- einen aufnahmeseitigen Auslegerarm (discharge boom) 12, 12.1, 12.2, welcher die Aufnahme-Schurre 11, 11.1, 11.2 trägt und am Oberbau 16 befestigt ist,
- einen abgabeseitigen Auslegerarm (discharge boom) 14, 14.1, 14.2, welcher am Oberbau 16 befestigt ist, und
- ein durchgehendes Förderband 13, 13.1, 13.2, welches von beiden Auslegerarmen 12, 12.1, 12.2 und 14, 14.1, 14.2 getragen wird.

Anstelle eines einzigen durchgehenden Förderbands 13, 13.1, 13.2 können auch zwei getrennte und hintereinander angeordnete Förderbänder vorgesehen sein, die von jeweils einem Auslegerarm 12, 12.1, 12.2 bzw. 14, 14.1, 14.2 getragen werden. Der eine Auslegerarm 14, 14.1, 14.2 lässt sich dann bevorzugt relativ zum anderen Auslegerarm 12, 12.1, 12.2 verschwenken. Abbaugut fällt von einem aufnahmeseitigen Förderband durch eine Schurre auf ein abgabeseitiges Förderband des Bandwagens 10, 10.1, 10.2.

Der Aufnahmewagen (hopper car) 20 umfasst einen Trichter oberhalb des Strossenbands 22 und lässt sich von einem eigenen Antrieb linear in beide Richtungen entlang des Strossenbands 22 bewegen.

Der Schaufelradbagger 1 ist im ersten Ausführungsbeispiel das Aufnahme-System. Das Schaufelrad 2 fungiert als ein Aufnahmegerät des ersten Ausführungsbeispiels, das Aufnahmeband 3 und der Schaufelradarm 4 zusammen als eine Überbrückungs-Fördereinrichtung des Aufnahme-Systems. Das Abwurfband 5 und der Auslegerarm 6 gehören zu einer Abtransport-Fördereinrichtung des Aufnahme-Systems.

Die Anordnung des ersten Ausführungsbeispiels funktioniert wie folgt, und folgende Randbedingungen sind im Betrieb einzuhalten:

- Das angetriebene Schaufelrad 2 trägt Abbaugut von der terrassenförmigen Abbruchkante A ab.

- Der Schaufelradarm 4 mit dem Schaufelrad 2 und dem Aufnahmeband 3 schwenkt ständig hin und her, während das Schaufelrad 2 Abbaugut abträgt.
- Falls das Ende des Schwenkbereichs erreicht ist, so fährt der Schaufelradbagger 1 mit seinem Fahrwerk 7 vor. Ist die maximale Abtragtiefe an der Abbruchkante A erreicht, so fährt der Schaufelradbagger 1 zurück, senkt den Schaufelradarm 4 ab und trägt die nächste Scheibe vor der Abbruchkante A ab. Möglich ist natürlich auch, dass der Schaufelradbagger 1 nur eine Scheibe abträgt.
- Das vom Schaufelrad 2 abgetragene Abbaugut fällt auf das Aufnahmeband 3.
- Das Aufnahmeband 3 transportiert das Abbaugut ab.
- Das abtransportierte Abbaugut fällt vom Aufnahmeband 3 durch die Schurre 80 auf das Abwurfband 5.
- Das Abwurfband 5 transportiert das Abbaugut ab.
- Das abtransportierte Abbaugut fällt vom Abwurfband 5 auf die Aufnahme-Schurre 11 oder auf die erste Aufnahme-Schurre 11.1 und gelangt auf das Förderband 13 oder auf das erste Förderband 13.1.
- Im Falle von zwei Bandwagen 10.1, 10.2 transportiert das erste Förderband 13.1 das Abbaugut zur zweiten Aufnahme-Schurre 11.2, und das Abbaugut fällt auf das zweite Förderband 13.2.
- Das Förderband 13 oder das zweite Förderband 13.2 transportiert das Abbaugut ab.
- Das abtransportierte Abbaugut fällt vom Förderband 13 oder vom zweiten Förderband 13.2 von oben in den Aufnahmewagen 20.
- Der Aufnahmewagen 20 fungiert als ein Trichter und lenkt das Abbaugut auf das Strossenband 22.
- Das Strossenband 22 transportiert das Abbaugut ab.

Im ersten Ausführungsbeispiel sind insbesondere folgende Bewegungen der Bestandteile der Anordnung möglich:

- Der Schaufelradbagger 1, der oder jeder Bandwagen 10, 10.1, 10.2 und der Aufnahmewagen 20 können sich unabhängig voneinander bewegen. Eine mechanische Kopplung zwischen diesen Bestandteilen ist nicht vorhanden.
- Der Schaufelradbagger 1 kann vor und zurück fahren. Außerdem kann der Schaufelradbagger 1 um eine Kurve fahren, beispielsweise indem zwei parallele

Raupen des Fahrwerks 7 gegenläufig und / oder mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten gedreht werden oder indem der Schaufelradbagger 1 ein Dreipunkt-Fahrwerk oder mehrere hintereinander angeordnete Raupen-Fahrwerke aufweist. Bei einem Dreipunkt-Fahrwerk sind zwei Raupen hintereinander angeordnet und eine dritte Raupe mit einem seitlichen Versatz zu diesen beiden Raupen.

- Ein Haupt-Schwenkwerk vermag den Oberbau 8 und damit den Schaufelradarm 4 mit dem Schaufelrad 2 und dem Aufnahmeband 3 relativ zum Fahrwerk 7 um eine vertikale Achse zu drehen.
- Ein Hubwerk vermag den Schaufelradarm 4 mit dem Schaufelrad 2 und dem Aufnahmeband 3 auf und ab zu bewegen.
- Ein weiteres Schwenkwerk vermag den Auslegerarm 6 mit dem Abwurfband 5 ebenfalls relativ zum Fahrwerk 7 um eine vertikale Achse zu verschwenken.
- Ein weiteres Hubwerk vermag den Auslegerarm 6 auf und ab zu bewegen.
- Der Auslegerarm 6 lässt sich unabhängig von dem Schaufelradarm 4 bewegen. Zwischen dem Aufnahmeband 3 und dem Abwurfband 5 kann daher in Draufsicht ein Winkel auftreten, vgl. Fig. 2 und Fig. 3.
- Der Oberbau 16 eines Bandwagens 10, 10.1, 10.2 kann relativ zum Bandwagen-Fahrwerk 15 um eine Hochachse gedreht werden. Bei dieser Drehung werden die beiden Auslegerarme 12, 12.1, 12.2 und 14, 14.1, 14.2 mit gedreht.
- Die beiden Auslegerarme 12, 12.1, 12.2 und 14, 14.1, 14.2 des Bandwagens 10, 10.1, 10.2 können unabhängig voneinander auf und ab bewegt werden, müssen aber in einer Linie liegen, um das durchgehende Förderband 13, 13.1, 13.2 zu führen. Falls der Bandwagen 10, 10.1, 10.2 zwei getrennte Förderbänder aufweist, so kann hingegen in einer Draufsicht ein Winkel zwischen den Auslegerarmen 12, 12.1, 12.2 einerseits und 14, 14.1, 14.2 andererseits auftreten.
- In einer Ausgestaltung ist mindestens ein Auslegerarm 6, 12, 12.1, 12.2, 14, 14.1, 14.2 teleskopisch ausgestaltet, und ein Stellglied vermag seine Länge zu verhindern.
- Ein eigener Antrieb vermag den Aufnahmewagen 20 linear in beide Richtungen entlang des Strossenbands 22 zu bewegen.

Unter einer Stellgröße wird eine Größe der Tagebau-Anordnung verstanden, welche von einem Stellglied, insbesondere einem Motor, einer Kolben-Zylinder-Einheit oder einem sonstigen Aktor, gezielt verändert werden kann und einen Bestandteil der Tagebau-Anordnung bewegen kann.

Trotz dieser Freiheitsgrade müssen folgende Randbedingungen stets eingehalten werden:

- In einer Ausführungsform des Ausführungsbeispiels sind die Längen der Arme 4, 6, 12, 14 unveränderlich. In einer Abwandlung ist mindestens ein Arm teleskopisch ausgestaltet, so dass sich auch seine Länge verändern lässt.
- Jeder Bandwagen 10, 10.1, 10.2 und der Aufnahmewagen 20 müssen den Bewegungen des Schaufelradbaggers 1 und seiner Bestandteile folgen. Im Ausführungsbeispiel soll dieses Folgen automatisch geschehen, weil im regulären Betrieb eine Person den Schaufelradbagger 1 lenkt und steuert, aber weder der oder ein Bandwagen 10, 10.1, 10.2 noch der Aufnahmewagen 20 von einer Person gesteuert wird. Diese Person kann in dem optionalen Fahrerhaus des Oberbaus 8 des Schaufelradbaggers 1 sitzen oder mit Hilfe einer Fernbedienung den Schaufelradbagger 1 aus der Ferne steuern und lenken.
- Das abgabeseitige Ende des Aufnahmebands 3 muss oberhalb des aufnahmeseitigen Endes des Abwurfbands 5 sein, was durch die Konstruktion des Schaufelradbaggers 1 gewährleistet ist.
- In einer Draufsicht muss der Winkel zwischen dem Abwurfband 5 und dem Aufnahmeband 3 innerhalb eines vorgegebenen Bereichs liegen. Der Winkel zwischen dem Abwurfband 5 und dem einzigen Förderband 13 oder dem ersten Förderband 13.1 muss ebenfalls innerhalb einer vorgegebenen Bereichs liegen, auch der Winkel zwischen zwei Förderbändern eines Bandwagens 10, 10.1, 10.2.
- Das abgabeseitige Ende des Abwurfbands 5 muss sich oberhalb der einzigen Aufnahme-Schurre 11 oder der ersten Aufnahme-Schurre 11.1 befinden.
- Bei zwei Bandwagen 10.1, 10.2 muss das abgabeseitige Ende des ersten Förderbands 13.1 sich oberhalb der zweiten Aufnahme-Schurre 11.2 befinden.
- Das abgabeseitige Ende des einzigen Förderbands 13 oder des letzten Förderbands 13.2 muss sich oberhalb des Aufnahmewagens 20 befinden.

Das Schaufelrad 2, das Aufnahmeband 3 und der Schaufelradarm 4 bilden im ersten Ausführungsbeispiel das führende Tagebau-System, die Bestandteile 5 bis 20 das folgende Tagebau-System. In Fig. 1 bis Fig. 7 ist das jeweilige führende Tagebau-System durch einen gestrichelten Kreis mit der Bezeichnung FS hervorgehoben. Die im Folgenden beschriebene Regelung stellt sicher, dass das folgende Tagebau-System mit den Bestandteilen 5 bis 20 den Bewegungen des führenden Tagebau-Systems 2, 3, 4 folgt. Das Strossenband 22 wird unabhängig von dieser Regelung mit einer konstanten Geschwindigkeit oder mit einer Geschwindigkeit, die von der Menge des Abbauguts pro Zeiteinheit abhängt, angetrieben.

Mehrere Sensoren registrieren die aktuelle Position und / oder Bewegung und / oder Fahrtrichtung des Schaufelradbaggers 1. Weitere Sensoren messen die aktuelle Position und / oder die Bewegung und / oder die Fahrtrichtung des oder jedes Bandwagens 10, 10.1, 10.2 und des Aufnahmewagens 20. Weitere Sensoren messen die jeweilige Ausrichtung jedes Förderbands 3, 5, 13, 13.1, 13.2.

Eine Auswerteeinheit verarbeitet Messwerte von geeigneten Sensoren am Bagger-Auslegerarm 6, am abgabeseitigen Auslegerarm 14, 14.1 und / oder an der Aufnahme-Schurre 11, 11.1, 11.2. Die Auswerteeinheit erkennt den vertikalen Abstand zwischen dem Auslegerarm 6 und der Aufnahme-Schurre 11, 11.1 und die Position der Aufnahme-Schurre 11, 11.1 relativ zu dem Auslegerarm 6. Im Falle von zwei Bandwagen 10.1, 10.2 erkennt sie den vertikalen Abstand zwischen dem abgabeseitigen Auslegerarm 14.1 und dem aufnahmeseitigen Aufnahmearm 12.1. Mit Hilfe von weiteren Sensoren erkennt die Auswerteeinheit eine Drehung des Bagger-Auslegerarms 6 relativ zu der Aufnahme-Schurre 11, 11.1. Die Auswerteeinheit erkennt mit Hilfe von weiteren Sensoren an dem abgabeseitigen Auslegerarm 14.1 den vertikalen Abstand zur Aufnahme-Schurre 11.2. Weiterhin erkennt die Auswerteeinheit mit Hilfe dieser Sensoren den Knickwinkel zwischen der Längsachse des Auslegerarms 6 und der Längsachse des aufnahmeseitigen Auslegerarms 12, 12.1. Ein Drehwinkel-Sensor misst den Drehwinkel um eine vertikale Achse zwischen dem Oberbau 8 und dem Fahrwerk 7 des Schaufelradbaggers 1. Jeweils ein weiterer Sensor misst den

Winkel des Auslegerarms 4 und den Winkel des Auslegerarms 6 relativ zum Fahrwerk 8. Ein Neigungs-Sensor misst den Neigungswinkel des Fahrwerks 8 zur Horizontalen. Ein weiterer Sensor misst den Drehwinkel des Förderbands 13, 13.1, 13.2 um eine vertikale Achse relativ zum Fahrwerk 15 des Bandwagens 10, 10.1, 10.2. Jeweils ein weiterer Sensor misst den jeweiligen Winkel des aufnahmeseitigen Auslegerarms 12, 12.1, 12.2 und des abgabeseitigen Auslegerarm 14, 14.1, 14.2 zum Fahrwerk des Bandwagens 10, 10.1, 10.2. Ein Neigungs-Sensor misst den Neigungswinkel des Bandwagen-Fahrwerks zur Horizontalen. Geeignete Sensoren messen die jeweilige Fahrgeschwindigkeit und Fahrtrichtung des Bagger-Fahrwerks 7 und des oder jedes Bandwagen-Fahrwerks 15.

Im ersten Ausführungsbeispiel steuert die Person im Fahrerhaus des Schaufelradbaggers 1 oder aus der Ferne mittels der Fernbedienung die Stellglieder des Schaufelradbaggers 1 durch entsprechende Benutzereingriffe an und bewirkt dadurch, dass das führende Tagebau-System 2, 3, 4 verschwenkt und / oder anderweitig bewegt wird und dadurch der durch den Abbau erzeugten Abbruchkante A folgt. Das folgende Tagebau-System 5 bis 20 folgt stets den Bewegungen des führenden Tagebau-Systems 2, 3, 4.

Fig. 4 und Fig. 5 illustriert ein zweites Ausführungsbeispiel in einer Seitenansicht (Fig. 4) bzw. in einer Draufsicht (Fig. 5). Gleiche Bestandteile haben die gleichen Bezugszeichen wie im ersten Ausführungsbeispiel. Im zweiten Ausführungsbeispiel baggert ein Schaufelbagger (shovel excavator) 40 Abbaugut von der Abbaukante A ab. Der Schaufelbagger 40 umfasst eine Schaufel 41, die an einem Schaufelarm 42 montiert ist. Eine Person steuert und lenkt diesen Schaufelbagger 40. Genau wie der Schaufelradbagger 1 des ersten Ausführungsbeispiels lässt sich auch der Schaufelbagger 40 linear und rotatorisch in eine Richtung über die Erdoberfläche bewegen.

Der Schaufelbagger 40 übergibt Abbaugut an ein mobiles Brechgerät (mobile crusher) 43, welches das Abbaugut zerkleinert und ebenfalls von einer Person gesteuert und gelenkt wird. Diese Person kann in einem Fahrerhaus an Bord des Brechgeräts 43

sitzen oder das Brechgerät 43 aus der Ferne steuern und lenken. Dank eines Fahrwerks 44 mit mindestens zwei Raupen kann das mobile Brechgerät 43 sich linear und rotatorisch in jede Richtung über die Erdoberfläche bewegen. Übergebenes Abbaugut fällt durch einen Trichter 45 des Brechgeräts 43 auf ein Aufnahmeband 46. Ein aufnahmeseitiger Auslegerarm 47 trägt den Trichter 45 und das Aufnahmeband 46.

In einer Ausgestaltung vermag ein Hubwerk den aufnahmeseitigen Aufnahmearm 47 auf und ab zu bewegen, und ein Schwenkwerk vermag den Aufnahmearm 47 um eine Hochachse zu verschwenken. In einer anderen Ausgestaltung ist das Aufnahmeband 46 als ein Plattenband (apron feeder) ausgestaltet, und der Trichter 45 lässt sich ausschließlich dadurch bewegen, dass das gesamte Brechgerät 43 mitsamt dem Aufnahmearm 47 und dem Trichter 45 linear und / oder rotatorisch über die Erdoberfläche bewegt wird.

Das Abbaugut fällt vom Aufnahmeband 46 durch eine Schurre 81 auf ein Abwurfband 48, welches von einem abgabeseitigen Auslegerarm 49 getragen wird. Im zweiten Ausführungsbeispiel gehören der Trichter 45, das Aufnahmeband 46 und der aufnahmeseitige Auslegerarm 47 des mobilen Brechgeräts 43 zum führenden Tagebau-System, und das Abwurfband 48 und der Auslegerarm 49 gehören zum folgenden Tagebau-System. Der Schaufelradbagger 40 wird unabhängig von dem führenden Tagebau-System bewegt und gehört nicht zur Tagebau-Anordnung im Sinne der Ansprüche. In Fig. 5 ist die Systemgrenze S angedeutet.

Fig. 6 und Fig. 7 zeigen in einer Seitenansicht bzw. in Draufsicht ein drittes Ausführungsbeispiel, bei welchem ein Absetzgerät (spreader 50) Abbaugut, insbesondere Abraum, eine Abwurfkante A hinunterwirft. Das Absetzgerät 50 umfasst ein Aufnahmeband 51, welches von einem aufnahmeseitigen Auslegerarm 52 gehalten und geführt wird, ein Abwurfband 54, welches von einem abgabeseitigen Auslegerarm 55 gehalten und geführt wird, eine Schurre 82 sowie ein Fahrwerk 53. Das Absetzgerät 50 lässt sich dank des Fahrwerks 53 linear sowie rotatorisch in jede Richtung über die Erdoberfläche bewegen und wird von einer Person gelenkt und gesteuert. Diese Person

kann in einem Fahrerhaus an Bord des Absatzgeräts 50 sitzen oder das Absetzgerät 50 aus der Ferne steuern und lenken.

Im dritten Ausführungsbeispiel fördert das Strossenband 22 das Abbaugut zu einem Bandschleifenwagen (tripper car) 60 mit einer Schurre 83 und einem Fahrwerk 61. der Bandschleifenwagen 60 lässt sich von einem eigenen Antrieb linear über die Erdoberfläche bewegen. Ein Segment des Strossenbands 22 führt zum Bandschleifenwagen 60, ein anderes vom Bandschleifenwagen 60 weg. Der Bandschleifenwagen 60 hebt das Strossenband 22 an und leitet es zu der Schurre 83 und dann wieder zurück. Das Abbaugut wird von dem angehobenen Strossenband 22 zur Schurre 83 gefördert und fällt durch die Schurre 83 auf das Aufnahmeband 51. Das Aufnahmeband 51 fördert das Abbaugut zu der Schurre 82. Das Abbaugut fällt durch die Schurre 82 auf das Abwurfband 54. Eine Person an Bord des Absetzgeräts 60 steuert den abgabeseitigen Auslegerarm 55 und damit das Abwurfband 54 und bewirkt, dass das geförderte Abbaugut an der richtigen Stelle abgeworfen wird. Im dritten Ausführungsbeispiel gehören das Abwurfband 54 und der Auslegerarm 55 zum führenden Tagebau-System und das Aufnahmeband 51 und der Auslegerarm 52 zum folgenden Tagebau-System.

Ein datenverarbeitender Regler (closed-loop controller) 30, der beispielsweise als Software auf einem Steuergerät des Schaufelradbaggers 1 oder des mobilen Brechgeräts 40 oder des Absetzgeräts 50 installiert ist, erhält Signale von verschiedenen Sensoren, wertet diese Signale aus und steuert abhängig von der Auswertung mehrere Stellgrößen für einen Auslegerarm 6, 49, 55 sowie an Bord des oder jedes Bandwagens 10, 10.1, 10.2, des Aufnahmewagens 20 und des Bandschleifenwagens 60 an. Der Regler 30 steuert die Stellgrößen automatisch mit dem Ziel an, dass die beweglichen Bestandteile des folgenden Tagebau-Systems 5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60 automatisch und direkt oder indirekt den Bewegungen des führenden Tagebau-Systems 2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55 folgt und dabei die oben genannten Randbedingungen eingehalten werden. Um diesen Regler 30 zu programmieren, wird im Ausführungsbeispiel nicht notwendigerweise ein analytisches

Modell benötigt, welches die Kinetik und die möglichen Bewegungen der Bestandteile der Bergbau-Anordnung beschreibt.

Vielmehr wird der Regler 30 im Ausführungsbeispiel als ein regelbasierter Regler (rule-based controller) implementiert oder umfasst einen regelbasierten Regler. Dieser Regler 30 wertet eine Vielzahl von vorgegebenen rechnerauswertbaren Regeln aus. Jede Regel des Ausführungsbeispiels besteht aus einer Regel-Prämisse und mindestens einer Regel-Konklusion. Jede Prämisse einer Regel ist eine Einzel-Prämisse oder eine logische Verknüpfung von mehreren Einzel-Prämissen. Eine logische Verknüpfung verknüpft mehrere Einzel-Prämissen mit Hilfe von logischen Operatoren, nämlich den Operatoren und, oder, nicht. Jede Einzel-Prämisse bezieht sich auf einen Sensor und spezifiziert einen Bereich der möglichen Werte dieses Sensors.

Jede Regel-Konklusion bezieht sich auf genau eine Stellgröße des folgenden Tagebau-Systems 5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60 und spezifiziert einen möglichen Stelleingriff an dieser Stellgröße. Eine Regel-Konklusion kann verschiedene Parameter eines Stelleingriffs an eine Stellgröße spezifizieren, z.B. einen Betrag einer Bewegung, eine Beschleunigung und / oder eine Zeitdauer des Stelleingriffs. Falls eine Regel mehrere Regel-Konklusionen umfasst, so werden damit mehrere Stelleingriffe spezifiziert, die gleichzeitig oder wenigstens zeitlich überlappend durchgeführt werden sollen. Eine Regel mit mehreren Konklusionen ist somit eine abkürzende Festlegung für mehrere Regeln mit derselben Prämisse und jeweils einer einzigen Konklusion.

Wie bereits erwähnt, spezifiziert jede Einzel-Prämisse einer Regel einen Bereich der möglichen Werte eines Sensors. Die Einzel-Prämisse kann eine Teilmenge der möglichen Werte spezifizieren, und ein gemessener Sensor-Wert fällt entweder in diese Teilmenge oder liegt außerhalb dieser Teilmenge. Möglich ist auch, dass die Einzel-Prämisse den Bereich als eine so genannte unscharfe Menge spezifiziert. Ein gemessener Sensor-Wert hat einen Zugehörigkeitsgrad zu diesem Bereich, der entweder gleich eins ist (Sensor-Wert gehört vollständig zum Bereich) oder gleich Null ist (Sensor-Wert liegt außerhalb des Bereichs) oder eine Zahl zwischen null und eins

liegt (Sensor-Wert gehört mit einem durch die Zahl spezifizierten Zugehörigkeitsgrad teilweise zum Bereich).

Für jeden Sensor wird jeweils eine Menge von so genannten linguistischen Variablen aufgestellt. Jeder linguistischen Variablen wird jeweils eine Teilmenge (crisp set) oder eine unscharfe Menge (fuzzy set) zugeordnet. Eine Teilmenge lässt sich als ein Sonderfall einer unscharfen Menge bezeichnen, wobei bei einer Teilmenge jeder Zugehörigkeitsgrad entweder die Zahl null oder die Zahl eins ist, aber keine Zahl zwischen null und eins.

Eine Regel-Konklusion kann einen bestimmten Wert für einen Stelleingriff festlegen oder den Stelleingriff auch mit Hilfe einer unscharfen Menge spezifizieren. Bei der Regelung wird selbstverständlich ein Wert für den Stelleingriff verwendet.

Im Folgenden werden zunächst beispielhaft einige Beispiele für linguistische Variablen angegeben. Die angegebenen Beispiele beziehen sich auf das erste Ausführungsbeispiel. Für verschiedene veränderliche Größen der Tagebau-Anordnung wird jeweils eine Menge von linguistischen Variablen aufgestellt.

Veränderliche Größe 1: Fahrtrichtung des Schaufelradbaggers 1 relativ zum Strossenband 22.

linguistische Variablen: stark rechts, rechts, leicht rechts, parallel, leicht links, links, stark links.

Veränderliche Größe 2: Entfernung zwischen dem Schaufelradbagger 1 und dem Strossenband 22.

linguistische Variablen: sehr klein, klein, mittel, groß, sehr groß.

Veränderliche Größe 3: Winkel zwischen der Längsachse des Abwurfbands 5 und der Längsachse des Förderbands 13

linguistische Variablen: stark rechts, rechts, leicht rechts, parallel, leicht links, links, stark links.

veränderliche Größe 4: Fahrtrichtung des Bandwagens 10, 10.1, 10.2 relativ zum Strossenband 22.

linguistische Variablen: stark rechts, rechts, leicht rechts, parallel, leicht links, links, stark links.

Veränderliche Größe 5: Entfernung zwischen dem Bandwagen 10, 10.1, 10.2 und dem Strossenband 22.

linguistische Variablen: sehr klein, klein, mittel, groß, sehr groß.

Veränderliche Größe 6: Winkel zwischen der Längsachse des Förderbands 13, 13.1, 13.2 und der Längsachse des Strossenbands 22

einstellbare Größe 1: Drehbewegung des Förderbands 13, 13.1, 13.2

linguistische Variablen: stark rechts, rechts, leicht rechts, parallel, leicht links, links, stark links.

einstellbare Größe 2: Lenkbewegung des Bandwagens 10, 10.1, 10.2

linguistische Variablen: stark rechts, rechts, leicht rechts, parallel, leicht links, links, stark links.

Im Folgenden werden beispielhaft einige Regeln angegeben, welche diese linguistischen Variablen verwenden.

Unscharfe Regel 1:

Wenn

Fahrtrichtung des Schaufelradbaggers 1 relativ zum Strossenband 22 = leicht rechts

Und

Winkel zwischen der Längsachse des Förderbands 13.1 und der Längsachse des Strossenbands 22 = klein

Und

Winkel zwischen der Längsachse des Förderbands 13.2 und der Längsachse des Strossenbands 22 = groß

Dann

Drehbewegung des Förderbands 13.2 = rechts (wird erreicht durch einen spezifizierten Stelleingriff oder ist durch eine unscharfe Menge spezifiziert).

Unscharfe Regel 2:

Wenn

Fahrtrichtung des Schaufelradbaggers 1 relativ zum Strossenband 22 = stark rechts

Und
Winkel zwischen der Längsachse des Förderbands 13.1 und der Längsachse des Strossenbands 22 = groß
Und
Winkel zwischen der Längsachse des Förderbands 13.2 und der Längsachse des Strossenbands 22 = groß
Dann
Drehbewegung des Förderbands 13.1 = leicht rechts
Und
Drehbewegung des Förderbands 13.2 = leicht rechts (wird erreicht durch einen spezifizierten Stelleingriff oder ist durch eine unscharfe Menge spezifiziert).

Unscharfe Regel 3:
Fahrtrichtung des Schaufelradbaggers 1 relativ zum Strossenband 22 = rechts
Und
Winkel zwischen der Längsachse des Förderbands 13.1 und der Längsachse des Strossenbands 22 = groß
Und
Winkel zwischen der Längsachse des Förderbands 13.2 und der Längsachse des Strossenbands 22 = groß
Dann
Lenkbewegung des Förderbands 13.1= leicht rechts
Und
Lenkbewegung des Förderbands 13.2 = leicht rechts (wird erreicht durch einen spezifizierten Stelleingriff).

Fig. 8 zeigt beispielhaft fünf unscharfe Mengen für die fünf linguistischen Variablen v1 (sehr klein) über v3 (mittel) bis v5 (sehr groß) der veränderlichen messbaren Größe 2 (Entfernung zwischen dem Schaufelradbagger 1 und dem Strossenband 22). Auf der x-Achse ist die Entfernung aufgetragen, auf der y-Achse der so genannte Zugehörigkeitsgrad μ einer möglichen Entfernung zur jeweiligen unscharfen Menge,

ausgedrückt als eine Zahl zwischen 0 und 1 (einschließlich). Für jeden möglichen Wert der veränderlichen Größe 2 beträgt die Summe der Zugehörigkeitsgrade eins.

In den Beispielen beziehen die Prämissen und Konklusionen der Regeln sich ausschließlich auf jeweils einen Messwert zum aktuellen Zeitpunkt. Möglich ist auch, dass eine Einzel-Prämisse sich auf einen zeitlichen Verlauf eines Messwerts oder auf einen Messwert zu einem früheren Zeitpunkt bezieht. Beispielsweise kann eine Einzel-Prämisse sich auf eine Fahrgeschwindigkeit / Winkelgeschwindigkeit oder eine Fahrbeschleunigung / Winkelbeschleunigung beziehen oder auf einen Messwert, der vor einer bestimmten Zeitspanne gewonnen wurde. Auf diese Weise ist es möglich, dass der regelbasierte Regler 30 ein „Gedächtnis“ realisiert.

Im Ausführungsbeispiel arbeitet der Regler 30 mit einer vorgegebenen Abtastrate. Zu jedem Abtast-Zeitpunkt verarbeitet der Regler 30 die zu diesem Abtast-Zeitpunkt gemessenen Sensor-Werte und optional frühere gemessene Werte, beispielsweise um eine zeitliche Veränderung herzuleiten.

In einer Ausgestaltung wertet der regelbasierte Regler 30 zur Laufzeit die vorgegebenen Regeln aus und wendet sie an. Dieser Modus ist insbesondere in einer Testphase zweckmäßig, in welcher der Regler 30 erprobt wird und in welcher ein Entwickler bei Bedarf einzelne Regeln abändert oder streicht oder weitere Regeln ergänzt. Die Anwendung der Regeln wird im Folgenden beschrieben.

Abhängig von den gemessenen Sensor-Werten berechnet der Regler 30 für jede Regler-Prämisse jeweils einen Erfülltheitsgrad. Hierfür berechnet der Regler 30 zunächst für jede Einzel-Prämisse der Regel-Prämisse jeweils einen Zugehörigkeitsgrad. Wie bereits erwähnt, bezieht sich jede Einzel-Prämisse auf einen Sensor. Der Regler 30 berechnet den Zugehörigkeitsgrad des von diesem Sensor gemessenen Werts zu dem Bereich, der in der Einzel-Prämisse spezifiziert ist.

Im Ausführungsbeispiel sind sowohl dieser Zugehörigkeitsgrad als auch dieser Erfülltheitsgrad eine Zahl zwischen null und eins (einschließlich). Falls die Regel-

Prämisse aus einer einzigen Einzel-Prämisse besteht, ist der Erfülltheitsgrad gleich dem berechneten Zugehörigkeitsgrad. Ansonsten berechnet der Regler 30 den Erfülltheitsgrad abhängig von den berechneten Zugehörigkeitsgraden der jeweiligen Sensor-Werte zu den Einzel-Prämissen und fasst hierbei diese Zugehörigkeitsgrade durch eine vorgegebene Aggregierungs-Vorschrift zusammen, die von der logischen Verknüpfung der Regel-Prämisse abhängt. Falls beispielsweise eine Regel-Prämisse „p1 und p2“ ist und falls die beiden Zugehörigkeitsgrade μ(p1) und μ(p2) betragen, so beträgt der Erfülltheitsgrad μ = μ(p1)*μ(p2) oder auch μ = min {μ(p1), μ(p2)}. Falls die Regel-Prämisse „p1 oder p2“ ist, so beträgt der Erfülltheitsgrad beispielsweise μ = max {μ(p1), μ(p2)} oder auch μ = μ(p1)+μ(p2) - μ(p1)*μ(p2).

Der Regler 30 berechnet somit für jede Regel-Prämisse jeweils einen Erfülltheitsgrad. Jede Konklusion einer Regel bezieht sich auf jeweils eine Stellgröße und spezifiziert einen Stelleingriff an dieser Stellgröße. Möglich ist, dass mehrere Konklusionen von unterschiedlichen Regeln sich auf dieselbe Stellgröße beziehen und verschiedene Stelleingriffe an dieser Stellgröße spezifizieren. Der Regler 30 berechnet für jede Stellgröße einen aggregierten Stelleingriff, der an dieser Stellgröße vorzunehmen ist. Hierfür verwendet der Regler 30 die Regel-Konklusion, die sich auf diese Stellgröße beziehen, sowie die Erfülltheitsgrade der Prämissen der entsprechenden Regeln. Diese Erfülltheitsgrade hat der Regler 30 zuvor berechnet, und zwar so wie oben beschrieben abhängig von den gemessenen Sensor-Werten und den Einzel-Prämissen. Der aggregierte Stelleingriff ist beispielsweise eine gewichtete Zusammenfassung der Stelleingriffe, die in denjenigen Konklusionen spezifiziert sind, welche sich auf diese Stellgröße beziehen. Die Erfülltheitsgrade werden als Gewichtungsfaktoren verwendet. Möglich ist auch, dass ein aggregierten Stelleingriff gleich demjenigen Stelleingriff ist, der in einer Regel-Konklusion spezifiziert ist, die zu der Regel-Prämisse mit dem höchsten Erfülltheitsgrad gehört.

Möglich ist, dass auch eine Konklusion mit Hilfe einer unscharfen Menge spezifiziert ist, z.B. ein Stelleingriff für die Stellgröße U ist gleich „groß“. Ein Stelleingriff, der einen numerischen Wert spezifiziert, lässt sich als ein Sonderfall einer unscharfen Menge auffassen. Die unscharfen Mengen der Konklusionen, die sich auf dieselbe Stellgröße

beziehen, werden bei der Regelung gewichtet zusammengefasst (aggregiert), wobei die Erfülltheitsgrade als Gewichtungsfaktoren verwendet werden. Aus der aggregierten unscharfen Menge wird ein einziger Wert abgeleitet und für den Stelleingriff verwendet, beispielsweise der x-Wert des Schwerpunkts der aggregierten unscharfen Menge.

In Fig. 9 wird diese Arbeitsweise des regelbasierten Reglers 30 beispielhaft erläutert. Vorgegeben sind zwei Regeln, nämlich:

R1: Wenn X1 = v1 und X2 = v2 dann U1 = u1 und U2 = u2

R2: Wenn X3 = v3 oder X4 = v4 dann U1 = u3.

Hierbei sind X1, X2, X3 und X4 Größen, welche von Sensoren der Sensoren-Menge gemessen werden, U1 und U2 Stellgrößen, v1, v2, v3 und v4 linguistische Variablen für die Größen X1 bis X4, u1 und u3 zwei mögliche Stelleingriffe für die Stellgröße U1 und u2 ein möglicher Stelleingriff für die Stellgröße U2. Die Regel R1 hat die Prämisse P1 mit den Einzel-Prämissen P1.1 (X1 = v1) und P1.2 (X2 = v2) und die beiden Konklusionen K1.1 (U1 = u1) und K1.2 (U2 = u2). Die Regel R2 hat die Prämisse P2 mit den Einzel-Prämissen P2.1 (X3 = v3) und P2.2 (X4 = v4) und die Konklusion K2 (U1 = u3).

Folgende Schritte werden durchgeführt:

- Die aktuellen Werte x1 bis x4 der vier veränderlichen Größen X1 bis X4 werden direkt gemessen oder hergeleitet (Schritte S1.1 und S1.2).
- Die beiden Zugehörigkeitsgrade $\mu_{v1}(x1)$ und $\mu_{v2}(x2)$ der beiden Messwerte x1 und x2 zu den beiden linguistischen Variablen v1 und v2 in den beiden Einzel-Prämissen P1.1 und P1.2 der Regel R1 werden berechnet (Ergebnisse Z1.1, Z1.2). Entsprechend werden die beiden Zugehörigkeitsgrade $\mu_{v3}(x3)$ und $\mu_{v4}(x4)$ betreffend die Regel R2 berechnet (Ergebnisse Z2.1, Z2.2).
- Der Erfülltheitsgrad $\mu_{R1} = \mu_{v1}(x1)*\mu_{v2}(x2)$ der Prämisse der Regel R1 wird berechnet (Ergebnis E1). Der Erfülltheitsgrad $\mu_{R2} = \max \{\mu_{v3}(x1), \mu_{v2}(x2)\}$ der Prämisse der Regel R2 wird berechnet (Ergebnis E2).
- Auf die Stellgröße U2 bezieht sich nur eine Konklusion, nämlich die Konklusion K1.2 der Regel R1. Der Erfülltheitsgrad μ_{R1} liegt oberhalb eines vorgegebenen Bereichs

min. Daher wird als Stelleingriff für U2 derjenige Stelleingriff verwendet, der in der Regel R1 spezifiziert ist, also U2 = u2.

- Auf die Stellgröße U1 beziehen sich die Konklusion K1.1 der Regel R1 und die Konklusion K2 der Regel R2. Der Erfülltheitsgrad μ_{R2} ist größer als der Erfülltheitsgrad μ_{R1}. Daher wird der Stelleingriff verwendet, den die Konklusion der Regel R2 spezifiziert, also u3. Also werden die beiden Stelleingriffe U1 = u3, U2 = u2 berechnet (Schritt St). Möglich ist auch, eine gewichtete Zusammenfassung $u1 = \mu_{R1}*u1 + \mu_{R2}*u3$ als Wert des Stelleingriffs für U1 zu verwenden.
- Im Schritt St1 löst der Regler 30 den Vorgang aus, dass beide Stelleingriffe U1 = u3 (oder $U1 = \mu_{R1}*u1 + \mu_{R2}*u3$) und U2 = u2 vorgenommen werden.

In einer anderen Ausgestaltung umfasst der Regler 30 einen Kennfeld-Generierer und einen Kennfeld-Auswerter. Nachdem die Testphase erfolgreich abgeschlossen ist, wertet der Kennfeld-Generierer die aufgestellten und getesteten Regeln aus und generiert automatisch ein rechnerauswertbares Kennfeld. Dieses Kennfeld ordnet jeder möglichen Kombination von Sensor-Werten jeweils einen einzelnen Stelleingriff, eine Menge von Stelleingriffen an verschiedenen Stellgrößen oder die Festlegung, dass bei dieser Werte-Kombination kein Stelleingriff vorzunehmen ist, zu. Dieses Kennfeld wird generiert und abgespeichert und bleibt so lange gültig, wie die aufgestellten Regeln unverändert bleiben. Der Kennfeld-Auswerter wertet zur Laufzeit dieses Kennfeld aus, indem der Regler 30 den im Kennfeld spezifizierten funktionalen Zusammenhang auf die aktuell gemessene Kombination von Sensor-Werten anwendet. Der Regler 30 löst dann den oder jeden zugeordneten Stelleingriff aus oder löst auch keinen Stelleingriff aus, wenn dies im Kennfeld spezifiziert ist. Zur Laufzeit wird nur das Kennfeld benötigt, aber nicht die vorgegebenen Regeln.

Fig. 10 veranschaulicht dieses Vorgehen. Ein Entwickler formuliert mit Hilfe eines Arbeitsplatzrechners 31 die linguistischen Variablen, die Regeln, die Bereiche für die Einzel-Prämissen und die Zugehörigkeitsfunktionen für die linguistischen Variablen. Aus diesen Informationen erzeugt der Kennfeld-Generierer 32 das Kennfeld Kf. Dieses Kennfeld Kf wird in einem Datenspeicher 34 abgespeichert. Der Kennfeld-Auswerter 33

ist Bestandteil des Reglers 30 und hat zur Laufzeit Lesezugriff auf den Datenspeicher 34.

Bevorzugt wird automatisch der Schritt entdeckt, dass mindestens eine vorgegebene Regel geändert oder gestrichen wurde oder eine zusätzliche Regel vorgegeben wurde. Die Entdeckung dieses Schritts löst den Vorgang aus, dass der Kennfeld-Generierer 32 erneut ein Kennfeld Kf berechnet, welches dann im Datenspeicher 34 abgespeichert wird und das alte Kennfeld Kf überschreibt. Der Kennfeld-Auswerter 33 verwendet das geänderte Kennfeld Kf. Dadurch ist sichergestellt, dass das verwendete Kennfeld Kf stets den aktuellen Regeln entspricht.

In einer Ausgestaltung steuert der Regler 30 die Stellgrößen des folgenden Tagebau-Systems 5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60 ausschließlich abhängig von den vorgegebenen Regeln an, und zwar so wie gerade beschrieben.

In einer anderen Ausgestaltung wird eine kaskadierte Regelung angewendet. Der Regler 30 wertet so wie gerade beschrieben die vorgegebenen Regeln aus, um sicherzustellen, dass jeder bewegliche Bestandteil des folgenden Tagebau-Systems 5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60 stets in der Nähe einer geforderten Position bleibt, also den Bewegungen des führenden Tagebau-Systems 2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55 bis auf eine vorgegebene Toleranz folgen. Das ist die übergeordnete Regelung. Als die untergeordnete Regelung wird eine klassische Positionsregelung durchgeführt, um die beweglichen Bestandteile des folgenden Tagebau-Systems 5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60 zu justieren. Diese klassische Regelung wird nur für relativ geringe Regel-Abweichungen verwendet, nämlich innerhalb der Toleranz, weswegen in vielen Fällen ein lineares Prozessmodell die Realität ausreichend genau beschreibt und die Parameter dieses Modells sich mit relativ geringem Aufwand bestimmen lassen. Diese kaskadierte Regelung mit einer regelbasierten übergeordneten Regelung und einer untergeordneten Regelung, die insbesondere eine modellbasierte oder eine sonstige konventionelle Regelung ist, erfordert deutlich weniger vorgegebene Regeln als eine Regelung ausschließlich unter Verwendung von Regeln.

Bezugszeichen

1	Schaufelradbagger (bucket wheel excavator), umfasst das Schaufelrad 2, das Aufnahmeband 3, den Schaufelradarm 4, das Abwurfband 5, den Auslegerarm 6, das Fahrwerk 7, den Oberbau 7 und die Schurre 80
2	Schaufelrad (bucket wheel) des Schaufelradbaggers 1, fungiert als Abbaugerät
3	Aufnahmeband des Schaufelradbaggers 1, gehört zur Überbrückungs-Fördereinrichtung des ersten Ausführungsbeispiels
4	Schaufelradarm des Schaufelradbaggers 1, trägt das Aufnahmeband 3, gehört zur Überbrückungs-Fördereinrichtung des ersten Ausführungsbeispiels
5	Abwurfband des Schaufelradbaggers 1, gehört zur Abtransport-Fördereinrichtung des ersten Ausführungsbeispiels
6	Auslegerarm des Schaufelradbaggers 1, trägt das Abwurfband 5, gehört zur Abtransport-Fördereinrichtung des ersten Ausführungsbeispiels
7	Fahrwerk des Schaufelradbaggers 1, umfasst mindestens zwei Raupen
8	Oberbau des Schaufelradbaggers 1, relativ zum Fahrwerk 7 drehbar
10	einziger Bandwagen (belt wagon), umfasst ein Förderband 13 und eine Aufnahme-Schurre 11
10.1, 10.2	aufeinander folgende Bandwagen, umfassen jeweils ein Förderband 13.1, 13.2 und eine Aufnahme-Schurre 11.1, 11.2
11	Aufnahme-Schurre (receiving chute) des einzigen Bandwagens 10
11.1, 11.2	Aufnahme-Schurren der beiden Bandwagen 10.1, 10.2
11.3	Abwurf-Schurre des Bandwagens 10 bzw. 10.2
12	aufnahmeseitiger Auslegerarm (receiving boom) des einzigen Bandwagens 10, trägt die Aufnahme-Schurre 11
12.1, 12.2	aufnahmeseitige Auslegerarme der beiden Bandwagen 10.1, 10.2, tragen jeweils eine Aufnahme-Schurre 11.1, 11.2
13	durchgehendes Förderband des einzigen Bandwagens 10
13.1,	durchgehende Förderbänder der beiden Bandwagen 10.1, 10.2

13.2	
14	abgabeseitiger Auslegerarm (discharge boom) des einzigen Bandwagens 10
14.1, 14.2	abgabeseitige Auslegerarme der beiden Bandwagen 10.1, 10.2
15	Fahrwerk des einzigen Bandwagens 10
16	Oberbau des einzigen Bandwagens 10
20	Aufnahmewagen (hopper car), von einem eigenen Antrieb entlang des Strossenbands 22 bewegbar
21	Strosse, entlang welcher sich das Strossenbands 22 bewegt.
22	permanent angetriebenes Strossenband (bench conveyor), welches Abbaugut vom Aufnahmewagen 20 erhält und das erhaltene Abbaugut entlang der Strosse 21 abtransportiert
30	Regler (closed-loop controller), verarbeitet Messwerte von den Sensoren und steuert die Stellgrößen an, in einer Ausgestaltung als regelbasierter Regler ausgestaltet, umfasst in einer Ausgestaltung den Datenspeicher 34 und den Kennfeld-Auswerter 33
31	Arbeitsplatzrechner, mit dem ein Entwickler die Regeln, Variablen und unscharfen Mengen für den Regler 30 aufstellt.
32	Kennfeld-Generierer, der aus den linguistischen Regeln R1, R2 und den Variablen v1, …, v4 das Kennfeld Kf generiert
33	Kennfeld-Auswerter, der zur Laufzeit das generierte Kennfeld Kf abarbeitet, um die Stelleingriffe zu berechnen
34	Datenspeicher, in dem das generierte Kennfeld Kf abgespeichert ist
40	Schaufelbagger (shovel excavator), umfasst die Schaufel 41 und den Schaufelarm 42
41	Schaufel des Schaufelbaggers 40, am Schaufelradarm 42 befestigt
42	Schaufelarm des Schaufelbaggers 40, trägt die Schaufel 41
43	mobiles Brechgerät (mobile crusher)
44	Fahrwerk des mobilen Brechgeräts 43
45	Trichter des mobilen Brechgeräts 43
46	Aufnahmeband des mobilen Brechgeräts 43, vom aufnahmeseitigen

	Auslegerarm 47 getragen
47	aufnahmeseitiger Auslegerarm des mobilen Brechgeräts 43, trägt den Trichter 45 und das Aufnahmeband 46
48	Abwurfband des mobilen Brechgeräts 43, vom abgabeseitigen Auslegerarm 49 getragen, gehört zur Abtransport-Fördereinrichtung des zweiten Ausführungsbeispiels
49	abgabeseitiger Auslegerarm des mobilen Brechgeräts 43, trägt das Abwurfband 48, gehört zur Abtransport-Fördereinrichtung des zweiten Ausführungsbeispiels
50	Absetzgerät (spreader), umfasst das Aufnahmeband 51, den aufnahmeseitigen Auslegerarm 52, das Abwurfband 54, den abgabeseitigen Auslegerarm 55 und das Fahrwerk 53
51	Aufnahmeband des Absetzgeräts 50, vom aufnahmeseitigen Auslegerarm 52 getragen
52	aufnahmeseitiger Auslegerarm des Absetzgeräts 50, trägt das Aufnahmeband 51
53	Fahrwerk des Absetzgeräts 50
54	Abwurfband des Absetzgeräts 50, vom abgabeseitigen Auslegerarm 55 getragen
55	abgabeseitiger Auslegerarm des Absetzgeräts 50, trägt das Abwurfband 54
60	Bandschleifenwagen (tripper car)
61	Fahrwerk des Bandschleifenwagens 60
80	Schurre des Schaufelradbaggers 1
81	Schurre des Brechgeräts 43
82	Schurre des Absetzgeräts 50
83	Schurre des Bandschleifenwagens 60
A	Abbruchkante, von dem das Schaufelrad 2 sowie die Schaufel 41 Abbaugut abtragen
FS	führendes Tagebau-System, umfasst im ersten Ausführungsbeispiel das Schaufelrad 2, das Aufnahmeband 3 und den Schaufelradarm 4, im zweiten Ausführungsbeispiel den Trichter 45, das Aufnahmeband 46 und den

	aufnahmeseitigen Auslegerarm 47 und im dritten Ausführungsbeispiel das Abwurfband 54 und den abgabeseitigen Auslegerarm 55
Kf	Kennfeld, welches jeder Kombination von Messwerten mindestens einen Stelleingriff zuordnet
P1, P2	Prämissen der Regeln R1, R2
P1.1, P1.2	Einzel-Prämissen der Prämisse P1
P2.1, P2.2	Einzel-Prämissen der Prämisse P2
R1, R2	Regeln, die vom Regler 30 verarbeitet werden
S	Systemgrenze zwischen der Tagebau-Anordnung des zweiten Ausführungsbeispiels und dem Schaufelbagger 40
U1, U2	Stellgrößen, vom Regler 30 angesteuert
u1, u2, u3	mögliche Stelleingriffe für die Stellgrößen U1, U2
v1, …, v4	linguistische Variablen in den Prämissen P1, P2, haben die Zugehörigkeitsfunktionen μ_{v1}, …, μ_{v4}
μ_{R1}, μ_{R2}	Erfülltheitsgrade der Regeln R1, R2
$\mu_{v1}(x1)$, …, $\mu_{v4}(x4)$	Zugehörigkeitsgrade der Messwerte x1, …, x4 zu den linguistischen Variablen v1, …, v4

Patentansprüche

1. Tagebau-Anordnung umfassend
   - ein führendes Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) und
   - ein folgendes Tagebau-System (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60),

   wobei das führende Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) dazu ausgestaltet ist, schüttfähiges Abbaugut abzubauen, aufzunehmen und / oder abzuwerfen,
   wobei das folgende Tagebau-System (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) dazu ausgestaltet ist, schüttfähiges Abbaugut vom und / oder zum führenden Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) zu fördern,
   wobei das führende Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) in jede Richtung über die Erdoberfläche bewegbar ist und
   wobei mindestens ein Bestandteil des folgenden Tagebau-Systems (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) relativ zum führenden Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) in mindestens eine Richtung über die Erdoberfläche bewegbar ist,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   die Tagebau-Anordnung
   - einen ersten Sensor (X1) und
   - einen datenverarbeitenden Regler (30)

   umfasst und dass
   das folgende Tagebau-System (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) durch eine erste Stellgröße (U1) bewegbar ist,
   wobei der erste Sensor dazu ausgestaltet ist, eine Größe zu messen, die mit einer Position, einem Abstand, einer Orientierung und / oder einer Bewegung des folgenden Tagebau-Systems (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) relativ zum führenden Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) korreliert,
   wobei der Regler (30) dazu ausgestaltet ist, unter Verwendung mindestens eines Messwerts (x1) des ersten Sensors (X1) automatisch die erste Stellgröße (U1) so anzusteuern,
   dass das folgende Tagebau-System (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) einer Bewegung des führenden Tagebau-Systems (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) dergestalt folgt,

dass ein kontinuierlicher Materialfluss von Abbaugut zwischen den beiden Tagebau-Systemen (2 bis 16, 20, 45 bis 60) erzielt wird.

2. Tagebau-Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (30) dazu ausgestaltet ist, für die Ansteuerung der oder mindestens einer Stellgröße (U1, U2) automatisch eine Menge von vorgegebenen rechnerauswertbaren Regeln (R1, R2) auszuführen,
wobei jede Regel (R1, R2) eine Prämisse (P1, P2) und mindestens eine Konklusion (K1.1, K1.2, K2) umfasst,
wobei die Prämisse (P1, P2) eine Einzel-Prämisse oder eine logische Verknüpfung von mehreren Einzel-Prämissen (P1.1, P1.2, P2.1, P2.2) umfasst,
wobei mindestens Einzel-Prämisse (P1.1, P1.2, P2.1, P2.2) eine unscharfe Menge (fuzzy set) spezifiziert.

3. Tagebau-Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (30) ein regelbasierter Regler ist oder einen solchen regelbasierten Regler umfasst und dazu ausgestaltet ist, für die Ansteuerung der oder mindestens einer Stellgröße (U1, U2) automatisch eine Menge von vorgegebenen rechnerauswertbaren Regeln (R1, R2) auszuführen, wobei jede Regel (R1, R2) eine Prämisse (P1, P2) und mindestens eine Konklusion (K1.1, K1.2, K2) umfasst, wobei die Prämisse (P1, P2) eine Einzel-Prämisse oder eine logische Verknüpfung von mehreren Einzel-Prämissen (P1.1, P1.2, P2.1, P2.2) umfasst, wobei mindestens eine Einzel-Prämisse einer Regel eine so genannte unscharfe Menge (fuzzy set) spezifiziert, so dass diese Regel eine so genannte unscharfe Regel (fuzzy rule) ist, und wobei die unscharfe Menge der Einzel-Prämisse jedem möglichen Wert des Sensors, auf den die Einzel-Prämisse sich bezieht, jeweils einen Zugehörigkeitsgrad zuordnet.

4. Tagebau-Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine vom Sensor gemessene Größe (Sensor-Wert) mindestens einer unscharfen Menge (fuzzy set) einer linguistischen Variablen über einen Zugehörigkeitsgrad zugeordnet wird.

5. Tagebau-Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Regel (R1, R2) eine Prämisse (P1, P2) und mindestens eine Konklusion (K1.1, K1.2, K2) umfasst, wobei die Prämisse sich auf ein fuzzy set bezieht und gültig ist, wenn der Zugehörigkeitsgrad zu einem/dem fuzzy set grösser null ist.

6. Tagebau-Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Tagebau-Anordnung mindestens einen zweiten Sensor (X2, ..., X4) umfasst und das folgende Tagebau-System (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60)
- einen Überbrückungs-Bestandteil (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) und
- einen geführten Tagebau-Bestandteil (20, 60)

umfasst,
wobei die Tagebau-Anordnung dazu ausgestaltet ist, mit Hilfe des Überbrückungs-Bestandteils (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) schüttfähiges Abbaugut vom führenden Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47) zum geführten Tagebau-Bestandteil (20) und / oder vom geführten Tagebau-Bestandteil (60) zum führenden Tagebau-System (54, 55) zu fördern,
wobei der Überbrückungs-Bestandteil (5 bis 16, 48, 49, 51, 52)
- relativ zum führenden Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) in mindestens eine Richtung über die Erdoberfläche bewegbar ist und
- durch die erste Stellgröße (U1) bewegbar ist,

wobei der folgende Tagebau-Bestandteil (20)
- relativ zum Überbrückungs-Bestandteil (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) in mindestens eine Richtung über die Erdoberfläche bewegbar ist und
- durch eine zweite Stellgröße (U2) bewegbar ist,

wobei der erste Sensor (X1) dazu ausgestaltet ist, eine Größe zu messen, die mit einer Position, einem Abstand, einer Orientierung und / oder einer Bewegung des Überbrückungs-Bestandteils (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) relativ zum führenden Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) korreliert,
wobei der zweite Sensor (X2, ..., X4) dazu ausgestaltet ist, eine Größe zu messen, die mit einer Position, einem Abstand, einer Orientierung und / oder einer Bewegung

des folgenden Tagebau-Bestandteils (20) relativ zum Überbrückungs-Bestandteil (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) korreliert,
wobei der Regler (30) dazu ausgestaltet ist,

- unter Verwendung mindestens eines Messwerts (x1) des ersten Sensors automatisch die erste Stellgröße (U1) so anzusteuern, dass der Überbrückungs-Bestandteil (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) einer Bewegung des führenden Tagebau-Systems (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) folgt, und
- unter Verwendung mindestens eines Messwerts (x2, ..., x4) des zweiten Sensors (X2, ..., X4) automatisch die zweite Stellgröße (U2) so anzusteuern, dass der geführte Tagebau-Bestandteil (20, 60) einer Bewegung des Überbrückungs-Bestandteils (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) folgt,

wobei der Regler (30) weiterhin dazu ausgestaltet ist, die Ansteuerungen dergestalt vorzunehmen, dass ein kontinuierlicher Materialfluss von Abbaugut

- zwischen dem Überbrückungs-Bestandteil (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) und dem geführten Tagebau-Bestandteil (20, 60) sowie
- zwischen dem Überbrückungs-Bestandteil (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) und dem führenden Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55)

erzielt wird.

7. Tagebau-Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
jedes Tagebau-System (2 bis 16, 20 bis 60) jeweils eine Fördereinrichtung (3, 5, 13, 13.1, 13.2, 22, 46, 48, 51, 54) umfasst,
wobei die Tagebau-Anordnung so ausgestaltet ist, dass

- die eine Fördereinrichtung (5, 13, 13.1, 13.2, 22, 46, 51) eine abgebende und die andere Fördereinrichtung (13, 13.1, 13.2, 48, 51, 54) eine aufnehmende Fördereinrichtung ist und
- die abgebende Fördereinrichtung (5, 13, 13.1, 22, 46, 51) schüttfähiges Abbaugut an die aufnehmende Fördereinrichtung (13, 13.2, 48, 51, 54) abzugeben vermag,

wobei der erste Sensor (X1) dazu ausgestaltet ist, eine Größe zu messen, die mit der Position der aufnehmenden Fördereinrichtung (13, 13.1, 13.2, 48, 51, 54) relativ zur abgebenden Fördereinrichtung (5, 13.1, 46, 51) korreliert, und
wobei der Regler (30) dazu ausgestaltet ist, die erste Stellgröße (U1) unter Verwendung mindestens eines Messwerts (x1) des ersten Sensors (X1) automatisch so anzusteuern,
dass das folgende Tagebau-System (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) einer Bewegung des führenden Tagebau-Systems (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) dergestalt folgt,
dass die abgebende Fördereinrichtung (13, 13.1, 13.2, 22, 46, 51) sich stets oberhalb der aufnehmenden Fördereinrichtung (5, 13, 13.1, 13.2, 48, 51, 54) befindet.

8. Tagebau-Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das führende Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55)
- ein Abbaugerät (2), insbesondere ein angetriebenes Schaufelrad (2) eines Schaufelradbaggers (1), zum Abbauen von Abbaugut,
- ein Abwurfband (55) eines Absetzgeräts (50) zum Abwerfen von Abbaugut, insbesondere von Abraumgut, und / oder
- einen Trichter (45) eines mobilen Brechgeräts (43) zum Zerkleinern von aufgenommenem Abbaugut

umfasst.

9. Tagebau-Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das folgende Tagebau-System (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60)
- eine mobile Fördereinrichtung (13, 13.1, 13.2), insbesondere einen Bandwagen (10, 10.1, 10.2) oder eine Bandbrücke, zum Fördern von schüttfähigem Abbaugut,
- eine mobile Schurre, insbesondere ein Aufnahmewagen (20), zum Lenken von schüttfähigem Abbaugut auf eine Abtransport-Einrichtung (22) und / oder

- einen Bandschleifenwagen (60) zum Antransportieren und Abwerfen von schüttfähigem Abbaugut

umfasst.

10. Tagebau-Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Tagebau-Anordnung ein Aufnahme-System (1, 43), insbesondere einen Schaufelradbagger (1) oder ein mobiles Brechgerät (43), umfasst,
wobei das Aufnahme-System (1, 43)
- ein Aufnahmegerät (2, 45), welches in jede Richtung über die Erdoberfläche bewegbar ist,
- eine Überbrückungs-Fördereinrichtung (3, 4, 46, 47) und
- eine Abtransport-Fördereinrichtung (5, 6, 48, 49), welche durch die erste Stellgröße (U1) bewegbar ist,

umfasst,
wobei das Aufnahme-System (1, 54) dazu ausgestaltet ist,
- mit Hilfe des Aufnahmegeräts (2, 45) Abbaugut aufzunehmen,
- aufgenommenes Abbaugut mit Hilfe der Überbrückungs-Fördereinrichtung (3, 4, 46, 47) zur Abtransport-Fördereinrichtung (5, 6, 48, 49) zu transportieren und
- mit Hilfe der Abtransport-Fördereinrichtung (5, 6, 48, 49) abzutransportieren,

wobei die Abtransport-Fördereinrichtung (5, 6, 48, 49) relativ zur Überbrückungs-Fördereinrichtung (3, 4, 46, 47) bewegbar, insbesondere um eine horizontale und / oder vertikale Achse verschwenkbar, ist,
wobei der erste Sensor (X1) dazu ausgestaltet ist, eine Größe zu messen, die mit einer Position, einem Abstand, einer Orientierung und / oder einer Bewegung der Abtransport-Fördereinrichtung (5, 6) relativ zur Überbrückungs-Fördereinrichtung (3, 4, 46, 47) korreliert,
wobei der Regler (30) dazu ausgestaltet ist, unter Verwendung mindestens eines Messwerts (x1) des ersten Sensors (X1) automatisch die erste Stellgröße (U1) so anzusteuern,
dass die Abtransport-Fördereinrichtung (5, 6, 48, 49) einer Bewegung der Überbrückungs-Fördereinrichtung (3, 4, 46, 47) dergestalt folgt,

dass stets ein kontinuierlicher Materialfluss von Abbaugut vom der Überbrückungs-Fördereinrichtung (3, 4, 46, 47) zu der Abtransport-Fördereinrichtung (5, 6, 48, 49) erzielt wird.

11. Tagebau-Anordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Regler (30) dazu ausgestaltet ist, für die Ansteuerung der oder mindestens einer Stellgröße (U1, U2) automatisch eine Menge von vorgegebenen rechnerauswertbaren Regeln (R1, R2) auszuführen,
wobei jede Regel (R1, R2) eine Prämisse (P1, P2) und mindestens eine Konklusion (K1.1, K1.2, K2) umfasst,
wobei die Prämisse (P1, P2) eine Einzel-Prämisse oder eine logische Verknüpfung von mehreren Einzel-Prämissen (P1.1, P1.2, P2.1, P2.2) umfasst,
wobei jede Einzel-Prämisse (P1.1, P1.2, P2.1, P2.2)
- sich auf jeweils einen Sensor (X1, .., X4) der Tagebau-Anordnung bezieht,
- einen Bereich der möglichen Werte dieses Sensors (X1, .., X4) spezifiziert und
- abhängig von einem tatsächlichen Wert (x1, …, x4) dieses Sensors (X1, .., X4) mindestens entweder erfüllt oder nicht erfüllt ist,

wobei jede Regel-Konklusion (K1.1, K1.2, K2)
- sich auf jeweils eine Stellgröße (U1, U2) des folgenden Tagebau-Systems (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) bezieht und
- mindestens einen Stelleingriff (u1, u2, u3) für diese Stellgröße (U1, U2) spezifiziert und

wobei der Regler (30) dazu ausgestaltet ist, mindestens dann einen Stelleingriff (u1, u2, u3) auszulösen, der in einer Konklusion (K1.1, K1.2, K2) einer Regel (R1, R2) spezifiziert ist,
wenn die einzige Einzel-Prämisse oder die logische Verknüpfung der Einzel-Prämissen (P1.1, P1.2, P2.1, P2.2) dieser Regel (R1, R2) erfüllt ist.

12. Tagebau-Anordnung nach dem vorhergehenden Anspruch ,
dadurch gekennzeichnet, dass

mindestens eine Einzel-Prämisse (P1.1, P1.2, P2.1, P2.2) einer vorgegebenen Regel (R1, R2) eine unscharfe Menge (v1, ..., v4) spezifiziert,
welche jedem möglichen Wert (x1, ..., x4) des Sensors (X1, .., X4), auf den sich die Regel (R1, R2) bezieht, jeweils einen Zugehörigkeitsgrad (Z1.1, Z1.2, Z2.1, Z2.2) zuordnet, der ein Grad dafür ist, in welchem Maße der Sensor-Wert (x1, ..., x4) zu der unscharfen Menge gehört,
wobei der Regler (30) dazu ausgestaltet ist, für die Prämisse (P1, P2) einer Regel (R1, R2) abhängig

- von den gemessenen Sensor-Werten (x1, ..., x4) und
- von den Zugehörigkeitsgraden (Z1.1, Z1.2, Z2.1, Z2.2) von gemessenen Sensor-Werten (x1, ..., x4) zu den Einzel-Prämissen (P1.1, P1.2, P2.1, P2.2) der Prämisse (P1, P2)

einen Erfülltheitsgrad (E1, E2) der Prämisse (P1, P2) zu berechnen, und
wobei der Regler (30) dazu ausgestaltet ist,
für mindestens eine Stellgröße (U1, U2) einen Stelleingriff (u2, u3) zu berechnen,
wobei der Stelleingriff (u2, u3)

- von den Konklusionen derjenigen Regeln (R1, R2), die sich auf diese Stellgröße (U1, U2) beziehen, und
- von den Erfülltheitsgraden (E1, E2) der Prämissen (P1, P2) dieser Regeln (R1, R2)

abhängt.

13. Tagebau-Anordnung nach dem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet, dass
jeder Zugehörigkeitsgrad (Z1.1, Z1.2, Z2.1, Z2.2) eine Zahl ist, die

- gleich null (für nicht erfüllt),
- gleich eins (für erfüllt) oder
- eine Zahl zwischen null und eins für einen Zwischen-Zugehörigkeitsgrad ist.

14. Tagebau-Anordnung nach Anspruch 12 oder Anspruch13,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Regler (30) dazu ausgestaltet ist,

dann, wenn die Regel-Konklusionen von verschiedenen Regeln (R1, R2)

- sich auf dieselbe Stellgröße (U1) beziehen und
- insgesamt mindestens zwei unterschiedliche Stelleingriffe (u1, u3) spezifizieren,

einen aggregierten Stelleingriff (u3) zu berechnen, der

- von den spezifizierten Stelleingriffen (u1, u3) und
- von den Erfülltheitsgraden (E1, E2) der Prämissen (P1, P2) dieser verschiedenen Regeln (R1, R2) abhängt.

15. Tagebau-Anordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Tagebau-Anordnung einen Kennfeld-Generierer (32) umfasst und
der Regler (30) einen Kennfeld-Auswerter (33) umfasst,
wobei der Kennfeld-Generierer (32) dazu ausgestaltet ist, abhängig von den vorgegebenen Regeln (R1, R2) ein rechnerauswertbares Kennfeld (Kf) zu generieren,
wobei das generierte Kennfeld (Kf) jeder möglichen Kombination von Sensor-Werten (x1, ..., x4) jeweils

- einen Stelleingriff (u1, u2, u3),
- eine Kombination von Stelleingriffen (u1, u2, u3) oder
- die Festlegung, dass dieser Werte-Kombination (x1, ..., x4) kein Stelleingriff zugeordnet ist,

zuordnet,
wobei der Kennfeld-Auswerter (33) dazu ausgestaltet ist, das berechnete Kennfeld (Kf) abhängig von den gemessenen Sensor-Werten (x1, ..., x4) auszuwerten, und
wobei der Regler (30) dazu ausgestaltet ist, die Auswertung des Kennfelds (Kf) zu verwenden,
um abhängig von den Sensor-Messwerten (x1, ..., x4) die oder mindestens eine Stellgröße (U1, U2) anzusteuern.

16. Tagebau-Anordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass

der Regler (30) dazu ausgestaltet ist, eine übergeordnete Regelung und eine untergeordnete Regelung durchzuführen,
wobei der Regler (30) dazu ausgestaltet ist,

- die übergeordnete Regelung durch Anwendung der Regeln (R1, R2) mit dem Ziel auszuführen, dass das folgende Tagebau-System (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) einer Bewegung des führenden Tagebau-Systems (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) dergestalt folgt,

  dass die Position des folgenden Tagebau-Systems (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) relativ zum führenden Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) innerhalb eines vorgegebenen Bereichs bleibt, und
- die untergeordnete Regelung unter Verwendung eines vorgegebenen Prozessmodells mit dem Ziel auszuführen,

  dass das innerhalb des vorgegebenen Bereichs gehaltene folgende Tagebau-System (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) der Bewegung des führenden Tagebau-Systems (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) dergestalt folgt,
  dass ein kontinuierlicher Materialfluss von Abbaugut zwischen den beiden Tagebau-Systemen (2 bis 16, 20, 45 bis 60) erzielt wird.

17. Verfahren zum Betreiben einer Tagebau-Anordnung,
wobei die Tagebau-Anordnung

- ein führendes Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) und
- ein folgendes Tagebau-System (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60)

umfasst,
wobei das Verfahren die Schritte umfasst, dass

- das führende Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) schüttfähiges Abbaugut abbaut, aufnimmt und / oder abwirft,
- das folgende Tagebau-System (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) schüttfähiges Abbaugut vom und / oder zum führenden Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) fördert,
- das führende Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) an einem ersten Zeitpunkt in eine erste Richtung und an einem nachfolgenden zweiten Zeitpunkt

in eine zweite Richtung über die Erdoberfläche bewegt wird, wobei die zweite Richtung sich von der ersten Richtung unterscheidet, und

- mindestens ein Bestandteil des folgenden Tagebau-Systems (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) an beiden Zeitpunkten relativ zum führenden Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) über die Erdoberfläche bewegt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Tagebau-Anordnung

- einen ersten Sensor (X1) und
- einen datenverarbeitenden Regler (30)

umfasst und

das folgende Tagebau-System (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) durch eine erste Stellgröße (U1) bewegbar ist,

wobei das Verfahren die weiteren Schritte umfasst, dass

- der erste Sensor (X1) an beiden Zeitpunkten eine Größe misst, die mit einer Position, einem Abstand, einer Orientierung und / oder einer Bewegung des folgenden Tagebau-Systems (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) relativ zum führenden Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) korreliert,
- der Regler (30) an beiden Zeitpunkten unter Verwendung jeweils mindestens eines Messwerts (x1) des ersten Sensors (X1) automatisch die erste Stellgröße (U1) so ansteuert,

  dass das folgende Tagebau-System (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) der jeweiligen Bewegung des führenden Tagebau-Systems (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) dergestalt folgt,

  dass ein kontinuierlicher Materialfluss von Abbaugut zwischen den beiden Tagebau-Systemen (2 bis 16, 20, 45 bis 60) erzielt wird.

18. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (30) für die Ansteuerung der oder mindestens einer Stellgröße (U1, U2) automatisch eine Menge von vorgegebenen rechnerauswertbaren Regeln (R1, R2) ausführt,

wobei jede Regel (R1, R2) eine Prämisse (P1, P2) und mindestens eine Konklusion (K1.1, K1.2, K2) umfasst,

wobei die Prämisse (P1, P2) eine Einzel-Prämisse oder eine logische Verknüpfung von mehreren Einzel-Prämissen (P1.1, P1.2, P2.1, P2.2) umfasst,
wobei mindestens Einzel-Prämisse (P1.1, P1.2, P2.1, P2.2) eine unscharfe Menge (fuzzy set) spezifiziert.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (30) ein regelbasierter Regler ist oder einen solchen regelbasierten Regler umfasst und wobei der Regler für die Ansteuerung der oder mindestens einer Stellgröße (U1, U2) automatisch eine Menge von vorgegebenen rechnerauswertbaren Regeln (R1, R2) ausführt, wobei jede Regel (R1, R2) eine Prämisse (P1, P2) und mindestens eine Konklusion (K1.1, K1.2, K2) umfasst, wobei die Prämisse (P1, P2) eine Einzel-Prämisse oder eine logische Verknüpfung von mehreren Einzel-Prämissen (P1.1, P1.2, P2.1, P2.2) umfasst, wobei mindestens eine Einzel-Prämisse einer Regel eine so genannte unscharfe Menge (fuzzy set) spezifiziert, so dass diese Regel eine so genannte unscharfe Regel (fuzzy rule) ist, und wobei die unscharfe Menge der Einzel-Prämisse jedem möglichen Wert des Sensors, auf den die Einzel-Prämisse sich bezieht, jeweils einen Zugehörigkeitsgrad zuordnet.

20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Tagebau-Anordnung mindestens einen zweiten Sensor (X2, ..., X4) umfasst und das folgende Tagebau-System (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60)
- einen Überbrückungs-Bestandteil (5 bis 16, 48, 49, 51, 52), der durch die erste Stellgröße (U1) bewegbar ist, und
- einen geführten Tagebau-Bestandteil (20, 60), der durch eine zweite Stellgröße (U2) bewegbar ist, umfasst,

wobei das Verfahren die Schritte umfasst, dass
- der Überbrückungs-Bestandteil (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) schüttfähiges Abbaugut vom führenden Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47) zum geführten Tagebau-Bestandteil (20) und / oder vom geführten Tagebau-Bestandteil (60) zum führenden Tagebau-System (54, 55) fördert,

- der erste Sensor (X1) an beiden Zeitpunkten eine Größe misst, die mit einer Position, einem Abstand, einer Orientierung und / oder einer Bewegung des Überbrückungs-Bestandteils (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) relativ zum führenden Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47) korreliert,
- der zweite Sensor (X2, ..., X4) an beiden Zeitpunkten eine Größe misst, die mit einer Position, einem Abstand, einer Orientierung und / oder einer Bewegung des geführten Tagebau-Bestandteils (20, 60) relativ zum Überbrückungs-Bestandteil (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) korreliert,
- der Regler (30) an beiden Zeitpunkten unter Verwendung mindestens eines Messwerts (x1) des ersten Sensors (X1) automatisch die erste Stellgröße (U1) so ansteuert, dass der Überbrückungs-Bestandteil (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) einer Bewegung des führenden Tagebau-Systems (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) folgt, und
- der Regler (30) an beiden Zeitpunkten unter Verwendung mindestens eines Messwerts (x2, ..., x4) des zweiten Sensors (X2, ..., X4) automatisch die zweite Stellgröße (U2) so ansteuert, dass der geführte Tagebau-Bestandteil (20, 60) einer Bewegung des Überbrückungs-Bestandteils (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) folgt,

wobei der Regler (30) die Ansteuerungen dergestalt vornimmt,
dass mindestens an beiden Zeitpunkten ein kontinuierlicher Fluss von Abbaugut zwischen dem Überbrückungs-Bestandteil (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) und dem geführten Tagebau-Bestandteil (20, 60) sowie zwischen dem Überbrückungs-Bestandteil (5 bis 16, 48, 49, 51, 52) und dem führenden Tagebau-System (2, 3, 4, 45, 46, 47, 54, 55) erzielt wird.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Menge von rechnerauswertbaren Regeln (R1, R2) vorgegeben wird,
wobei jede Regel (R1, R2) eine Prämisse (P1, P2) und mindestens eine Konklusion (K1.1, K1.2, K2) umfasst,
wobei die Prämisse (P1, P2) eine Einzel-Prämisse oder eine logische Verknüpfung von mehreren Einzel-Prämissen (P1.1, P1.2, P2.1, P2.2) umfasst,
wobei jede Einzel-Prämisse (P1.1, P1.2, P2.1, P2.2)

- sich auf jeweils einen Sensor (X1, .., X4) der Tagebau-Anordnung bezieht,
- einen Bereich der möglichen Werte dieses Sensors (X1, .., X4) spezifiziert und
- abhängig von einem tatsächlichen Wert (x1, …, x4) dieses Sensors (X1, .., X4) mindestens entweder erfüllt oder nicht erfüllt ist,

wobei jede Regel-Konklusion (K1.1, K1.2, K2)

- sich auf jeweils eine Stellgröße (U1, U2) des folgenden Tagebau-Systems (5 bis 16, 20, 48, 49, 51, 52, 60) bezieht und
- mindestens einen Stelleingriff (u1, u2, u3) für diese Stellgröße (U1, U2) spezifiziert und

wobei der Schritt, dass der Regler (30) die oder eine Stellgröße (U1, U2) ansteuert, die Schritte umfasst, dass
der Regler (30) mindestens dann einen Stelleingriff (u1, u2, u3) auslöst, der in einer Konklusion (K1.1, K1.2, K2) einer Regel (R1, R2) spezifiziert ist,
wenn die einzige Einzel-Prämisse oder die logische Verknüpfung der Einzel-Prämissen (P1.1, P1.2, P2.1, P2.2) dieser Regel (R1, R2) erfüllt ist.

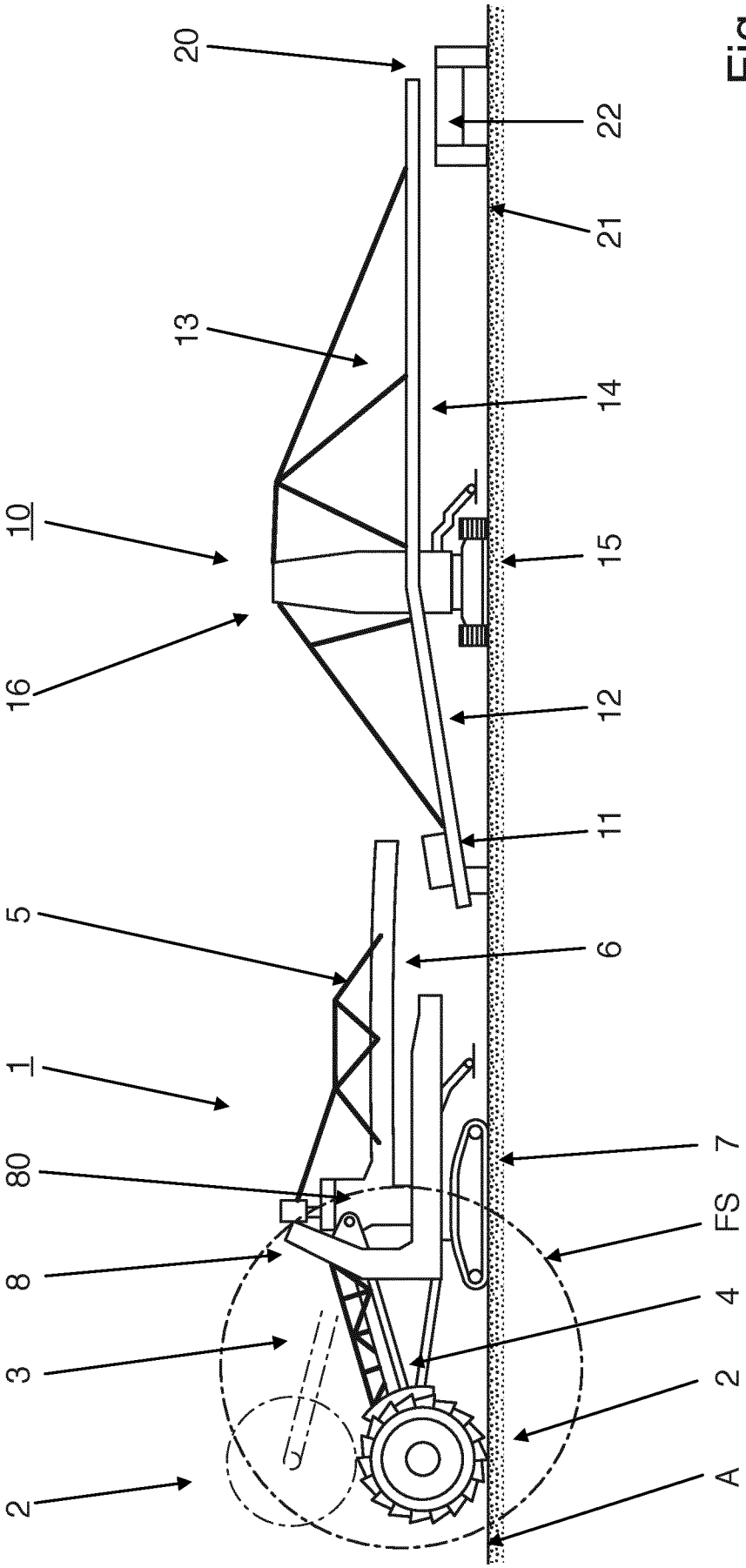


Fig. 1

Fig. 2

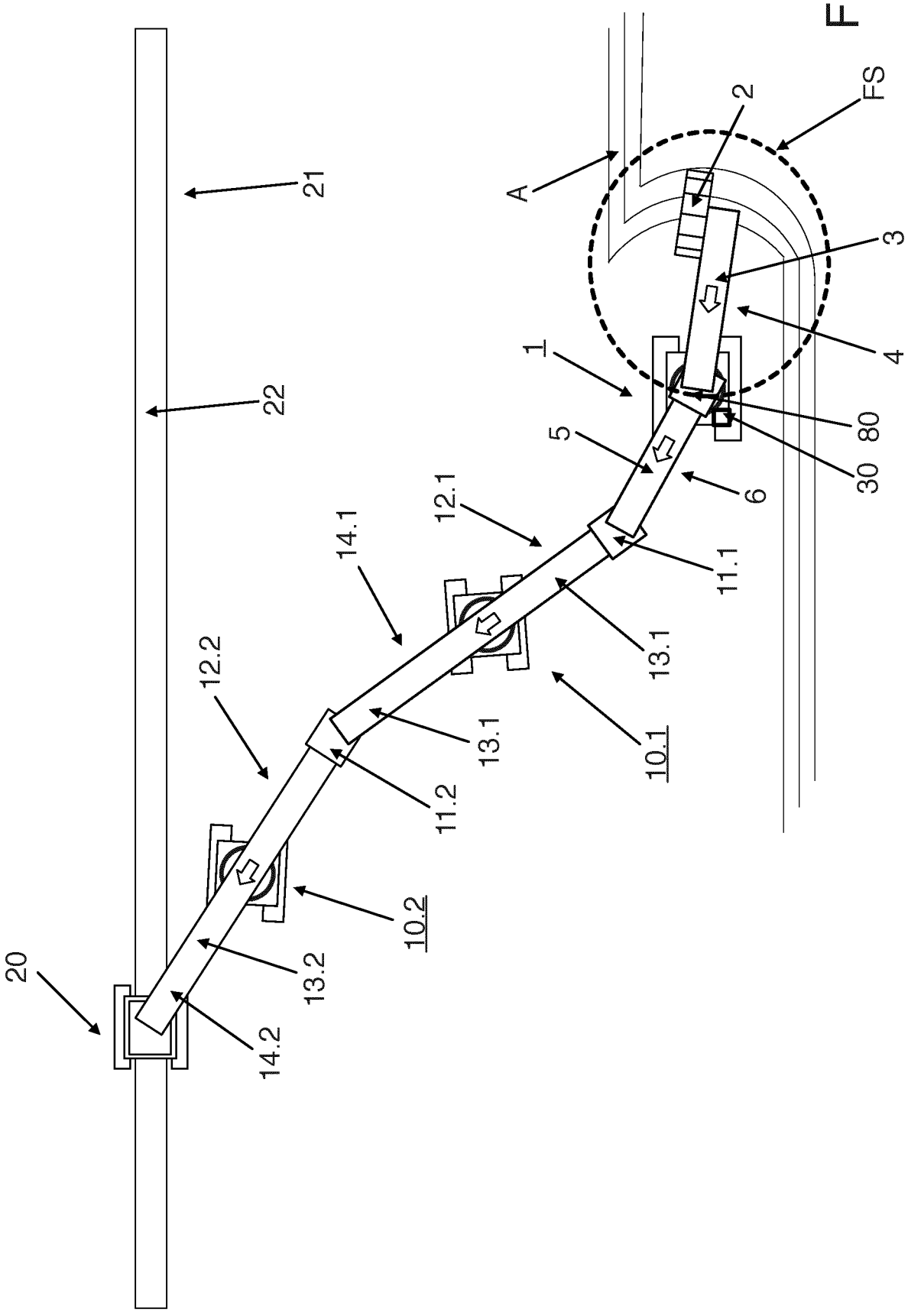
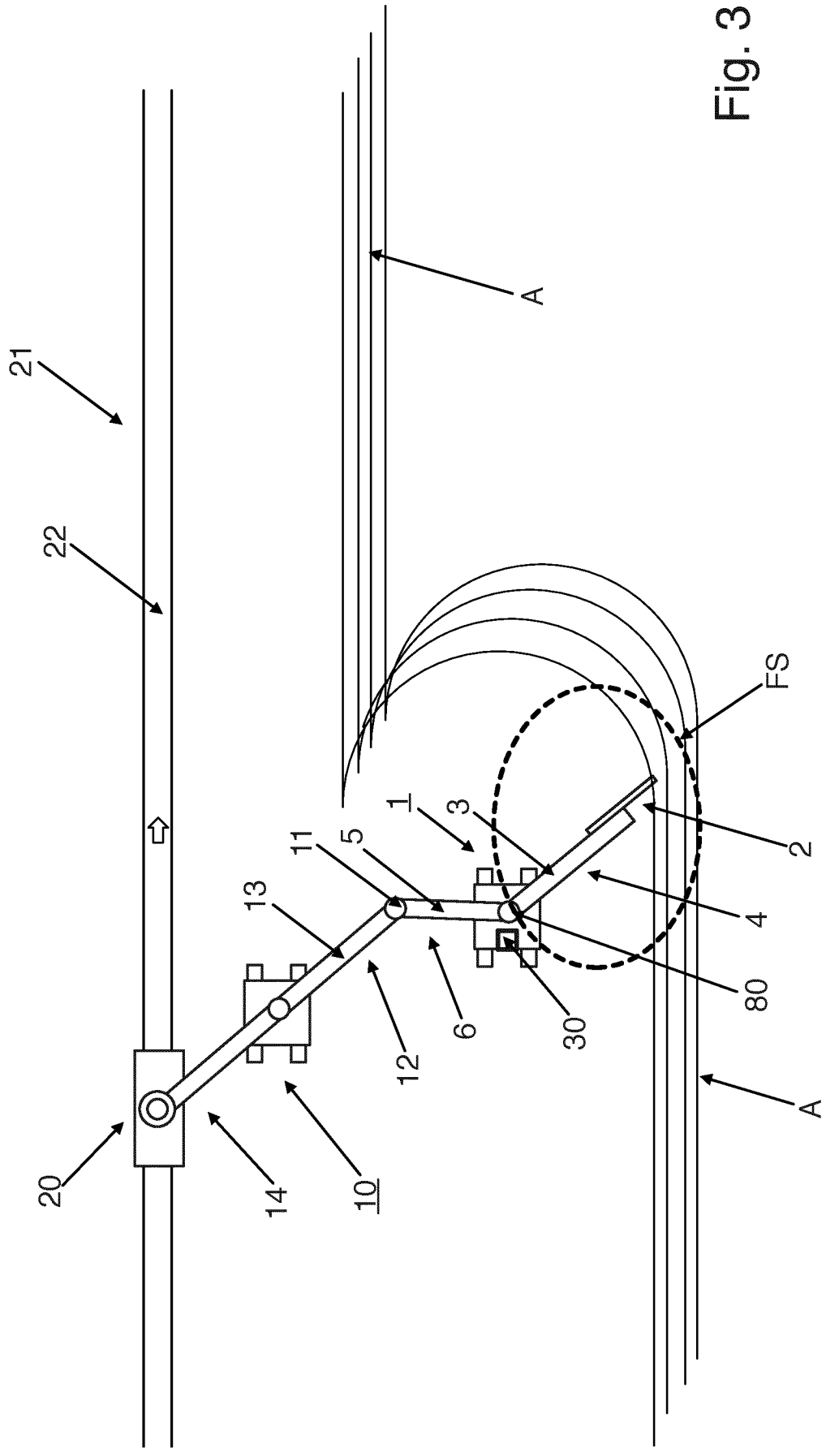

21
22
20
A
2
FS
3
4
1
5
6
30
80
12.1
14.1
11.1
13.1
12.2
13.1
11.2
10.1
10.2
13.2
14.2

Fig. 3



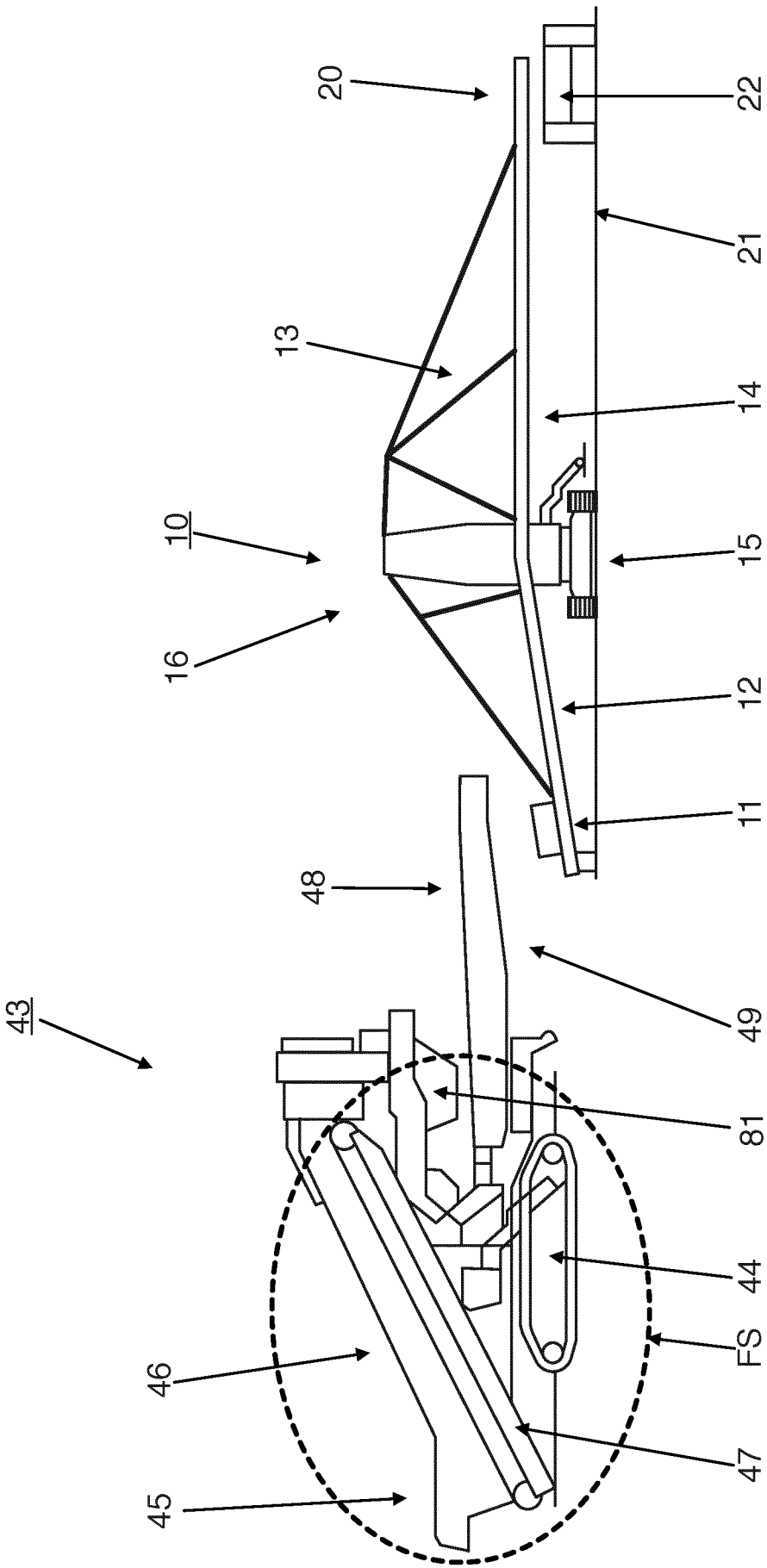


Fig. 4

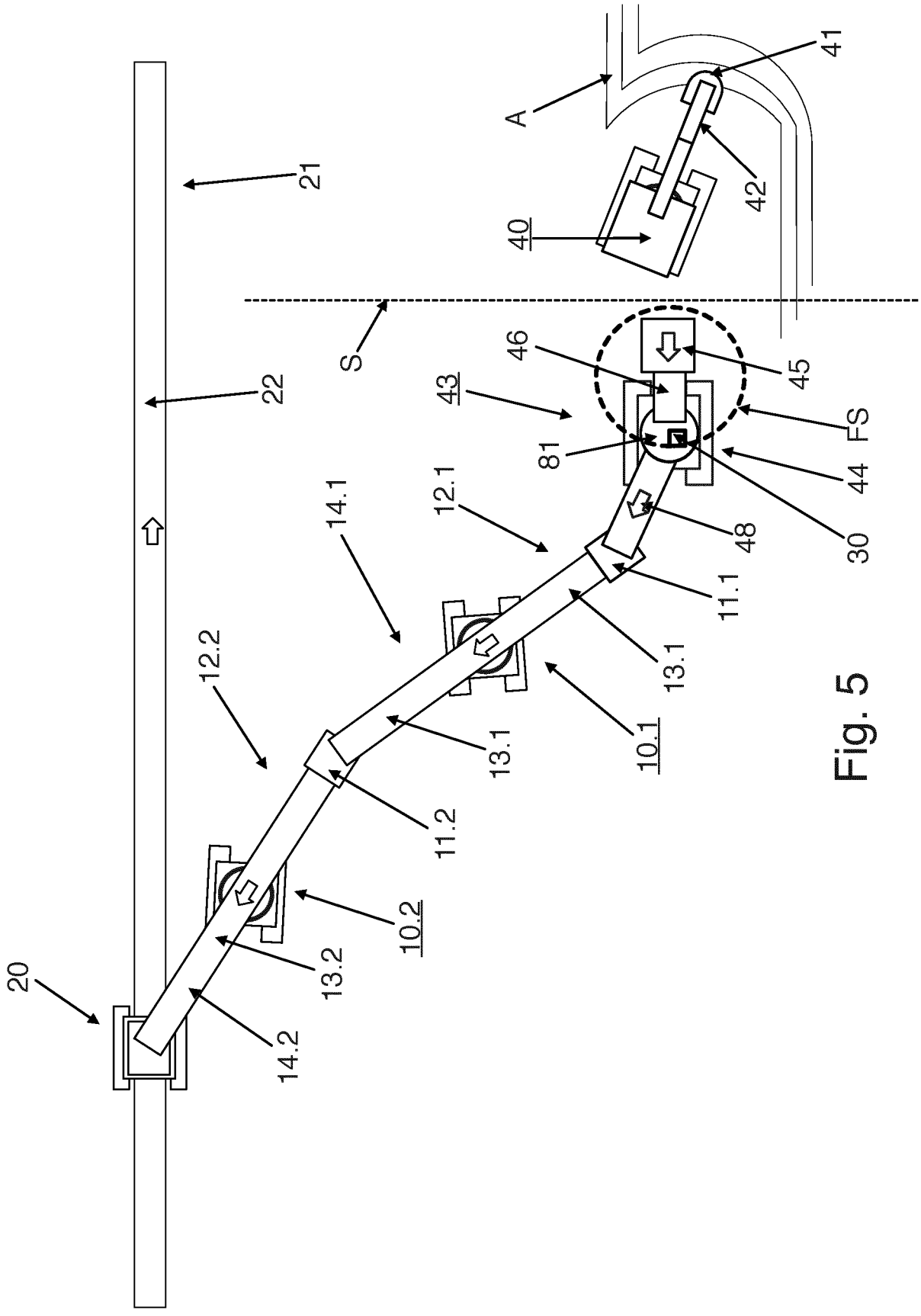

20
21
22
S
A
40
41
42
43
45
46
81
FS
44
30
48
11.1
12.1
14.1
13.1
10.1
12.2
11.2
13.1
10.2
13.2
14.2

Fig. 5

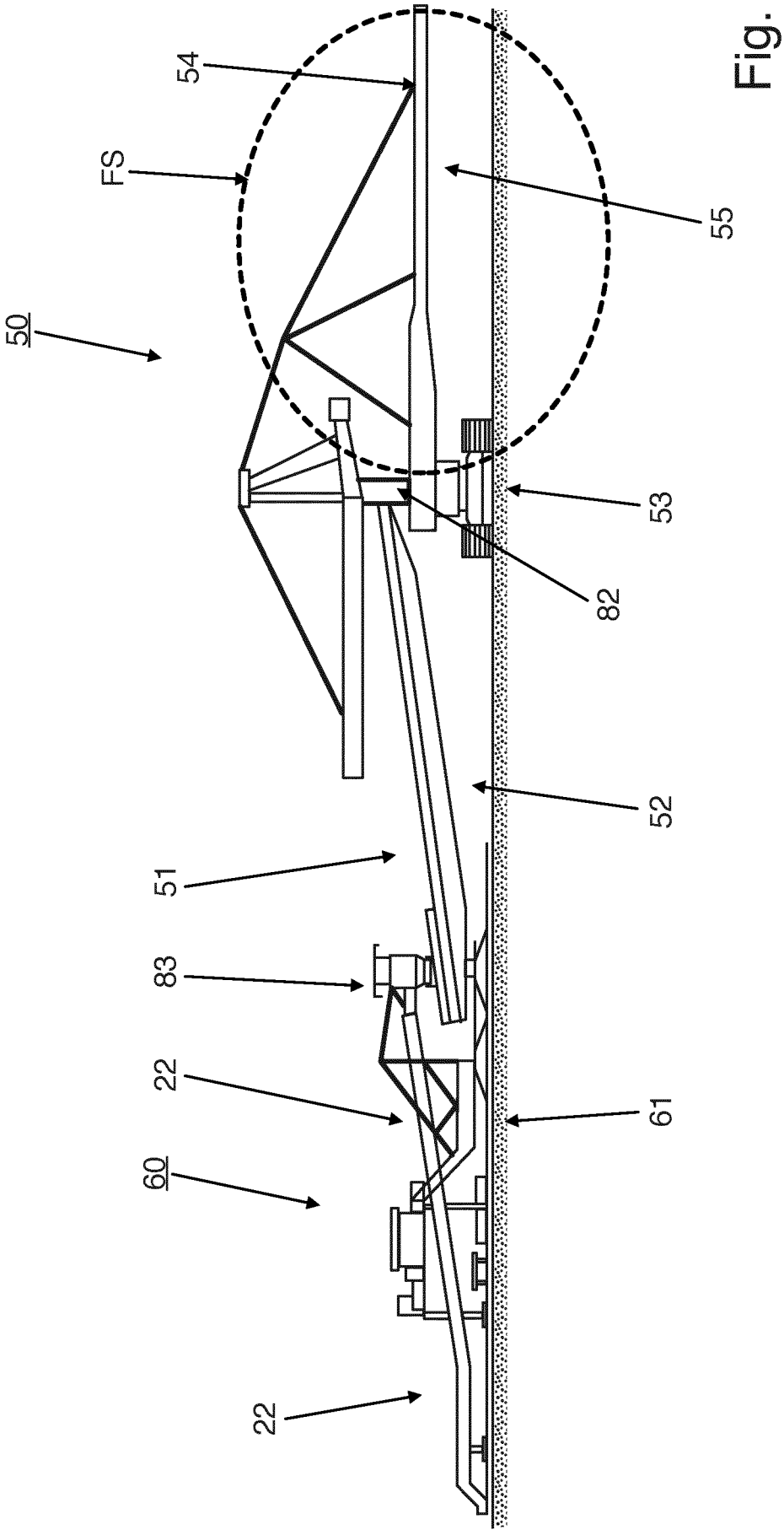
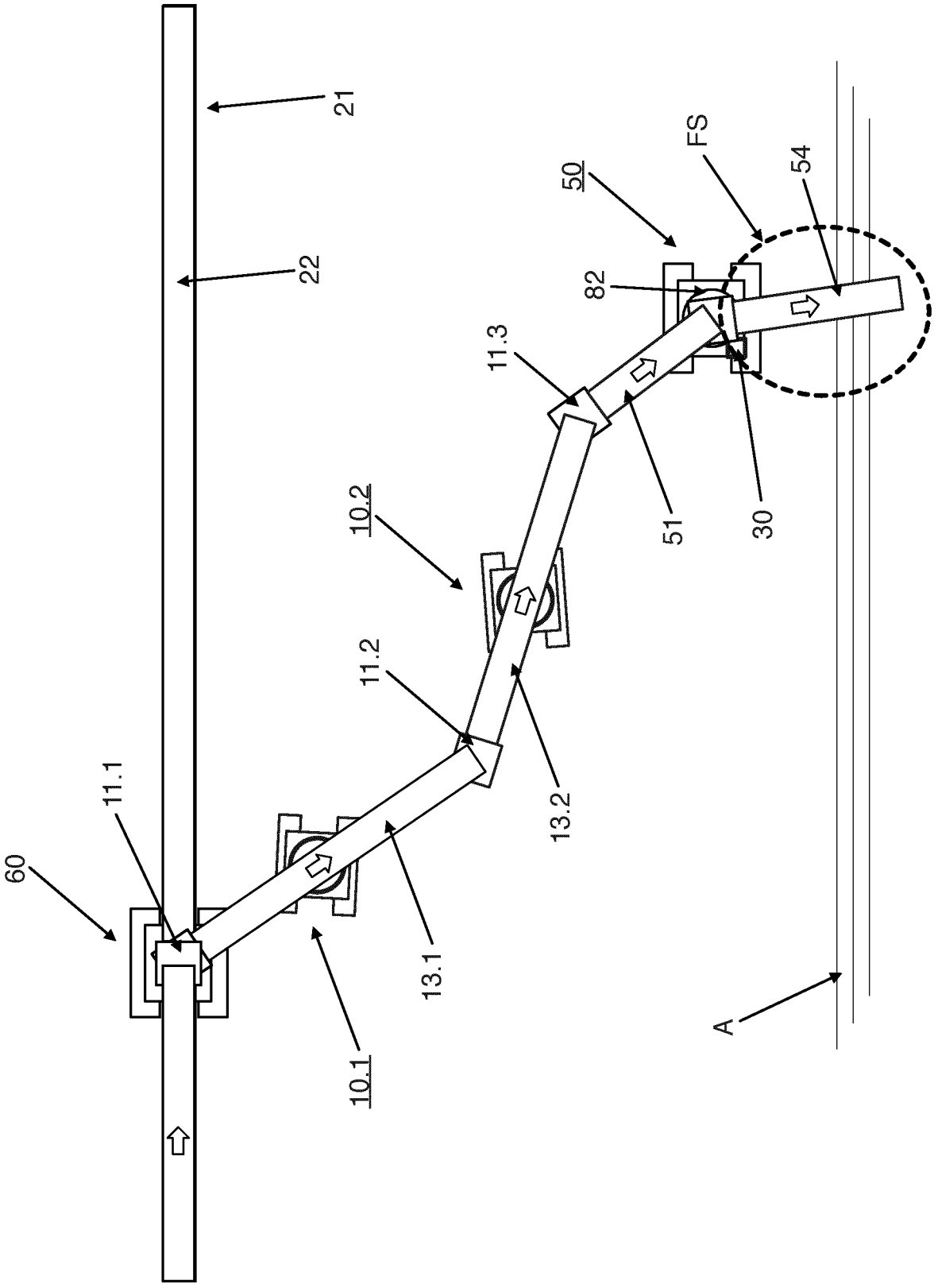


Fig. 6

Fig. 7



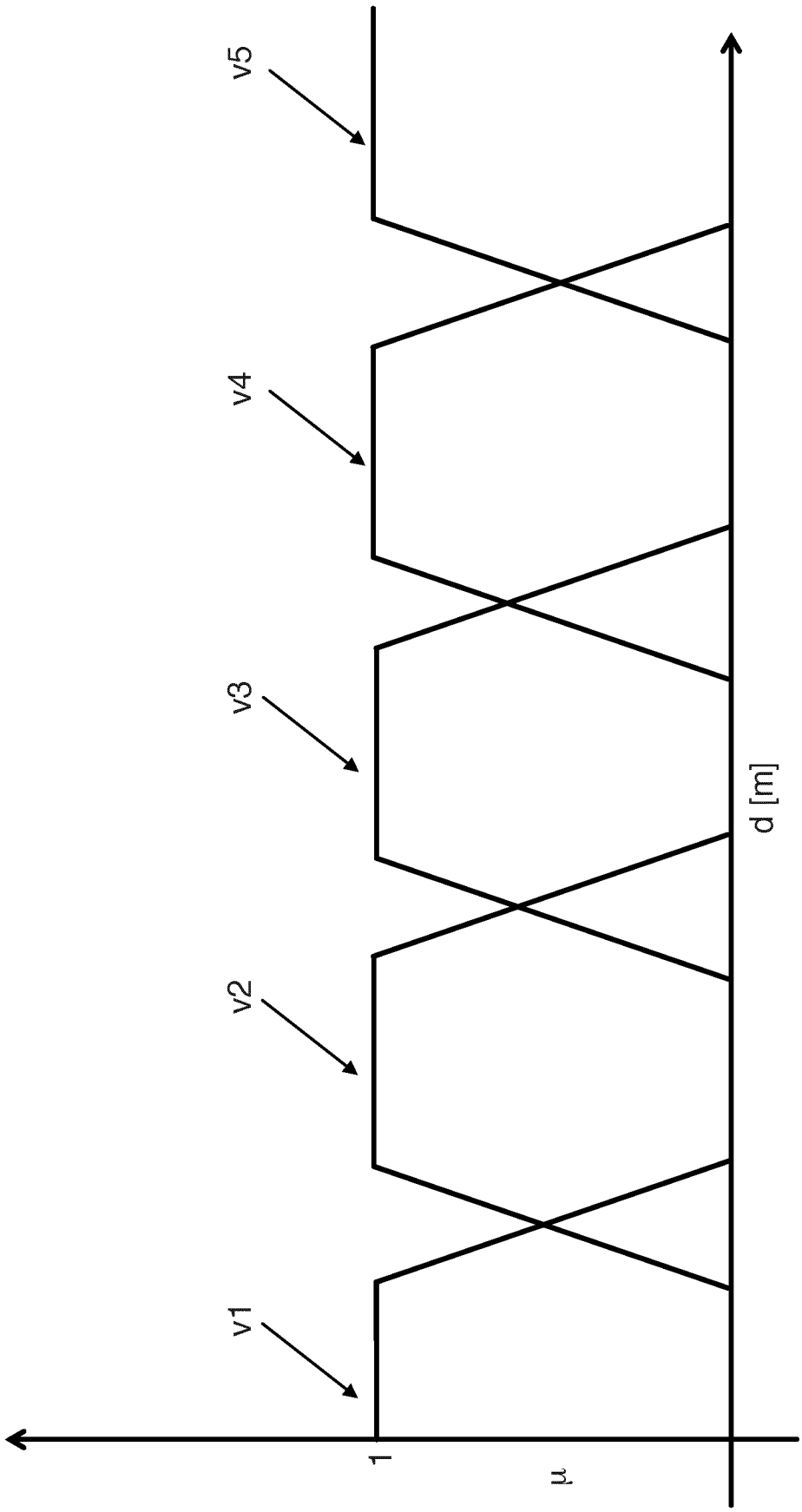


Fig. 8

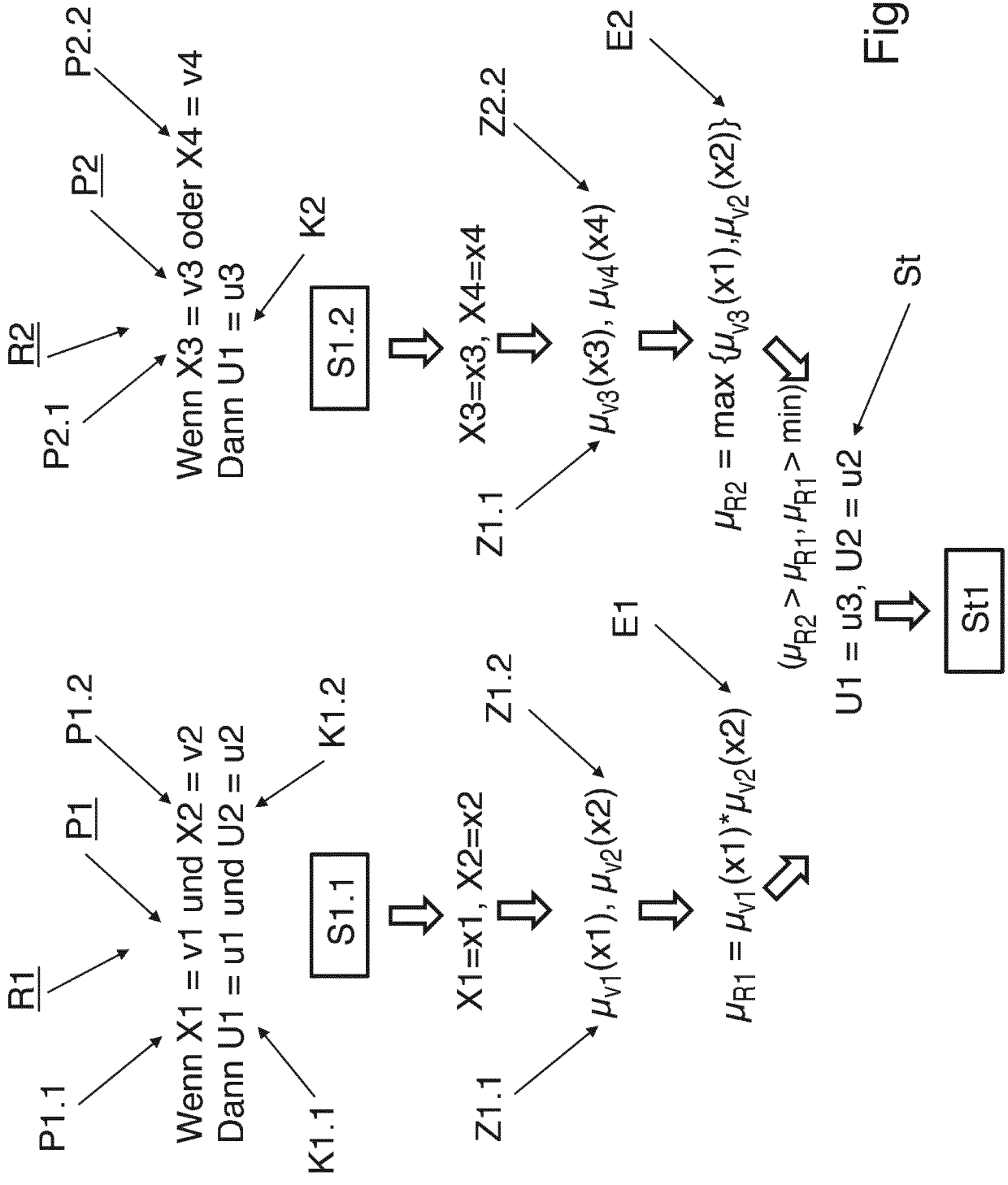

R1
P1.1
P1
P1.2
Wenn X1 = v1 und X2 = v2
Dann U1 = u1 und U2 = u2
K1.1
K1.2
S1.1
X1=x1, X2=x2
Z1.1
Z1.2
$\mu_{V1}(x1)$, $\mu_{V2}(x2)$
E1
$\mu_{R1} = \mu_{V1}(x1)*\mu_{V2}(x2)$
R2
P2.1
P2
P2.2
Wenn X3 = v3 oder X4 = v4
Dann U1 = u3
K2
S1.2
X3=x3, X4=x4
Z1.1
Z2.2
$\mu_{V3}(x3)$, $\mu_{V4}(x4)$
E2
$\mu_{R2} = \max\{\mu_{V3}(x1), \mu_{V2}(x2)\}$
$(\mu_{R2} > \mu_{R1}, \mu_{R1} > \min)$
U1 = u3, U2 = u2
St
St1

Fig. 9

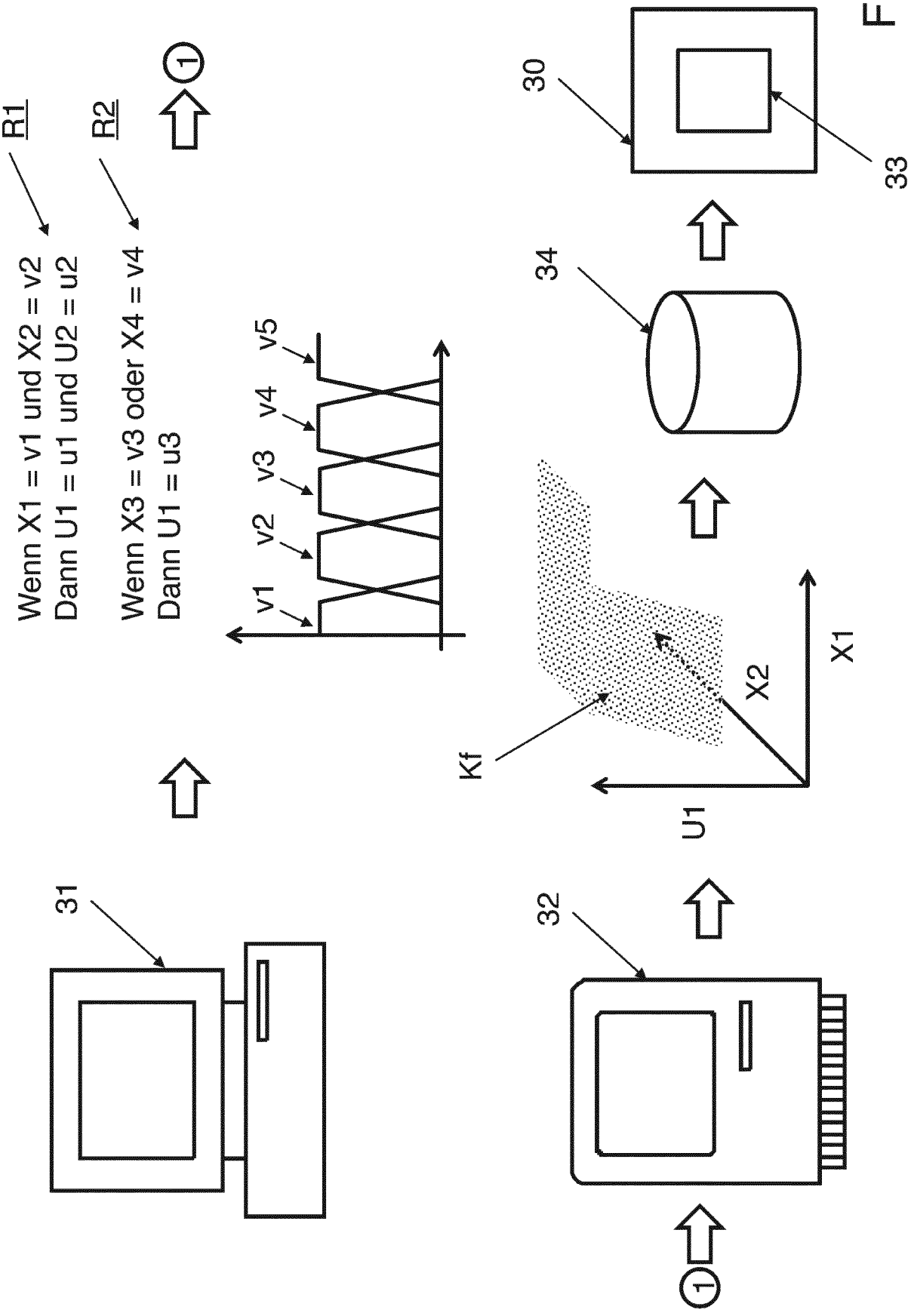

R1
Wenn X1 = v1 und X2 = v2
Dann U1 = u1 und U2 = u2
R2
Wenn X3 = v3 oder X4 = v4
Dann U1 = u3
1
v1
v2
v3
v4
v5
31
32
30
33
34
Kf
X1
X2
U1
1

Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2020/050260

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21C 47/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E21C; B65G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2010037215 A1 (SUNCOR ENERGY INC [CA]; DIRK TERRY [CA] ET AL.) 08 April 2010 (2010-04-08)	1,6-11,13-17,20,21
Y	page 12, line 21 - page 14, line 30; figures 1,3,4,5	2-5,12,18,19
X	WO 2007057305 A1 (SIEMENS AG [DE]; GERLACH KARL-HEINZ [DE]) 24 May 2007 (2007-05-24) page 2, line 1 - line 23; figures 1-3 page 3, line 32 - page 4, line 18 page 5, line 11 - line 38 page 7, line 34 - page 8, line 33 page 9, line 21 - page 10, line 11	1,6-11,14-17,20,21
X	WO 2009114106 A2 (FLSMIDTH RAHCO INC [US]; DAVIS GLENN IRL [US]) 17 September 2009 (2009-09-17) paragraph [0054] - paragraph [0057]; figures 1,6-15	1,6-10,17,20
X	WO 9908947 A1 (BHP COAL PTY LTD [AU]; TURNER MARCEL A [AU]) 25 February 1999 (1999-02-25) page 7, line 26 - page 8, line 36; figures 1,2	1,7-9,17

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 May 2020	**15 May 2020**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands**	**Dantinne, Patrick**
Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2020/050260

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Michael Galetakis ET AL. "APPLICATIONS OF FUZZY INFERENCE SYSTEMS IN MINERAL INDUSTRY-OVERVIEW" *Expert System Software,* 31 January 2013 (2013-01-31), pages 211-226, Retrieved from the Internet: https://www.researchgate.net/publication/287312930 _Applications_of_fuzzy_inference_systems_in_minera l_industry-overview [retrieved on 2020-05-06] . XP055692141 the whole document	2-5,12,18,19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2020/050260

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2010037215 A1	08 April 2010	AU 2009299081 A1	08 April 2010
		BR PI0919532 A2	26 July 2016
		CL 2011000700 A1	21 October 2011
		CN 102203380 A	28 September 2011
		EP 2342422 A1	13 July 2011
		RU 2011117361 A	10 November 2012
		WO 2010037215 A1	08 April 2010
		ZA 201102328 B	28 December 2011
WO 2007057305 A1	24 May 2007	DE 102005054840 A1	13 September 2007
		DE 202006020911 U1	21 October 2010
		EP 1949131 A1	30 July 2008
		WO 2007057305 A1	24 May 2007
WO 2009114106 A2	17 September 2009	AU 2009223780 A1	17 September 2009
		CA 2716729 A1	17 September 2009
		CN 102143900 A	03 August 2011
		EP 2262704 A2	22 December 2010
		US 2011000992 A1	06 January 2011
		WO 2009114106 A2	17 September 2009
WO 9908947 A1	25 February 1999	DE 19882613 T1	21 September 2000
		US 6336684 B1	08 January 2002
		WO 9908947 A1	25 February 1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2020/050260

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. E21C47/00
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
E21C B65G

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 UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	WO 2010/037215 A1 (SUNCOR ENERGY INC [CA]; DIRK TERRY [CA] ET AL.) 8. April 2010 (2010-04-08) Seite 12, Zeile 21 - Seite 14, Zeile 30; Abbildungen 1,3,4,5 -----	1,6-11, 13-17, 20,21 2-5,12, 18,19
X	WO 2007/057305 A1 (SIEMENS AG [DE]; GERLACH KARL-HEINZ [DE]) 24. Mai 2007 (2007-05-24) Seite 2, Zeile 1 - Zeile 23; Abbildungen 1-3 Seite 3, Zeile 32 - Seite 4, Zeile 18 Seite 5, Zeile 11 - Zeile 38 Seite 7, Zeile 34 - Seite 8, Zeile 33 Seite 9, Zeile 21 - Seite 10, Zeile 11 ----- -/--	1,6-11, 14-17, 20,21

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen 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 internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen 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 Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
7. Mai 2020	15/05/2020

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	Dantinne, Patrick

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2009/114106 A2 (FLSMIDTH RAHCO INC [US]; DAVIS GLENN IRL [US]) 17. September 2009 (2009-09-17) Absatz [0054] - Absatz [0057]; Abbildungen 1,6-15	1,6-10, 17,20
X	WO 99/08947 A1 (BHP COAL PTY LTD [AU]; TURNER MARCEL A [AU]) 25. Februar 1999 (1999-02-25) Seite 7, Zeile 26 - Seite 8, Zeile 36; Abbildungen 1,2	1,7-9,17
Y	Michael Galetakis ET AL: "APPLICATIONS OF FUZZY INFERENCE SYSTEMS IN MINERAL INDUSTRY-OVERVIEW", Expert System Software, 31. Januar 2013 (2013-01-31), Seiten 211-226, XP055692141, ISBN: 978-1-61209-114-3 Gefunden im Internet: URL:https://www.researchgate.net/publication/287312930_Applications_of_fuzzy_inference_systems_in_mineral_industry-overview [gefunden am 2020-05-06] das ganze Dokument	2-5,12, 18,19

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2020/050260

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2010037215 A1	08-04-2010	AU 2009299081 A1	08-04-2010
		BR PI0919532 A2	26-07-2016
		CL 2011000700 A1	21-10-2011
		CN 102203380 A	28-09-2011
		EP 2342422 A1	13-07-2011
		RU 2011117361 A	10-11-2012
		WO 2010037215 A1	08-04-2010
		ZA 201102328 B	28-12-2011
WO 2007057305 A1	24-05-2007	DE 102005054840 A1	13-09-2007
		DE 202006020911 U1	21-10-2010
		EP 1949131 A1	30-07-2008
		WO 2007057305 A1	24-05-2007
WO 2009114106 A2	17-09-2009	AU 2009223780 A1	17-09-2009
		CA 2716729 A1	17-09-2009
		CN 102143900 A	03-08-2011
		EP 2262704 A2	22-12-2010
		US 2011000992 A1	06-01-2011
		WO 2009114106 A2	17-09-2009
WO 9908947 A1	25-02-1999	DE 19882613 T1	21-09-2000
		US 6336684 B1	08-01-2002
		WO 9908947 A1	25-02-1999