

(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  
06. September 2019 (06.09.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2019/166415 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

B65G 43/00 (2006.01) G05B 17/02 (2006.01)  
G05B 13/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/054690

(22) Internationales Anmeldedatum:  
26. Februar 2019 (26.02.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2018 104 792.4

02. März 2018 (02.03.2018) DE

10 2018 105 863.2

14. März 2018 (14.03.2018) DE

(71) Anmelder: VOITH PATENT GMBH [DE/DE]; Sankt Pöltener Straße 43, 89522 Heidenheim (DE).

(72) Erfinder: ZIEGLER, Manfred; Elly-Heuss-Knapp-Weg 8, 50374 Erftstadt (DE). GRZYBEK, Michael; Uhlbacher Str. 169, 70329 Stuttgart (DE). BÖKER, Uwe; Luikenweg 1, 71404 Korb (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, DE, 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,

(54) Title: DETERMINING THE ENERGY EFFICIENCY OF A BELT CONVEYOR

(54) Bezeichnung: BESTIMMUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ EINES GURTFÖRDERERS

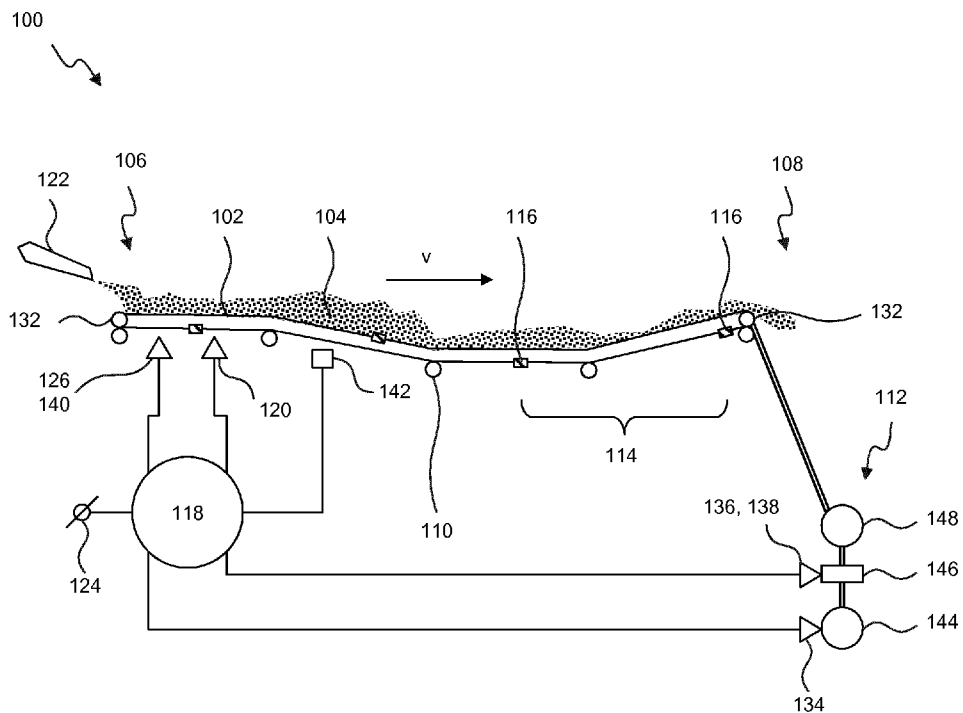


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method (200) for monitoring a belt conveyor (100) comprising a circulating conveyor belt (102). The method (200) has the following steps: - determining (210) at least one operating parameter of the belt conveyor (100); - determining (215) the running resistance at different points along the conveyor belt (102) on the basis of the at least one determined operating parameter of the conveyor belt (102); - determining (235) the sum of the determined running resistance over the length of the conveyor belt (102); - determining (220) the drive power of the belt conveyor (100) on the basis of the determined sum; and - adapting (215) the determination of the running resistance in order to minimize the deviation of the determined drive power from a measured drive power.



WO 2019/166415 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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)

---

**(57) Zusammenfassung:** Verfahren (200) zum Überwachen eines Gurtförderers (100) mit einem umlaufenden Fördergurt (102), wobei das Verfahren (200) folgende Schritte umfasst: - Bestimmen (210) wenigstens eines Betriebsparameters des Gurtförderers (100); - Bestimmen (215) von Laufwiderständen an unterschiedlichen Stellen entlang des Fördergurts (102) auf der Basis des wenigstens einen bestimmten Betriebsparameters des Fördergurts (102); - Bestimmen (235) einer Summe der bestimmten Laufwiderstände über die Länge des Fördergurts (102); - Bestimmen (220) einer Antriebsleistung des Gurtförderers (100) auf der Basis der bestimmten Summe; und - Anpassen (215) der Bestimmung der Laufwiderstände, um eine Abweichung der bestimmten Antriebsleistung von einer gemessenen Antriebsleistung zu minimieren.

### Bestimmung der Energieeffizienz eines Gurtförderers

5 Die Erfindung betrifft einen Gurtförderer. Insbesondere betrifft die Erfindung die Bestimmung einer Energieeffizienz des Gurtförderers unter vorbestimmten Normbedingungen.

10 Ein Gurtförderer ist üblicherweise eine stationäre oder rückbare Förderanlage zur Stetigförderung und kann auch Förderband, Bandförderer, Schlauchgurtförderer oder Gurtbandförderer genannt werden bzw. so ausgeführt sein. Der Gurtförderer kann beispielsweise im Tagebau oder unter Tage zur Förderung von Rohstoffen oder Abraum verwendet werden, wobei sein Betrieb möglichst energieeffizient sein soll. Dazu sollen die Energieeffizienz und gegebenenfalls ihre Veränderung über die Zeit bestimmt werden. Beispielsweise kann die  
15 Energieeffizienz durch Verschleiß oder einen Defekt des Gurtförderers verringert oder durch Wartung, Erneuerung von Verschleißteilen, sorgfältige Justage oder Einsatz verbesserter Komponenten erhöht werden. Aufgrund der Dimensionen des Gurtförderers kann bereits eine kleine relative Veränderung einer großen absoluten Veränderung entsprechen. Die relative Genauigkeit der Bestimmung  
20 soll daher hoch sein.

Üblicherweise liegt einem Gurtförderer eine individuelle Auslegung oder Abstimmung zugrunde, sodass es schwierig ist, einen Förderer mit einem  
25 anderen zu vergleichen. Darüber hinaus ist ein Gurtförderer üblicherweise so groß, dass Randbedingungen, die eine neutrale Bestimmung bzw. Bewertung der Energieeffizienz erlauben können, üblicherweise nicht aktiv herbeigeführt werden können. Zu diesen Randbedingungen können beispielsweise eine vorbestimmte Außen- oder Umgebungstemperatur oder eine vorbestimmte, gleichmäßige Beladung des Gurts gehören. Um die geforderte  
30 Bestimmungsgenauigkeit zu erreichen, müssen üblicherweise Betriebsparameter des Förderers über eine längere Zeit hinweg abgetastet und dann verarbeitet werden, wobei die Randbedingungen kaum lange genug konstant gehalten werden können.

35 Eine der vorliegenden Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe besteht in der Bereitstellung einer verbesserten Technik zur Bestimmung einer Energieeffizienz

- 2 -

eines Gurtförderers. Die Erfindung löst diese Aufgabe mittels der Gegenstände der unabhängigen Ansprüche. Unteransprüche geben bevorzugte Ausführungsformen wieder.

5 Ein Verfahren zum Überwachen eines Gurtförderers mit einem umlaufenden Fördergurt umfasst Schritte des Bestimmens wenigstens eines Betriebsparameters des Gurtförderers; des Bestimmens von Laufwiderständen an unterschiedlichen Stellen entlang des Fördergurts auf der Basis des wenigstens einen bestimmten Betriebsparameters; des Bestimmens einer  
10 Summe der bestimmten Laufwiderstände über die Länge des Fördergurts; des Bestimmens einer Antriebsleistung des Gurtförderers auf der Basis der bestimmten Summe; und des Anpassens der Bestimmung der Laufwiderstände, um eine Abweichung bestimmten Antriebsleistung von einer gemessenen Antriebsleistung zu minimieren.

15 Der Laufwiderstand wirkt entgegen einer Bewegung des Fördergurts und ist allgemein abhängig von einer Beladung, einer Fördergeschwindigkeit, einem Gefälle, einer Bandreibung, einem Walkwiderstand und gegebenenfalls noch weiteren Faktoren. Der Laufwiderstand kann für einen Abschnitt des  
20 Gurtförderers oder für den kompletten Gurtförderer bestimmt werden. Ein Produkt aus Laufwiderstand und Fördergeschwindigkeit entspricht dem Leistungsbedarf zum Betreiben des Gurtförderers. Ein Wirkungsgrad der mechanischen Komponenten kann zusätzlich berücksichtigt werden.

25 Der Betriebsparameter kann insbesondere eine Umgebungstemperatur oder eine Beladung umfassen, andere oder zusätzliche Kenngrößen können jedoch ebenfalls betrachtet werden, beispielsweise eine Antriebsleistung, eine Länge des Fördergurts, eine Anlagengeometrie, eine örtliche Beladungsverteilung, eine Anzahl oder Beschaffenheit von Fördergurtteilstücken, ein Durchhang, eine  
30 mittlere Vorspannung, ein Schräglaufwinkel oder eine seitliche Mittenabweichung des Fördergurts an einer Trommel, eine Bandtemperatur oder eine Art oder Granularität des zu transportierenden Förderguts. Üblicherweise werden bevorzugt solche Betriebsparameter ausgewählt, die einen Einfluss auf die Energieeffizienz des Gurtförderers haben. Im Gegensatz zu bekannten  
35 Lösungen, die aus einem oder mehreren vorbestimmten Betriebsparametern

einen statischen Gesamtindex bilden, der während des Betriebs des Gurtförderers nicht verändert wird, kann so eine wesentlich genauere Bestimmung realisiert werden.

5 In einer bevorzugten Ausführungsform wird auf der Basis der angepassten Bestimmung eine Energieeffizienz des Gurtförderers bestimmt. Diese Bestimmung ist bevorzugt auf eine Situation bezogen, in der einer der Betriebsparameter des Gurtförderers einen vorbestimmten Normalwert einnimmt. Dieser Betriebsparameter kann insbesondere einer von denjenigen sein, die für  
10 die Bestimmung der Laufwiderstände verwendet werden. Der Betriebsparameter kann beispielsweise eine Umgebungstemperatur und der Normalwert eine Normaltemperatur betreffen. Der Betriebsparameter kann auch eine Beladung und der Normalparameter eine Normalbeladung umfassen. Dabei kann zusätzlich davon ausgegangen werden, dass die Normalbeladung gleichmäßig  
15 auf dem Fördergurt verteilt ist.

Je genauer die Energieeffizienz eines Gurtförderers bestimmt werden kann, desto besser können Einflüsse, die diese Effizienz verschlechtern, frühzeitig erkannt werden. Solche Einflüsse können beispielsweise eine zunehmende  
20 Verschmutzung von Anlagenteilen, eine Verschlechterung des Ausrichtzustands von Tragrollen zum Fördergurt, eine Änderung von Gurteigenschaften aufgrund von Alterung und Verschleiß, einen erhöhten Laufwiderstand von Tragrollen aufgrund von Verschleiß, eine zu niedrige Gurtvorspannung oder eine Verschlechterung des Wirkungsgrades eines Antriebs, etwa durch einen  
25 Schaden an einem Getriebe, einem Motor oder einer Energieversorgung umfassen. Durch die verbesserte Energieeffizienzbestimmung können frühzeitig Gegenmaßnahmen gegen einen oder mehrere solche Einflüsse eingeleitet werden.

30 Die Bestimmung der Laufwiderstände kann angepasst werden, um eine zeitliche Variation der bestimmten Abweichung zu minimieren. Es hat sich gezeigt, dass die zeitliche Variation ein Maß für Ungleichförmigkeiten zwischen verschiedenen Anlagen- und Gurtabschnitten ist und somit zur Bestimmung des möglichen Verbesserungspotentials herangezogen werden kann. Dazu kann eine Kennzahl  
35 für die zeitliche Variation bestimmt werden. Ein mögliches Maß hierfür ist als

empirische Standardabweichung oder Varianz bekannt. Idealerweise wird die Bestimmung derart angepasst, dass sowohl die bestimmte Summe als auch die zeitliche Variation klein sind.

5 In einer Ausführungsform wird ein Signal ausgegeben, wenn die zeitliche  
Variation ein vorbestimmtes Maß übersteigt. Dadurch kann vor einem Verlust von  
Energieeffizienz am Gurtförderer gewarnt werden. In weiteren Ausführungs-  
formen können auch eine Anlagenabschnittseffizienz, eine Änderung einer  
normierten Anlageneffizienz, ein Schlupfvorgang, ein Unterschreiten einer  
10 vorbestimmten Leistungsreserve und/oder eine permanente Änderung der  
Leistungsaufteilung oberhalb eines definierten Grenzwerts erfasst werden. Eine  
dedizierte Warnung kann jeweils bereitgestellt werden.

Auf der Basis der bestimmten Laufwiderstände kann eine Energieaufnahme  
15 eines Antriebs bestimmt und mit einer tatsächlichen Energieaufnahme des  
Antriebs verglichen werden. Dabei kann die Bestimmung der Laufwiderstände  
derart angepasst werden, dass eine Differenz zwischen der bestimmten und der  
tatsächlichen Energieaufnahme möglichst minimiert wird. Stimmt die bestimmte  
Energieaufnahme genau mit der tatsächlichen Energieaufnahme überein, so  
20 kann die Bestimmung genau bzw. realistisch sein.

Die Bestimmung des Laufwiderstands kann durch ein Berechnungsverfahren  
erfolgen, das den Einfluss einer oder mehrerer der nachfolgend aufgeführten  
aktuellen Betriebsbedingungen und die konstruktive Ausführungsform der  
25 Gurtförderanlage berücksichtigt. Zu den Betriebsbedingungen gehören die  
örtliche Beladung, die örtliche Gurtzugkraft, die Gurtgeschwindigkeit, die  
Temperatur, die aktuelle Ausrichtgenauigkeit der einzelnen Tragrollenstationen  
zu dem konstruktiv vorgegebenen Gurtverlauf sowie die Korngröße und Dichte  
des Förderguts. Die konstruktive Ausführungsform wird charakterisiert durch  
30 Muldungswinkel, Abstand der Tragrollenstationen, Durchmesser und Länge der  
einzelnen Tragrollen sowie Breite, Gewicht, Art und Aufbau des verwendeten  
Fördergurts. Das Berechnungsverfahren kann entweder die Entstehung des  
Laufwiderstands aus den Betriebsbedingungen und der konstruktiven  
Ausführung physikalisch beschreiben oder den Zusammenhang zwischen den  
35 Betriebsbedingungen und dem Laufwiderstand durch mathematische Funktionen

nachbilden. Ein solches mathematisch- und/oder physikalisches Ersatzmodell beinhaltet typischerweise Parameter, mit denen das Modell an die Wirklichkeit angepasst werden kann. Betriebsparameter der Gurtförderanlage können sich über der Zeit ändern, etwa durch Verschlechterung eines Ausrichtzustands des Fördergurts gegenüber Trommeln, Änderung von Gurteigenschaften infolge Alterung, Verschmutzung der Anlage, zunehmender Verschleiß von Tragrollen etc.

Die Anpassung der Zustandsparameter kann mittels eines selbstlernenden Algorithmus erfolgen. Der Algorithmus kann etwa ein Kalman-Filter oder eine andere Art Verarbeitungsheuristik umfassen, welche ein bereitgestelltes Ergebnis mit einem gemessenen Ergebnis vergleichen und eine Verarbeitung anpassen kann, um einen Unterschied zwischen den Ergebnissen möglichst zu minimieren.

Ein erster Betriebsparameter kann eine Temperatur und ein zugeordneter erster Normalwert eine Normaltemperatur einer Umgebung des Gurtförderers umfassen. Ferner kann ein zweiter Betriebsparameter eine Beladung und ein zugeordneter zweiter Normalwert einen vorbestimmten Beladungswert des Fördergurts umfassen.

Insbesondere diese beiden Normalwerte können vorgegeben sein, um die Energieeffizienz des Gurtförderers unabhängig von Betriebsparametern zu bestimmen, die im täglichen Betrieb schwanken. Bezüglich vorbestimmter Werte dieser Normalparameter kann beispielsweise eine gesetzliche oder anderweitig regulatorische Verpflichtung bestehen, die durch den Gurtförderer erbracht und gegebenenfalls auch nachgewiesen werden muss.

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens umfasst ein Betriebsparameter eine Temperatur des Fördergurts. Die Temperatur kann an einer oder an mehreren Stellen des Fördergurts bestimmt werden, beispielsweise mittels ortsfester oder bandfester Sensoren. Ein Bewegungswiderstand des Fördergurts kann von seinem Verformungswiderstand abhängig sein. Insbesondere dann, wenn der Fördergurt ein Elastomer, ein Kautschukprodukt oder ein Polymer umfasst, kann der Verformungswiderstand mit steigender

Temperatur abnehmen. Anders ausgedrückt kann es leichter sein, einen warmen Fördergurt zu verformen als einen kalten. Eine Verformung kann entlang des gesamten Fördergurts und insbesondere an Enden der Förderstrecke erfolgen. Durch die Berücksichtigung der Temperatur des Fördergurts kann der

5 Bewegungswiderstand verbessert genau bestimmt werden.

Ein Computerprogrammprodukt umfasst Programmcodemittel zur Durchführung eines hierin beschriebenen Verfahrens, wobei das Computerprogrammprodukt auf einer Verarbeitungseinrichtung ausgeführt wird oder auf einem

10 computerlesbaren Datenträger gespeichert ist.

Eine Vorrichtung zum Überwachen eines Gurtförderers mit einem umlaufenden Fördergurt umfasst eine Schnittstelle zur Abtastung wenigstens eines Betriebsparameters des Gurtförderers; und eine Verarbeitungseinrichtung. Dabei ist die Verarbeitungseinrichtung dazu eingerichtet, Laufwiderstände an unterschiedlichen Stellen entlang des Fördergurts auf der Basis des wenigstens

15 einen bestimmten Betriebsparameters zu bestimmen; eine Summe der bestimmten Laufwiderstände über die Länge des Fördergurts zu bestimmen; eine Antriebsleistung des Gurtförderers auf der Basis der Summe zu bestimmen; und die Bestimmung der Laufwiderstände anzupassen, um eine Abweichung der bestimmten Antriebsleistung von einer gemessenen Antriebsleistung zu minimieren. Die Vorrichtung kann dazu eingerichtet sein, ein hierin beschriebenes Verfahren durchzuführen. Insbesondere kann die

20 Verarbeitungseinrichtung einen programmierbaren Mikrocomputer oder Mikrocontroller umfassen, der dazu eingerichtet sein kann, ein hierin beschriebenes Computerprogrammprodukt auszuführen. Vorteile oder Merkmale des Verfahrens können auf die Vorrichtung bezogen werden und umgekehrt.

Die Erfindung wird nun mit Bezug auf die beigefügten Figuren genauer

30 beschrieben, in denen:

Figur 1 ein beispielhaftes System zur Bestimmung einer Energieeffizienz eines Gurtförderers; und

Figur 2 ein Ablaufdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zum Bestimmen einer Energieeffizienz eines Gurtförderers

35

darstellen.

5           Figur 1 zeigt in schematisiert vereinfachter Darstellung den Grundaufbau eines  
Gurtförderers 100. Der Gurtförderer 100 weist einen umlaufenden Fördergurt 102  
auf, der allgemein auch als Gurt oder Band bezeichnet wird. Auf dem Gurt 102  
kann ein Fördergut 104, insbesondere Schüttgut, von einem Aufgabebereich 106  
zu einem Abgabe- bzw. Übergabebereich 108 transportiert werden. Der  
10           Fördergurt 102 kann durch Umlenkrollen 132, häufig auch als Umlenktrommeln  
oder Trommeln bezeichnet, vor dem Aufgabebereich 106 und im Bereich des  
Abgabebereichs 108 umgelenkt werden. Der Fördergurt 102 kann mittels einer  
Tragrolle 110 im Ober- und/oder Untertrum geführt und darüber hinaus mittels  
Trommeln 132 umgelenkt werden, wobei eine oder mehrere Trommeln 132  
jeweils einen Antrieb 112 aufweisen können, um den Fördergurt 102 in  
15           Bewegung zu versetzen. Zum Transport des Förderguts 104 wird meistens der  
obere Abschnitt der Gurtförderanlage 100 genutzt. Dieser wird als Obertrum  
bezeichnet, und der nicht beladene untere Teil, in dem der Fördergurt 102  
zurückgeführt wird, wird als Untertrum bezeichnet. Die im Obertrum und im  
Untertrum angeordneten Tragrollen 110 können unterschiedlich ausgeführt sein.

20           Der Gurt 102 kann mehrere Fördergurtteilstücke 114 umfassen. Die  
Fördergurtteilstücke 114 können mittels Verbindungsabschnitten 116 miteinander  
verbunden sein. Die Gesamtheit der Fördergurtteilstücke 114 zusammen bildet  
den umlaufenden Fördergurt 102. Skizziert ist der Fördergurt 102 in Figur 1  
25           beispielhaft aus vier Fördergurtteilstücken 114 bestehend. Einer dieser  
Fördergurtteilstücke 114 hat beispielhaft eine Fördergurtteilstückslänge LG. Die  
Fördergurtteilstückslängen der Fördergurtteilstücke 114 können individuell und  
voneinander unterschiedlich sein.

30           Eine Steuereinrichtung 118 kann zum Betreiben einiger oder aller Funktionen  
des Gurtförderers 100 vorgesehen sein. Die Steuereinrichtung 118 kann auch  
mehrteilig ausgeführt sein und insbesondere einen programmierbaren  
Mikrocomputer oder Mikrocontroller umfassen.

5 Bevorzugt kann die Steuereinrichtung 118 ein Drehmoment oder eine Drehzahl eines oder mehrerer Antriebe 112, und auf diesem Weg die Bewegung, insbesondere die Geschwindigkeit  $v$  des Fördergurts 102 steuern. Signale, die einen Energieverbrauch der Antriebe 112 charakterisieren, können der Steuereinrichtung 118 zugeführt werden. Solche Signale können durch eine erste Sensorik 134 erfasst werden.

10 Einer der Antriebe 112 kann einen Motor 144, insbesondere einen Elektromotor umfassen, der direkt oder über eine beispielsweise hydrodynamische Kupplung 146 und/oder ein Getriebe 148 mit einer antreibbaren Trommel 132 verbunden ist. Die Kupplung 146 und das Getriebe 148 können auch in miteinander integriert ausgeführt sein, beispielsweise in Form eines hydrodynamisch regelbaren Getriebes, das unter der Bezeichnung Vericon bekannt ist. In einer anderen Ausführungsform kann auch eine separate hydrodynamische Kupplung 15 146 vorgesehen sein, die beispielsweise über ihre Füllung mit einem Fluid oder über die Stellung von Schaufeln in ihrem Übertragungsverhalten steuerbar sein kann. Bevorzugt können am Motor 144, an der Kupplung 146 und/oder dem Getriebe 148 eine Drehzahl und/oder ein Moment bestimmt und diese Werte der Steuereinrichtung 118 bereitgestellt werden. Insbesondere können das an den 20 Fördergurt 102 abgegebene Moment oder die Antriebsgeschwindigkeit bestimmt werden. Dazu können ein Momentensensor 136 und/oder ein Drehzahlsensor 138 vorgesehen sein.

25 Weiterhin ist bevorzugt vorgesehen, dass der Steuereinrichtung 118 Signale einer dritten Sensorik 120 zugeführt werden, wobei die Signale jeweils auf das Passieren eines Verbindungsabschnitts 116 zwischen zwei benachbarten Fördergurtteilstücken 114 an einer vorbestimmten Stelle des Gurtförderers 100 hinweisen. Die dritte Sensorik 120 ist bevorzugt ortsfest in der Gurtförderanlage 100 angeordnet. Wird ein Verbindungsabschnitt 116 detektiert, so ist auch 30 gleichzeitig die Position des Verbindungsabschnitts 116 bekannt. Bei dieser Bestimmung können die momentane Geschwindigkeit des Fördergurtes 102 und/oder eine Bestimmungsdauer für das Erkennen des Verbindungsabschnitts 116 berücksichtigt werden. Bei Verwendung von Stahlseilfördergurten 114 kann als dritte Sensorik 120 beispielsweise eine Spule oder ein Magnetfeldsensor zur 35 Detektion von Verbindungsabschnitten 116 verwendet werden. Bei Verwendung

von Gewebefördergurten oder Stahlseilfördergurten kann als dritte Sensorik 120 eine Anordnung zur Erfassung der Druckfedersteifigkeit des Fördergurtes 102 vorgesehen sein.

5 Im laufenden Betrieb des Gurtförderers 100 können aufgrund der Periodizität der Detektionssignale, die jeweils auf einen Verbindungsabschnitt 116 hinweisen, die Länge und/oder die Abfolge von Fördergurtteilstücken 114 ermittelt werden. In der Regel ist zusätzlich auch noch die Gesamtlänge des Fördergurtes 102 bekannt. Zur Identifikation eines Verbindungsabschnitts 116 kann ein drahtlos  
10 auslesbarer Informationsspeicher am Fördergurt 102 angebracht sein. Der Informationsspeicher kann auch Informationen über ein angrenzendes Fördergurtteilstück bereitstellen, beispielsweise eine Länge, ein Material, einen Typ, einen Hersteller oder eine Eigenschaft wie eine Belastbarkeit oder einen Biege-  
15 widerstand. Auch ein Einbaudatum kann vermerkt sein, um eine Betriebsstundenzahl oder eine Umlaufzahl am Gurtförderer 100 zu bestimmen. Der Informationsspeicher kann insbesondere mittels RFID-Technologie ausgelesen werden und ist in einer anderen Ausführungsform zwischen Verbindungsabschnitten 116 angebracht.

20 Beispielhaft ist in Figur 1 weiter eine Schütte 122 skizziert. Über die Schütte 122 wird das Fördergut 104 auf den Gurt 102 aufgebracht. Beispielsweise im Bereich hinter (bezüglich der Förderrichtung) der Schütte 122 kann eine Bandwaage 126 als eine Ausführungsform einer zweiten Sensorik 140 angeordnet sein. Die zweite Sensorik 140 kann eine Auflast, d. h. ein Gewicht des auf den Gurt 102  
25 aufgebrachten Förderguts 104 bestimmen und einen entsprechenden Gewichtswert als Messwert an die Steuereinrichtung 118 bereitstellen. Die zweite Sensorik 140 kann auch auf einem anderen Messprinzip als dem der Gewichtsbestimmung basieren, beispielsweise auf einer Bestimmung eines Volumenstroms. In einer weiteren Ausführungsform kann die Beladung auch  
30 indirekt bestimmt werden, beispielsweise indem sie an einer anderen Stelle bestimmt und örtlich bzw. zeitlich zugeordnet wird. Beispielsweise kann ein zu- oder abgeführter Volumen- oder Massenstrom außerhalb des Gurtförderers 100 hierfür als Bezug dienen. Optional kann zusätzlich eine Temperatur im Bereich des Gurtförderers 100 bestimmt werden, beispielsweise mittels eines oder  
35 mehrerer Temperatursensoren 142. Ein Temperatursensor 142 kann ortsfest

angebracht sein, beispielsweise im Bereich einer Trommel 132 oder zwischen Trommeln 132, oder der Temperatursensor 142 ist am Fördergurt 102 befestigt. Das Auslesen eines solchermaßen beweglichen Temperatursensors 102 kann an einer vorbestimmten Stelle drahtlos erfolgen, beispielsweise mittels RFID-  
5 Technologie. Dabei kann der Temperatursensor 132 noch weitere Informationen bereitstellen, insbesondere die oben angesprochenen Informationen über ein Fördergurtteilstück 114 oder einen Verbindungsabschnitt 116.

Es wird vorgeschlagen, mittels der ersten Sensorik 134, der zweiten Sensorik  
10 140, der dritten Sensorik 120 und/oder des Temperatursensors 142 Informationen des Gurtförderers 100 im laufenden Betrieb zu sammeln und auf der Basis dieser Informationen einen Bewegungswiderstand entlang des Fördergurts 102 zu bestimmen. Der Bewegungswiderstand kann beispielsweise in Abständen von ca. einem Meter entlang des Fördergurts 102 bestimmt werden  
15 und ist üblicherweise unter anderem von einer Beladung, Geschwindigkeit oder Beschleunigung des Fördergurts 102 abhängig. Weiter können auch ein Zugkraftverlauf und/oder ein Leistungsbedarf entlang des Fördergurts 102 bestimmt werden. Eine hierfür vorgeschlagene Vorgehensweise ist beispielsweise in WO 2017 001 203 A1 beschrieben, auf die hier explizit  
20 verwiesen wird. Ein Bestimmungsergebnis kann über eine Schnittstelle 124 nach außen bereitgestellt werden.

Da der Fördergurt 102 ein Endlosgurt ist, sollte der Verlauf der Zugkraft entlang des Fördergurts 102 nach einem vollen Durchlauf zu einem Endwert führen, der  
25 mit dem Ausgangswert übereinstimmt. In der Praxis ist eine genaue Übereinstimmung selten zu beobachten, die Abweichung des Endwerts der Zugkräfte entlang des Fördergurts 102 vom Ausgangswert sollte aber im zeitlichen Mittel null betragen. Ist dies nicht der Fall, so kann die Zugkraftbestimmung passend verändert werden. Auch die mittlere Abweichung  
30 der Endwerte von den Ausgangswerten der Zugkräfte über die Zeit kann einen Hinweis auf den Zustand der Gurtförderanlage liefern: ist die mittlere Abweichung (Standardabweichung) groß, so sind die Anlagenabschnitte und/oder Fördergurtteilstücke sehr unterschiedlich in Bezug auf den von ihnen erzeugten Laufwiderstand und die Angleichung der diesbezüglich schlechten Abschnitte an  
35 die besten wird zu einer großen Verbesserung der Energieeffizienz führen; ist sie

hingegen gering, so ist die Gurtförderanlage sehr homogen und eine Angleichung der schlechten Abschnitte an die besten hat ein entsprechend geringeres Verbesserungspotential.

5 Zu den bestimmten Zugkräften kann eine Antriebsleistung errechnet werden, die zu einem vorbestimmten Zeitpunkt zum Antrieb des Fördergurts 102 erforderlich ist. Die bestimmte Antriebsleistung kann mit einer tatsächlichen Wirkleistung des einen oder der mehreren Antriebe 112 verglichen werden. Eine geringe Abweichung der Leistungen kann auf eine gute Bestimmung der Antriebsleistung  
10 bzw. der zu Grunde liegenden Zugkraftbestimmung hinweisen. Eine Energieeffizienz des Gurtförderers kann auf der Basis der aufgenommenen Antriebsleistung, Anlagenparametern wie einer Steigung oder Länge des Fördergurts 102 zwischen dem Aufgabebereich 106 und dem Abgabebereich 108 sowie einer Beladung mit Fördergut 104 bestimmt werden. Diese  
15 Bestimmung gilt jeweils für aktuelle Randbedingungen wie eine Beladung, eine Umgebungstemperatur, einen verwendeten Fördergurt 102, eine Justage der Tragrollen 110 etc.

20 Hat die Bestimmung der Zugkraft über die Länge des Fördergurts 102 eine vorbestimmte Qualität erreicht, so kann ein verwendetes Bestimmungsmodell dazu verwendet werden, die Energieaufnahme des Gurtförderers 100 für andere Werte der Betriebsparameter oder andere Randbedingungen zu bestimmen. Insbesondere können Normalwerte für vorbestimmte Betriebsparameter angesetzt werden, namentlich eine vorbestimmte Beladung, die insbesondere als  
25 über die Förderstrecke gleichverteilt angenommen werden kann, oder eine vorbestimmte Umgebungstemperatur. In der Folge kann ein Wert für die Energieeffizienz des Gurtförderers 100 bereitgestellt werden, der unabhängig von aktuellen Werten für die Betriebsparameter ist. Die bestimmte Energieeffizienz kann einerseits zur Bestimmung einer zeitlichen Entwicklung  
30 verwendet werden, sodass beispielsweise eine erforderliche Wartung des Gurtförderers 100 bestimmt oder eine Effizienzverbesserung etwa durch bauliche Maßnahmen nachgewiesen werden kann. Andererseits kann die bestimmte Energieeffizienz zum Vergleichen verschiedener Gurtförderer 100 verwendet werden. Auch grundlegend oder weitgehend unterschiedlich aufgebaute  
35 Gurtförderer 100, etwa im Tagebau und unter Tage, können so in einen

energietechnischen und somit auch umwelttechnischen oder wirtschaftlichen Kontext gestellt werden.

5           Figur 2 zeigt ein Verfahren 200 zum Bestimmen der Energieeffizienz eines Gurtförderers 100. Das Verfahren 200 ist bevorzugt zum Ablaufen auf der Steuereinrichtung 118 eingerichtet und kann ganz oder in Teilen in Form eines Computerprogrammprodukts vorliegen, das auf einem computerlesbaren Datenträger abgespeichert werden kann.

10           In einem Schritt 205 können Anlagenparameter des Gurtförderers 100 festgestellt werden, die den Streckenverlauf des Gurtes, die Anordnung und Art der Trommeln 132 und der Antriebe 112 sowie Position von Beladungssensorik 140, Gurtabschnittssensor 120 etc. beschreiben. Anlagenparameter ändern sich im laufenden Betrieb üblicherweise nicht oder nur sehr langsam, sodass dieser  
15           Schritt nur einmalig, nur nach einem Eingriff in den Aufbau des Gurtförderers 100 oder nur in vorbestimmten zeitlichen Abständen von mehreren Tagen, Wochen oder Monaten durchgeführt werden muss.

20           In einem Schritt 210 werden vorbestimmte Betriebsparameter am Gurtförderer 100 abgetastet. Betriebsparameter kennzeichnen üblicherweise einen laufenden Betrieb des Gurtförderers 110 und sind deutlich variabler als Anlagenparameter. Eine Abtastfrequenz von Betriebsparametern kann fest vorbestimmt sein und beispielsweise 1 Hz betragen, wobei eine höhere Abtastfrequenz eine verbesserte Verarbeitung erlauben kann. Die Abtastfrequenz kann auch von der  
25           Fördergeschwindigkeit  $v$  abhängen und ist bevorzugt so gewählt, dass eine hinreichend genaue Auflösung in Bezug auf die Gesamtlänge des Fördergurtes 102 erzielt wird. An einem beispielhaften Gurtförderer 100 kann eine Abtastrate von 1 Hz einer Abtastung alle ca. 7,5 m entsprechen. Zu den Betriebsparametern können insbesondere die Bewegungsgeschwindigkeit  $v$ , eine Beladung des Fördergurtes 102, eine Umgebungstemperatur, eine Temperatur des Fördergurtes  
30           102, ein Antriebsmoment, eine Antriebsdrehzahl, eine Wirkleistung oder eine Energieaufnahme eines Antriebs 112 zählen. Die abgetasteten Betriebsparameter werden bevorzugt für eine nachfolgende Verarbeitung zumindest vorübergehend abgespeichert.

In einem Schritt 215 wird auf der Basis der gesammelten Informationen ein Laufwiderstand des Fördergurts 102 entlang seiner Förderrichtung bestimmt. Die Bestimmung kann kontinuierlich oder bezüglich vorbestimmten Abständen des Fördergurts 102 durchgeführt werden. Die Schritte 210 und 215 werden bevorzugt kontinuierlich betrieben, solange der Gurtförderer 100 in Betrieb ist. In einer Variante kann die Bestimmung im Schritte 215 auch auf zuvor abgespeicherten Informationen des Schritts 210 durchgeführt werden.

In einem Schritt 220 kann auf der Basis der bestimmten Informationen, insbesondere auf der Basis des Laufwiderstands, eine Energieaufnahme des Gurtförderers 100 bestimmt werden. Zusätzlich kann in einem Schritt 225 eine tatsächliche Energieaufnahme oder eine Wirkleistung des Antriebs 112 bzw. des einen oder der mehreren Motoren 144 bestimmt werden. Die beiden Energieaufnahmen können in einem Schritt 230 auf Übereinstimmung überprüft werden. Liegen beide Energieaufnahmen – bezüglich eines vorbestimmten Kriteriums – nahe aneinander, so ist die Bestimmung des Laufwiderstands bzw. der Energieaufnahme korrekt. Liegen die Energieaufnahmen weiter als ein vorbestimmtes Maß auseinander, so ist die Bestimmung noch nicht genau genug. Auf der Basis der bestimmten Abweichung können die Bestimmungen in den Schritten 215 und/oder 220 angepasst werden.

In einer anderen Ausführungsform können eine oder mehrere im Rahmen einer der Bestimmungen 220, 225 verwendeten Abbildungen zwischen Eingangs- und Ausgangsparametern in ihren Verarbeitungsparametern verändert werden. Dazu können unterschiedliche Anpassungen von Abbildungen ausprobiert werden, um eine zu finden, die möglichst gut zu dem vorliegenden Datenmaterial passt. Dabei kann unerheblich sein, ob die Anpassung physikalisch nachvollzogen werden kann oder nicht, entscheidend ist üblicherweise nur, wie gut die Abbildung gelingt. Das Ausprobieren kann nach Art einer Monte-Carlo-Methode, einer Evolutionsstrategie, mittels Mixed Integer-Optimierung oder eines Greedy-Algorithmus unterstützt werden, um zu besseren Ergebnissen zu führen, ein gutes Ergebnis schneller zu finden oder die Qualität des Ergebnisses besser bewerten zu können. In noch einer weiteren Ausführungsform können ein selbstlernender Algorithmus oder ein Kalman-Filter zur Bestimmung verwendet werden. In einigen Ausführungsformen kann zwischen einem Lernbetrieb zur

5 raschen Anpassung der Bestimmung an den vorliegenden Gurtförderer 100 und einem Ausführungsbetrieb unterschieden werden, in welchem nur noch langsamere oder gar keine Anpassungen an den Bestimmungen mehr vorgenommen werden. In anderen Ausführungsformen können beide Betriebsarten parallel betrieben werden bzw. zusammenfallen.

10 Unabhängig davon kann in einem Schritt 235 eine Summe der bestimmten Laufwiderstände über die Gesamtlänge des Fördergurts 102 bestimmt werden. Die Gesamtlänge betrifft dabei einen vollständigen Umlauf des Fördergurts 102. Wird der Laufwiderstand stufenlos bestimmt, kann an Stelle einer Summe über Laufwiderstände für Abschnitte des Fördergurts auch ein Integral über den ortsbezogenen Laufwiderstand bestimmt werden. In beiden Fällen wird üblicherweise an einer beliebigen Stelle begonnen und für vorbestimmte, aneinander angrenzende Abschnitte des Fördergurts 102 jeweils eine 15 Zugkraftdifferenz bestimmt. Läuft das betrachtete Teilstück beispielsweise über eine Antriebstrommel 132, so entspricht deren Antriebskraft der Zugkraftdifferenz im Fördergurt 102 an Stellen vor und nach der Antriebstrommel 132. An einer Steigung kann die Zugkraftdifferenz positiv, an einem Gefälle negativ gewertet werden. Die Zugkraftdifferenzen aller Abschnitte des Fördergurts 102 summieren sich idealerweise zum dem Wert, mit dem an der gewählten Stelle begonnen wurde. Das Maß der Abweichung der Summe vom initialen Wert weist auf eine 20 Bestimmungsqualität des Schritts 210 bzw. 215 hin. Eine hohe Abweichung kann eine niedrige Bestimmungsqualität kennzeichnen und umgekehrt. Ist die Bestimmungsqualität niedrig, so kann die Bestimmung der Zugkraft durch Anpassen der oben beschriebenen Abbildungen angepasst werden, um die 25 Qualität der Bestimmung zu verbessern.

30 Die Bestimmung der Zugkraft wird aktuell häufig nach den Vorgaben der DIN 22101 durchgeführt. Es wird vorgeschlagen, den dort verwendeten F-Wert nicht als statisch anzunehmen, sondern in der hierin beschriebenen Weise abhängig von vorbestimmten Betriebsparametern, insbesondere der Umgebungstemperatur und/oder der Beladung, zu bestimmen.

35 Im kontinuierlichen Betrieb des Gurtförderers 100 kann auch die genannte Abweichung periodisch oder kontinuierlich bestimmt werden. Als Maß für die

Qualität der Bestimmung kann auch die zeitliche Varianz der Abweichung verwendet werden, also ein Maß für eine zeitliche Änderung der Abweichung. Eine geringe Varianz weist üblicherweise auf eine hohe Bestimmungsqualität hin und umgekehrt.

5

In einem Experiment konnte an einem beispielhaften Gurtförderer 100 nach dem Auswerten von Daten über einige Tage eine Abweichung der bestimmten Energieaufnahme von der gemessenen im Bereich von ca. 0,1 - 0,3 % der installierten Antriebsleistung erreicht werden.

10

Kann eine ausreichend hohe Bestimmungsqualität erzielt werden, liegen also insbesondere genannte Abweichungen in den Schritten 230 oder 235 unterhalb vorbestimmter zugeordneter Schwellenwerte, so kann die Energieeffizienz des Gurtförderers in einem Schritt 240 bezüglich vorbestimmter Normalparameter bestimmt werden. Die Normalparameter können insbesondere eine vorbestimmte, bevorzugt über die Länge des Obertrums gleichmäßige Beladung des Fördergurts 102 mit Fördergut 104 und/oder eine vorbestimmte Umgebungstemperatur betreffen. Unter Umständen kann die Energieeffizienz bezüglich Werten bestimmt werden, welche die betrachteten Betriebsparameter nie eingenommen hat. Die Bestimmung der Energieeffizienz erfolgt dabei bevorzugt auf der Basis der Vorgehensweise und durchgeführten Anpassungen oder Optimierungen im Schritt 215 bzw. 230.

15

20

25

Zu den oben beschriebenen Bestimmungen sind verschiedene Variationen, Weiterentwicklungen und Ausführungsformen denkbar.

#### Gurt- und Anlagenabschnittseffizienz

30

Die Güte der einzelnen Fördergurtteilstücke 114 und die der einzelnen Anlagenabschnitte in Bezug auf Energieeffizienz kann über die Zeit dadurch ermittelt werden, dass eine bestimmte Effizienz jeweils mit einer aktuellen Beladung gewichtet und den jeweils beteiligten einzelnen Gurt- oder Anlagenabschnitten zugeordnet wird. Bestimmte Energieeffizienzen der einzelnen Fördergurtteilstücke 114 oder Anlagenabschnitte können über die Zeit betrachtet werden, um die Teilstücke 114 bzw. Anlagenabschnitte miteinander

35

oder mit einem Durchschnitt zu vergleichen. So können beispielsweise ein besonders energieeffizientes oder ein besonders energieineffizientes Teilstück 114 bzw. ein Anlagenabschnitt erfasst werden. Im Anschluss kann eine genauere Analyse Gründe für die abweichende Energieeffizienz zeigen. Insbesondere kann ein Potential zur Optimierung der Energieeffizienz gezielt bestimmt und ausgenutzt werden.

Beispielsweise kann ein energetisch unterdurchschnittliches Fördergurtteilstück 114 identifiziert werden, welches gegen ein anderes ausgetauscht werden kann, um insgesamt die Energieeffizienz des Gurtförderers 100 zu verbessern. Erfahrungen über die Qualität, die Haltbarkeit oder das Preis-Leistungs-Verhältnis unterschiedlicher Fördergurtteilstücke 114 können bei einer Neubeschaffung genutzt werden. Die Erfahrungen können auch zur Optimierung eines verwendeten Produkts verwendet werden.

Mechanische und elektrische Leistungsgrenze

Ein Gurtförderer 100 kann überlastet werden, was zu einem ungeplanten Stillstand führen kann.

In einem ersten Fall kann eine elektrische Leistungsgrenze des Gurtförderers 100 im Betrieb überschritten werden. Dabei kann mindestens einer der Antriebe 112 über längere Zeit oberhalb seiner projektierten Leistung laufen, wodurch es zu einer Aufheizung kommt, bis eine hierfür vorgesehene Überwachungseinrichtung die Anlage abschaltet. Der Antrieb 112 kann beispielsweise einen Asynchronmotor umfassen, der bei Überlastung in vergrößerten Schlupf geführt wird, sodass der Wirkungsgrad sinkt und vermehrt elektrische Leistung zur Erwärmung des Motors verwendet wird. Umfasst der Gurtförderer 100 mehrere Antriebe 112, so kann bereits eine verbesserte Aufteilung der Belastung auf die einzelnen Antriebe 112 zu einer signifikanten Verzögerung oder Vermeidung eines Stillstands wegen Überlastung führen.

In einem zweiten Fall kann eine mechanische Leistungsgrenze des Gurtförderers 100 bzw. eines seiner Elemente überschritten sein. Beispielsweise kann es an einer Antriebstrommel 132 zu Schlupf kommen, weil die zur Übertragung der

eingesetzten Antriebsleistung nötige Gurtvorspannung nicht ausreicht (Verletzung der Eytelwein-Bedingung). Da ein Gleitreibwert zwischen Antriebstrommel 132 und Fördergurt 102 im Allgemeinen deutlich niedriger ist als ein Haftreibwert, sinkt beim Auftreten von Schlupf die an diesem Antrieb 112 übertragbare Umfangskraft, wodurch die Belastung der anderen Antriebe 112 ansteigt. Gleichzeitig erfolgt eine Aufheizung in der Schlupfzone aufgrund der durch den Schlupf entstehenden Verlustleistung (Umfangskraft mal Differenzgeschwindigkeit), was schnell zu einem Brand führen kann, wenn der Gurtförderer 100 nicht vorher abgeschaltet wird. Eine automatische Abschaltung kann entweder durch eine Schlupfüberwachungseinrichtung an der schlupfenden Antriebstrommel 132 oder durch eine Leistungsüberwachung an einem der anderen Antriebe 112 erfolgen.

In beiden Fällen kann es zu einem längeren Stillstand des Gurtförderers 100 kommen, da durch die Abschaltung der Grund für die Überlast noch nicht beseitigt ist. Außerdem kann das Anfahren des Gurtförderers, bei dem der Fördergurt 102 mit dem Fördergut 104 aus dem Stillstand heraus beschleunigt werden muss, eine besondere Belastung für den Gurtförderer 100 darstellen, sodass ein erneuter Ausfall droht.

Üblicherweise ist für jeden Motor 144 eine elektrische Leistungsgrenze bekannt. Durch die Leistungsbestimmung bzw. Leistungsmessung kann für jeden Motor 144 eine Leistungsreserve bestimmt werden, die angibt, wie weit der Motor 144 von seiner Leistungsgrenze entfernt ist. Steigt die Antriebsleistung des Gurtförderers 100 prozentual um mehr als die geringste der Leistungsreserven aller Motoren 144 an, so kann der entsprechende Motor überlastet werden.

Durch den Einsatz des hierin vorgestellten Bestimmungsmodells des Gurtförderers 100 können die Gurtzugkräfte vor und hinter den Antriebstrommeln 132 zu jedem Zeitpunkt berechnet werden, womit auch die mechanische Leistungsgrenze eines Antriebs 112 wie folgt berechnet werden kann. Es gilt:

$$P_{max,elektrisch} = P_{max,mechanisch}/\eta = U_{max} * v/\eta$$

$$U_{max} = T_{1,max} - T_2 = T_2 * (e^{\mu\alpha} - 1)$$

Hierin sind:

	$P_{\max, \text{elektrisch}}$	die maximal übertragbare elektrische Wirkleistung des Antriebs 112
5	$P_{\max, \text{mechanisch}}$	die mechanisch maximal übertragbare Leistung des Antriebs 112
	$\eta$	der Wirkungsgrad des Antriebs 112
	$U_{\max}$	die maximal übertragbare Umfangskraft an einer zugeordneten Antriebstrommel 132
	$v$	die Gurtgeschwindigkeit an dieser Antriebstrommel 132
10	$T_{1, \max}$	die maximal mögliche Gurtzugkraft im Auflaufpunkt (bei motorischem Betrieb), bzw. bei generatorischem Betrieb im Ablaufpunkt dieser Antriebstrommel 132
	$T_2$	die mögliche Gurtzugkraft im Ablaufpunkt (bei motorischem Betrieb), bzw. bei generatorischem Betrieb im Auflaufpunkt dieser
15		Antriebstrommel 132
	$\mu$	der Reibwert zwischen Fördergurt 102 und Antriebstrommel 132
	$\alpha$	der Umschlingungswinkel des Fördergurts 102 um die
		Antriebstrommel 132 im Bogenmaß

20 Unter einem Antrieb 112 wird hierbei eine Antriebstrommel 132 mit einem oder maximal zwei Antriebssträngen mit je einem Motor 144 verstanden.

25 Eine maximal mögliche Antriebsleistung ergibt sich aus der Leistungsgrenze eines Antriebs 112 (mechanisch oder elektrisch), die zuerst erreicht wird. Durch den Einsatz des hierin beschriebenen Bestimmungsmodells des Gurtförderers 100 kann bestimmt werden, welche Förderleistung hierbei erbracht werden kann. Somit wird es möglich, die Leistungsreserven des Gurtförderers 100 besser auszunutzen und gleichzeitig die Gefahr einer Überlast zu reduzieren.

30 Beispielsweise kann der Gurtförderer 100 näher an seiner Leistungsgrenze betrieben werden, da sowohl diese als auch eine gegenwärtig aufgebrachte Leistung bekannt sind. Eine Überlastung wie in einem der oben beschriebenen Fälle, welcher einen Anlagenstillstand mit sich bringen würde, kann trotzdem sicher vermieden werden.

### Schlupfüberwachung

5 Kommt es an einer Antriebstrommel 132 zu Schlupf, so bricht an dieser Trommel 132 schlagartig die Antriebsleistung auf einen niedrigeren Wert ein, welcher durch den dann herrschenden Gleitreibwert bestimmt wird. Gleichzeitig muss die nun fehlende Antriebsleistung von den anderen Antrieben 112 zusätzlich erbracht werden. Durch einen Vergleich der Antriebsleistungen der Antriebe 112 kann ein solcher Schlupfvorgang frühzeitig erkannt werden. Eine  
10 Gegenmaßnahme, beispielsweise ein Reduzieren der Bandgeschwindigkeit oder eine Umverteilung der Antriebsleistungen auf die Antriebe 112, kann die Schlupfgefahr verringern.

15 Aus den Gurtzugkräften unmittelbar vor Auftreten des Schlupfes lässt sich der Haftreibwert  $\mu$  durch Umformen der oben angegebenen Eytelwein-Beziehung ermitteln:

$$\mu = \ln(T_1/T_1)/\alpha$$

20 Für diese Bestimmung können die Antriebsleistung gegebenenfalls gefiltert werden, um insbesondere ein Messrauschen zu verringern.

Bei jedem Schlupfvorgang kann der so ermittelte Haftreibwert zusammen mit den gerade herrschenden Umgebungsbedingungen, also insbesondere den für die Bestimmung der Antriebsleistung betrachteten Betriebsparametern, abgespeichert und für künftige Prognosen der mechanischen Leistungsgrenze  
25 verwendet werden. Der während des Schlupfvorgangs wirksame Gleitreibwert kann analog aus den Gurtzugkräften während des Schlupfens berechnet und abgespeichert werden.

30 Zusätzlich kann diese Vorgehensweise über die Zeit genauere Kenntnisse liefern, mit welchen Haft- oder Gleitreibwerten bei den eingesetzten Fördergurtteilstücken 114 oder Trommelbelägen tatsächlich gerechnet werden darf. Insbesondere kann so eine unglückliche Materialpaarung identifiziert werden, wenn beispielweise ein bestimmter Trommelbelag in Kombination mit

einem bestimmten Fördergurtteilstück 114 einen unterdurchschnittlichen Reibwert ergibt. Mangels besserer Kenntnis werden bislang für Reibwerte häufig Tabellenwerte eingesetzt, um den Gurtförderer 100 auszulegen oder zu betreiben.

5

Leistungsaufteilung zwischen den Antrieben

Im Idealzustand wird die benötigte Antriebsleistung eines Gurtförderers 100 derart auf die Antriebe 112 aufgeteilt, dass jeder Motor 144 die gleiche Auslastung bezüglich seiner Nennleistung erfährt, also beispielsweise alle Motoren 144 bei ca. 70% ihrer Belastungsfähigkeit laufen. In der Praxis kommt es aber teilweise zu deutlichen Unterschieden zwischen den Auslastungen, sodass nur eine geringere als eine projektierte Förderleistung maximal möglich ist. Mögliche Ursachen hierfür umfassen:

15

- (1) Toleranzen der beteiligten Motoren 144
- (2) unterschiedliche Versorgungsspannungen (z.B. aufgrund von Leitungsverlusten bei langen Zuleitungen)
- (3) unterschiedliche Getriebeübersetzungen an den Antrieben 112
- (4) unterschiedliche Trommeldurchmesser (z.B. aufgrund von Fertigungstoleranzen oder Verschleiß von Trommelbelägen)
- (5) unterschiedliche Gurtdehnung aufgrund unterschiedlicher Gurtzugkräfte; insbesondere bei Gewebegurten, deren Elastizität 5 bis 15 mal so groß ist wie die von Stahlseilgurten bei gleicher Nennfestigkeit

25

Bei geregelten Antrieben 112 kann ein aktiver Ausgleich und damit eine ideale Lastaufteilung erfolgen, jedoch um den Preis eines geringeren Wirkungsgrades des Gurtförderers 100, da der am stärksten fördernde Antrieb 115 über einen zusätzlichen (elektrischen oder hydrodynamischen) Schlupf auf das Niveau der anderen Antriebe 112 abgesenkt wird.

30

Figur 3 zeigt einen Zusammenhang zwischen Motorleistungen (vertikal) und einer Gurtgeschwindigkeit (horizontal). Ein erster und ein zweiter Antrieb 112 werden mit unterschiedlichen Trommeldurchmessern, leicht unterschiedlichen Motorkennlinien und/oder unterschiedlicher Gurtdehnung betrieben. Eine erste

35

Kennlinie 305 zeigt die Motorleistung des ersten Antriebs 112 für verschiedene Gurtgeschwindigkeiten, eine zweite Kennlinie 310 die Motorleistung für den zweiten Antrieb und eine dritte Kennlinie 315 für beide Antriebe 112 zusammen, die im selben Gurtförderer 100 betrieben werden.

5

Aufgrund der oben genannten Ursachen (1) und (2) weisen die Kennlinien 305 und 310 unterschiedliche Neigungen auf; die Ursachen (3), (4) und (5) bewirken Parallelverschiebungen in der Darstellung.

10

Durch den Einsatz eines Bestimmungsmodells des Gurtförderers 100 können die Kennlinien 305 und 310 aus den Betriebsparametern des Gurtförderers 100 bestimmt werden. Diese Betriebsparameter umfassen insbesondere die Gurtgeschwindigkeit an einer Stelle, bekannte Gurtzugkräfte an dieser Stelle wie auch an allen Antriebstrommeln 132, sowie bekannte Wirkleistung an allen Motoren 144).

15

Während die Getriebeübersetzungen (3) sich im Betrieb nicht ändern und der Einfluss der Gurtdehnung (5) direkt berechnet werden kann, können sich die Einflüsse (1), (2) oder (4) mit der Zeit verändern. Durch eine Überwachung dieser Kennlinien 305 und 310 jeweils hinsichtlich Neigung und vertikaler Lage können Veränderungen der Leistungsaufteilung und die zugrunde liegenden Ursachen frühzeitig erkannt und entsprechende Gegenmaßnahmen verbessert eingeleitet werden.

20

25

Ereignisbasierte Benachrichtigungen

Durch den Einsatz des hierin vorgeschlagenen Bestimmungsmodells des Gurtförderers 100 während dessen Betrieb können Ereignisse („Events“), die für den Betrieb und die Instandhaltung bedeutsam sind, automatisch erkannt und an den oder die zuständigen Betreuer (per SMS, Mail o.ä.) mit allen für die Beurteilung relevanten Informationen übermittelt werden. Solche Events können beispielsweise folgende umfassen:

30

- Überschreiten eines vorgegebenen Schwellenwerts der Gurt- oder Anlagenabschnittseffizienz an einem vorbestimmten oder beliebigen Abschnitt;
- 5 - Änderung der normierten Anlageneffizienz, wobei die Normierung insbesondere auf eine vorbestimmte Referenztemperatur und/oder Referenzbeladung erfolgen kann;
- Unterschreiten einer vorbestimmten minimalen Leistungsreserve;
- Auftreten eines Schlupfvorgangs;
- 10 - permanente Änderung der Leistungsaufteilung zwischen den Antriebs 112, gegebenenfalls oberhalb eines definierten Grenzwerts

Solche automatische Mitteilungen können archiviert werden, beispielsweise für eine spätere statistische Auswertung. Ebenso kann vorgesehen werden, dass der Erhalt einer Mitteilung von einem vorbestimmten Empfänger zu quittieren ist. Optional können auch ein Kommentar einer Bedienperson, eine Auswahl einer erkannten Ursache oder eine getroffenen Maßnahme abgespeichert werden. Ein Wartungszustand oder eine Verfügbarkeit des Gurtförderers 100 können durch konsequente Nutzung dieser Funktion im Lauf der Zeit erheblich verbessert werden.

20

#### Lastkollektive

Durch den Einsatz des vorgeschlagenen Bestimmungsmodells des Gurtförderers 100 sind zu jedem Zeitpunkt für jeden Punkt entlang des endlos umlaufenden Fördergurts 102 und auch für jeden Punkt des Gurtförderers 100 eine örtliche Beladung 104 und eine örtliche Gurtzugkraft bekannt. Diese können sowohl einem Fördergurtstück 114 als auch einem Anlagenabschnitten zugeordnet werden.

30

Diese Werte können jeweils für einen vorbestimmten Zeitraum abgespeichert werden. Für jeden abgespeicherten Zeitraum können für jedes Fördergurtstück 114, für jeden Verbindungsabschnitt 116 oder für jeden Anlagenabschnitt und die in diesem Abschnitt vorhandenen ortsfesten Teile des Gurtförderers 100, etwa Tragrollen und Trommeln 132, das Lastkollektiv angegeben werden. Dadurch wird es möglich, bei Ausfall einer Komponente

35

diese mit anderen zu vergleichen und Aussagen über die erzielbare Lebensdauer dieser Komponente zu treffen. So können eine objektive Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei der Ersatzbeschaffung oder eine gezielte Weiterentwicklung von Komponenten unterstützt werden.

5

#### Berücksichtigung der Temperatur des Fördergurts

Die über einen kompletten Gurtumlauf gemittelte Energieeffizienz ist in der Regel nicht konstant, da die Laufeigenschaften des Fördergurts 102 oder der Tragrollen 132 jeweils von ihrer aktuellen Temperatur abhängen. Die Temperaturen können durch die Umgebungstemperatur oder einen schwankenden Förderstrom beeinflusst werden. Unter den Betriebsparametern, die zur Beschreibung des Leistungsbedarfs des Gurtförderers 100 unter Berücksichtigung des aktuellen Betriebszustands verwendet werden, können einer oder mehrere den Einfluss der Gurttemperatur auf den Laufwiderstand nachbilden.

15

Die Gurttemperatur kann insbesondere direkt gemessen und in das Berechnungsmodell eingeführt werden. Dabei ist weiter bevorzugt, dass die Temperatur des Fördergurts 102 an mehreren Stellen entlang der Förderstrecke bzw. des Fördergurts 102 bestimmt wird. Alternativ können auch Temperaturen von einer oder mehreren Trommeln 132 bestimmt werden. Die Temperatur einer Trommel 132 kann jeweils der Temperatur des Fördergurts 102 an der gleichen Stelle entsprechen. Die Temperatursensoren 142 sind bevorzugt über die Förderstrecke möglichst gleichverteilt, sodass jeweils benachbarte Sensoren im Wesentlichen den gleichen Abstand zueinander aufweisen.

20

25

#### Thermodynamisches Gurtmodell

Die Messung der Gurttemperatur kann aufwändige Sensoren oder eine fehleranfällige Datenfernübertragung erfordern, insbesondere wenn mehrere Temperatursensoren 142 an unterschiedlichen Stellen des Gurtförderers 100 verwendet werden sollen. Je weniger Temperatursensoren 142 verwendet werden, desto weniger genau kann die Temperaturbestimmung sein, sodass der Temperatureinfluss unter Umständen nur ungenau oder mit größerer Verzögerung nachvollzogen werden kann.

30

35

Die Bestimmung der Gurttemperatur kann daher ein thermodynamisches Modell umfassen, in welchem beispielsweise ein erster Parameter die Wärmekapazität des Fördergurts 102 und ein zweiter den Wärmeübergang zwischen dem Fördergurt 102 und der Umgebung beschreibt. Da der Fördergurt 102 üblicherweise durch geleistete Verformungsarbeit erwärmt wird, liegt seine Temperatur allgemein höher als die der Umgebung.

Der Wärmeeintrag kann aus den entsprechenden Teilen des Laufwiderstands, die zu einer Aufheizung des Fördergurtes 102 oder der Tragrollen 132 führen, berechnet werden. Eine mögliche Realisierung dieses thermodynamischen Modells stellt folgende Gleichung dar:

$$t_{Gurt,i+1} = t_{Gurt,i} + k_1 \cdot P_{Wärmeeintrag} - k_2 \cdot (t_{Gurt,i} - t_{Umgebung})$$

15

Hierbei sind:

$t_{Gurt,i}$	die Gurttemperatur zum Zeitpunkt i
$t_{Gurt,i+1}$	die Gurttemperatur zum Zeitpunkt i+1
$t_{Umgebung}$	die Umgebungstemperatur zum Zeitpunkt i+1
$P_{Wärmeeintrag}$	der Wärmeeintrag aus dem Laufwiderstand
$k_1$	erster Parameter, der die Wärmekapazität des Fördergurts 102 abbildet
$k_2$	zweiter Parameter, der den Wärmeübergang des Fördergurts 102 abbildet

25

Dabei wird von einem Zeitraster ausgegangen, in welchem benachbarte Zeitpunkte i, i+1 jeweils durch eine konstante Zeit voneinander getrennt sind. In einer Variante des Modells wird nicht die Temperatur des gesamten Fördergurts 102 betrachtet, sondern für jeden Beladeblock die Temperatur des ihn tragenden Fördergurtteilstücks 114 von der Aufgabe 106 bis zur Übergabe 108 berechnet.

30

Bevorzugt wird für den laufenden Gurtförderer 100 ein höherer Wärmeübergang als für den stillstehenden Gurtförderer 100 angenommen.

35

Als Starttemperatur  $t_{\text{Gurt},0}$  zum Zeitpunkt  $i=0$  kann eine Umgebungstemperatur angesetzt werden. Dies ist insbesondere sinnvoll, wenn der Gurtförderer 100 länger als eine vorbestimmte Zeit stillgestanden hat. Die Umgebungstemperatur kann mittels eines dedizierten Sensors bestimmt oder beispielsweise von einem  
5 Wetterbeobachtungs- oder vorhersagedienst bezogen werden.

Diese sehr genaue und detaillierte Betrachtung der Gurttemperatur kann die Berechnung der gesamten Gurtförderanlage 100 verbessern und diese der Realität sehr nahe angleichen. Höchst genaue Aussagen zur  
10 Gesamtenergieeffizienz, der Effizienz einzelner Abschnitte und Fördergurteilstücke 114, sowie zu Änderungen derselben, sind damit möglich.

Je genauer die Bestimmung des Laufwiderstands ist, umso besser lassen sich bereits kleine Maßnahmen zur Effizienzverbesserung nachweisen. In  
15 Deutschland bilden Verbesserungen der Energieeffizienz und speziell die valide und lückenlose Dokumentation der Datenherkunft und Berechnung die Grundlage für eine Befreiung von der Stromsteuer nach § 10 StromStG. Mittels der hierin aufgezeigten Vorgehensweise kann die Energieeffizienz eines Gurtförderers 100 genau und auf vorbestimmte Normalparameter bezogen  
20 angegeben werden.

**Bezugszeichen**

100	Gurtförderer, Gurtförderanlage
102	Fördergurt, Band
104	Fördergut, Beladung
106	Aufgabebereich
108	Abgabe- bzw. Übergabebereich
110	Tragrolle
112	Antrieb
114	Fördergurteilstück
116	Verbindungsabschnitt zweier Fördergurteilstücke
118	Steuereinrichtung
120	dritte Sensorik, Verbindungsabschnitt-Sensor
122	Schütte
124	Schnittstelle
126	Bandwaage
132	Umlenkrolle, Trommel, ggf. antreibbar
134	erste Sensorik (Energieaufnahme)
136	Momentsensor
138	Drehzahlsensor
140	zweite Sensorik (Beladungssensor)
142	Temperatursensor
144	Motor
146	Kupplung, insbesondere hydrodynamisch
148	Getriebe
200	Verfahren
205	Bestimmen Anlagenparameter
210	Bestimmen Betriebsparameter
215	Bestimmen Laufwiderstand
220	Bestimmen Energieaufnahme
225	Abtasten Energieaufnahme
230	Übereinstimmung?
235	Abweichung der Summe über Bandlänge nahe an null?
240	Bestimmen allgemeine Energieeffizienz

305	erste Kennlinie (erster Antrieb)
310	zweite Kennlinie (zweiter Antrieb)
315	dritte Kennlinie (beide Antriebe)

### Patentansprüche

- 5 1. Verfahren (200) zum Überwachen eines Gurtförderers (100) mit einem umlaufenden Fördergurt (102), wobei das Verfahren (200) folgende Schritte umfasst:
- Bestimmen (210) wenigstens eines Betriebsparameters des Gurtförderers (100);
  - 10 - Bestimmen (215) von Laufwiderständen an unterschiedlichen Stellen entlang des Fördergurts (102) auf der Basis des wenigstens einen bestimmten Betriebsparameters;
  - Bestimmen (235) einer Summe der bestimmten Laufwiderstände über die Länge des Fördergurts (102);
  - 15 - Bestimmen (220) einer Antriebsleistung des Gurtförderers (100) auf der Basis der bestimmten Summe; und
  - Anpassen (215) der Bestimmung der Laufwiderstände, um eine Abweichung der bestimmten Antriebsleistung von einer gemessenen Antriebsleistung zu minimieren.
- 20 2. Verfahren (200) nach Anspruch 1, ferner umfassend ein Bestimmen (240) der Energieeffizienz des Gurtförderers (100) auf der Basis der angepassten Bestimmung bezüglich eines vorbestimmten Normalwerts, den einer der Betriebsparameter einnimmt.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Bestimmung (215) der Laufwiderstände angepasst wird, um eine zeitliche Variation der bestimmten Abweichung zu minimieren.
- 30 4. Verfahren (200) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei auf der Basis der bestimmten Laufwiderstände eine Energieaufnahme eines Antriebs (112) bestimmt (220) und mit einer tatsächlichen Energieaufnahme des Antriebs (112) verglichen wird, und wobei die Bestimmung der Laufwiderstände angepasst wird, um eine Differenz zwischen der bestimmten und der tatsächlichen Energieaufnahme zu minimieren.

5. Verfahren (200) nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner umfassend ein Bestimmen (215, 220) einer zeitliche Variation der bestimmten Abweichung.
- 5 6. Verfahren (200) nach Anspruch 5, wobei ein Signal ausgegeben wird, wenn die zeitliche Schwankung ein vorbestimmtes Maß übersteigt.
7. Verfahren (200) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Bestimmung (215) des Laufwiderstands mittels eines Kennfelds erfolgt und  
10 die Anpassung der Bestimmung eine Änderung des Kennfelds umfasst.
8. Verfahren (200) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Bestimmung (215) des Laufwiderstands mittels eines selbstlernenden Algorithmus erfolgt.
- 15 9. Verfahren (200) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, wobei ein erster Betriebsparameter eine Temperatur und ein zugeordneter erster Normalwert eine Normaltemperatur einer Umgebung des Gurtförderers (100) umfasst und ein zweiter Betriebsparameter eine Beladung und ein zugeordneter  
20 zweiter Normalwert einen vorbestimmten Beladungswert des Fördergurts (102) umfasst.
10. Verfahren (200) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei ein Betriebsparameter eine Temperatur des Fördergurts (102) umfasst.
- 25 11. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln zur Durchführung eines Verfahrens (200) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Computerprogrammprodukt auf einer Verarbeitungseinrichtung (118) ausgeführt wird oder auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert  
30 ist.
12. Vorrichtung (118) zum Überwachen eines Gurtförderers (100) mit einem umlaufenden Fördergurt (102), wobei die Vorrichtung folgendes umfasst:
  - eine Schnittstelle (124) zur Abtastung wenigstens eines  
35 Betriebsparameters des Gurtförderers (100); und

- 30 -

- eine Verarbeitungseinrichtung (118), die dazu eingerichtet ist,
  - o Laufwiderstände an unterschiedlichen Stellen entlang des Fördergurts (102) auf der Basis des wenigstens einen bestimmten Betriebsparameters zu bestimmen;
  - 5 o eine Summe der bestimmten Laufwiderstände über die Länge des Fördergurts (102) zu bestimmen;
  - o eine Antriebsleistung des Gurtförderers (100) auf der Basis der Summe zu bestimmen; und
  - 10 o die Bestimmung der Laufwiderstände anzupassen, um eine Abweichung der bestimmten Antriebsleistung von einer gemessenen Antriebsleistung zu minimieren.

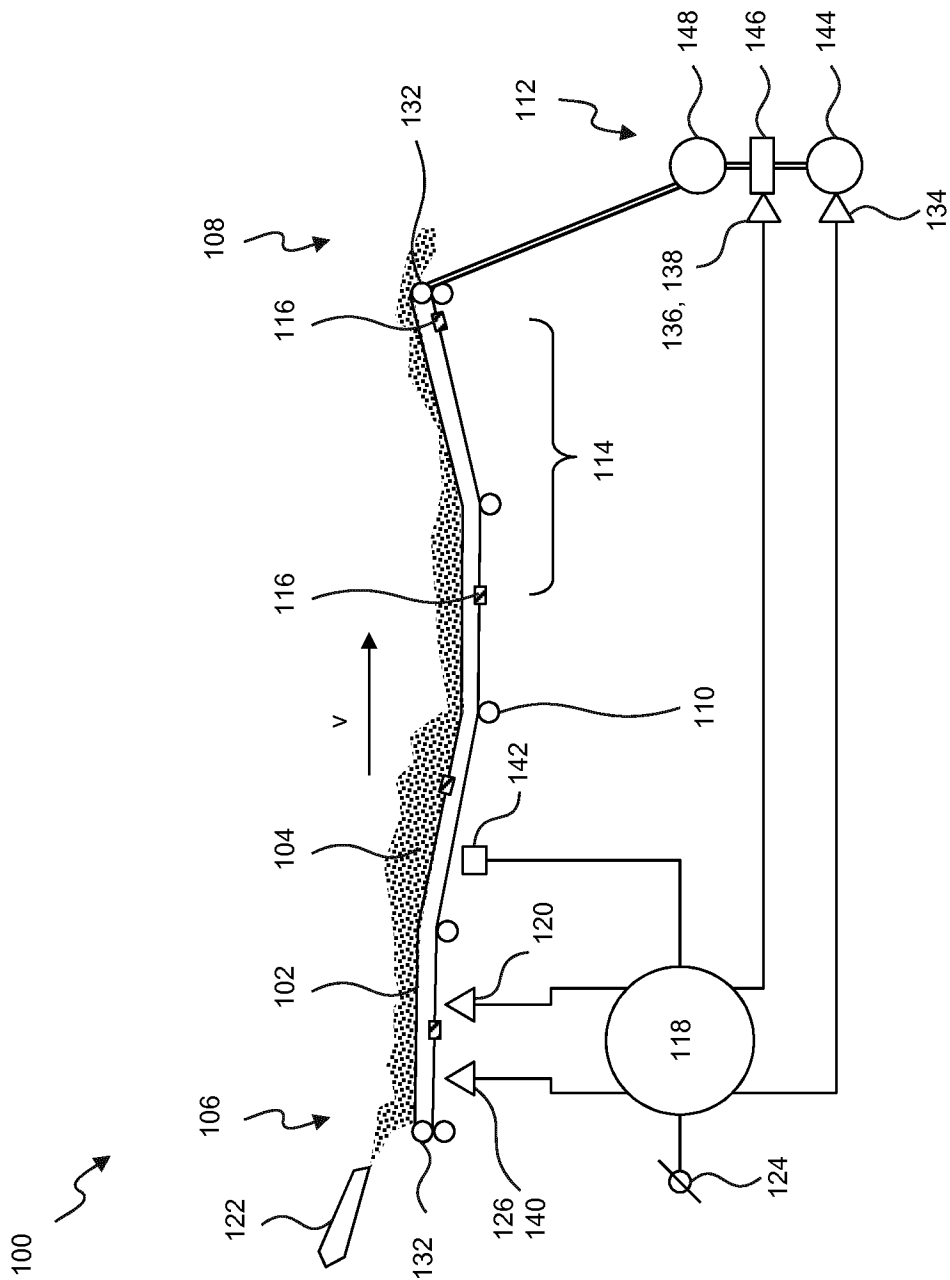


Fig. 1



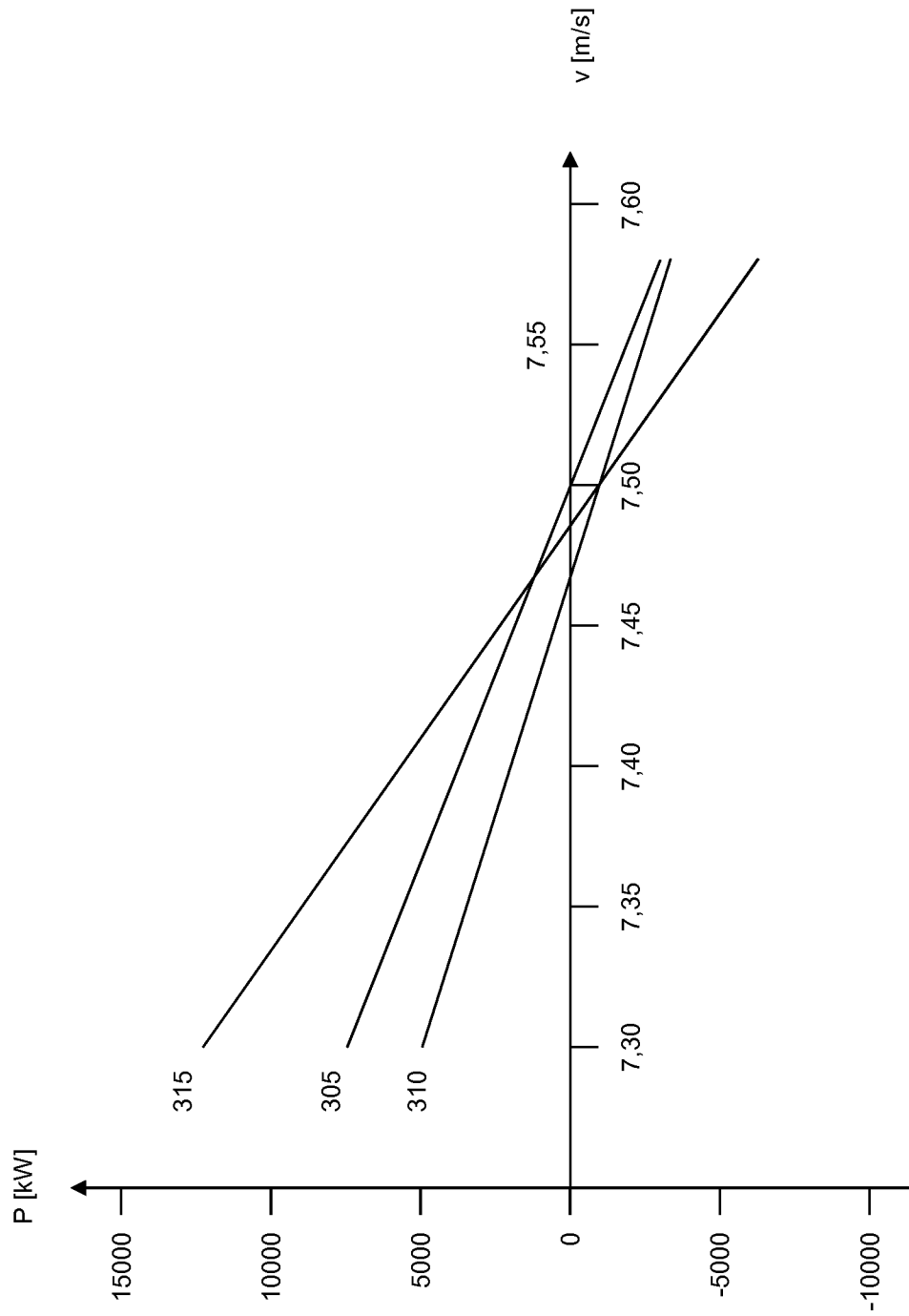


Fig. 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/054690

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B65G 43/00</i> (2006.01)i; <i>G05B 13/04</i> (2006.01)i; <i>G05B 17/02</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B65G; G05B		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2017001203 A1 (VOITH PATENT GMBH [DE]) 05 January 2017 (2017-01-05) cited in the application the whole document	1-12
X	WO 2008083809 A1 (RWE POWER AG [DE]; ZIEGLER MANFRED [DE]) 17 July 2008 (2008-07-17) the whole document	1-12
A	SHIRONG ZHANG ET AL. "Modeling and energy efficiency optimization of belt conveyors" <i>APPLIED ENERGY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, GB</i> , Vol. 88, No. 9, 16 March 2011 (2011-03-16), pages 3061-3071, [retrieved on 2011-03-21] DOI: 10.1016/J.APENERGY.2011.03.015 ISSN: 0306-2619, XP028210654 the whole document	3,5,7,8
A	EP 3173879 A1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]) 31 May 2017 (2017-05-31) paragraph [0006] - paragraph [0019]; claims 1-7; figure 1	3,5,7-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>24 May 2019</b>		Date of mailing of the international search report <b>05 June 2019</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office</b> <b>p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk</b> <b>Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Scheller, Johannes</b>  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/054690

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Lawrence K. Nordell. "Improving Belt Conveyor Efficiencies: Power, Strength and Life" 06 August 2017 (2017-08-06), Retrieved from the Internet: <a href="http://www.ckit.co.za/secure/conveyor/papers/troughed/improving/improving.htm">http://www.ckit.co.za/secure/conveyor/papers/troughed/improving/improving.htm</a> [retrieved on 2019-05-23] XP055591538 page 3	9,10
A	Piotr Kulinowski ET AL. "Department of Mining, Dressing and Transport Machines AGH Belt Conveyors for Bulk Materials Calculations by CEMA 5 th Edition" 17 May 2017 (2017-05-17), Retrieved from the Internet: <a href="https://web.archive.org/web/20170517013645if/http://www.kmg.agh.edu.pl:80/sites/default/files/pdf_BeltConveyorsCalculationsCEMA5_eng.pdf">https://web.archive.org/web/20170517013645if/http://www.kmg.agh.edu.pl:80/sites/default/files/pdf_BeltConveyorsCalculationsCEMA5_eng.pdf</a> [retrieved on 2019-05-23] XP055591540 page 27 - page 29	9,10

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/054690**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2017001203	A1	05 January 2017	AU	2016287069	A1	18 January 2018
				BR	112017027769	A2	11 September 2018
				CA	2990979	A1	05 January 2017
				CN	107850481	A	27 March 2018
				DE	102015212267	A1	05 January 2017
				EP	3317619	A1	09 May 2018
				US	2018370734	A1	27 December 2018
				WO	2017001203	A1	05 January 2017
				-----			
WO	2008083809	A1	17 July 2008	AU	2007343372	A1	17 July 2008
				CN	101583548	A	18 November 2009
				DE	102007002015	A1	10 July 2008
				EP	2099701	A1	16 September 2009
				WO	2008083809	A1	17 July 2008
				ZA	200904443	B	25 August 2010
-----							
EP	3173879	A1	31 May 2017	NONE			
-----							

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
INV. B65G43/00 G05B13/04 G05B17/02  
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
B65G G05B

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	WO 2017/001203 A1 (VOITH PATENT GMBH [DE]) 5. Januar 2017 (2017-01-05) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-12
X	WO 2008/083809 A1 (RWE POWER AG [DE]; ZIEGLER MANFRED [DE]) 17. Juli 2008 (2008-07-17) das ganze Dokument	1-12
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" 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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
24. Mai 2019	05/06/2019

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

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	SHIRONG ZHANG ET AL: "Modeling and energy efficiency optimization of belt conveyors", APPLIED ENERGY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, GB, Bd. 88, Nr. 9, 16. März 2011 (2011-03-16), Seiten 3061-3071, XP028210654, ISSN: 0306-2619, DOI: 10.1016/J.APENERGY.2011.03.015 [gefunden am 2011-03-21] das ganze Dokument	3,5,7,8
A	----- EP 3 173 879 A1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]) 31. Mai 2017 (2017-05-31) Absatz [0006] - Absatz [0019]; Ansprüche 1-7; Abbildung 1	3,5,7-10
A	----- Lawrence K. Nordell: "Improving Belt Conveyor Efficiencies: Power, Strength and Life",  6. August 2017 (2017-08-06), XP055591538, Gefunden im Internet: URL: <a href="http://www.ckit.co.za/secure/conveyor/papers/troughed/improving/improving.htm">http://www.ckit.co.za/secure/conveyor/papers/troughed/improving/improving.htm</a> [gefunden am 2019-05-23] Seite 3	9,10
A	----- Piotr Kulinowski ET AL: "Department of Mining, Dressing and Transport Machines AGH Belt Conveyors for Bulk Materials Calculations by CEMA 5 th Edition",  17. Mai 2017 (2017-05-17), XP055591540, Gefunden im Internet: URL: <a href="https://web.archive.org/web/20170517013645if_/http://www.kmg.agh.edu.pl:80/sites/default/files/pdf_BeltConveyorsCalculationsCEMA5_eng.pdf">https://web.archive.org/web/20170517013645if_/http://www.kmg.agh.edu.pl:80/sites/default/files/pdf_BeltConveyorsCalculationsCEMA5_eng.pdf</a> [gefunden am 2019-05-23] Seite 27 - Seite 29	9,10

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/054690

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2017001203 A1	05-01-2017	AU 2016287069 A1	18-01-2018
		BR 112017027769 A2	11-09-2018
		CA 2990979 A1	05-01-2017
		CN 107850481 A	27-03-2018
		DE 102015212267 A1	05-01-2017
		EP 3317619 A1	09-05-2018
		US 2018370734 A1	27-12-2018
		WO 2017001203 A1	05-01-2017
-----			
WO 2008083809 A1	17-07-2008	AU 2007343372 A1	17-07-2008
		CN 101583548 A	18-11-2009
		DE 102007002015 A1	10-07-2008
		EP 2099701 A1	16-09-2009
		WO 2008083809 A1	17-07-2008
		ZA 200904443 B	25-08-2010
-----			
EP 3173879 A1	31-05-2017	KEINE	
-----			