

(12) BELGISCHER PATENTANTRAG

(41) Veröffentlichungsdatum : 11/08/2021

(21) Antragsnummer : BE2020/5034

(22) Anmeldetag : 17/01/2020

(62) Teilantrag des früheren Antrags :

(62) Anmeldetag des früheren Antrags :

(51) Internationale Klassifikation : B65G 15/60, B65G 43/02

(30) Prioritätsangaben :

(71) Anmelder :

thyssenkrupp Industrial Solutions AG
AG
45143, ESSEN
Deutschland

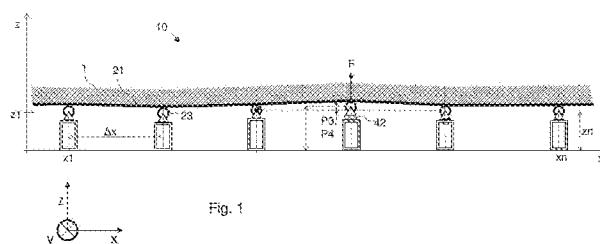
thyssenkrupp AG
AG
45143, ESSEN
Deutschland

(72) Erfinder :

RAAZ Viktor
44869 BOCHUM
Deutschland

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Anordnen von Tragrollen eines Förderbandes sowie Verwendung und Computerprogrammprodukt

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vorgeben der Längsposition (x_1 , x_n) einer oder mehrerer Tragrollen (23) eines Förderbandes (21) einer Förderbandanlage (10), wobei die in der jeweiligen Längsposition vom Förderband auf die Tragrolle(n) ausgeübte Kraft (F) basierend auf einem ersten angenommenen Längsabstand (Δx) bis zur benachbarten Tragrolle ermittelt wird, und wobei eine gewünschte oder erforderliche minimale Lebensdauer der Tragrollen, insbesondere von Tragrollenlagern, unter Bezugnahme auf den ersten angenommenen Längsabstand rechnerisch



nachgewiesen wird, wobei die
längspositionsspezifische Kraft (F) der jeweiligen
Tragrolle (23) unter Berücksichtigung von
Installations- oder Montagetoleranzen der Tragrollen
in wenigstens einer Raumrichtung (y, z) quer zur
Längserstreckung (x) des Förderbandes als
statistisch verteilte Größe derart bestimmt wird
und/oder wobei die Tragrollenlängsabstände (Δx)
derart optimiert werden, dass für die gesamte
Förderbandanlage (10) oder für eine vordefinierte
Förderbandstrecke eine/die
Ausfallwahrscheinlichkeit der Tragrollen (23) bei in
Längsrichtung (x) optimierter Tragrollenanordnung
minimiert wird. Ferner betrifft die Erfindung eine
entsprechende Vorrichtung und Verwendung.

Verfahren und Vorrichtung zum Anordnen von Tragrollen eines Förderbandes sowie Verwendung und Computerprogrammprodukt

Beschreibung:

TECHNISCHES GEBIET

- Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum optimierten Anordnen von Tragrollen eines Förderbandes, insbesondere in Gurtförderanlagen im Zusammenhang mit Materialfluss und Logistik für Schüttgüter oder Abbaumaterialien (Steine, Erden, Abraum, Kohle, Erze oder dergleichen), insbesondere bei Förderbändern mit beträchtlichen Längen von vielen hundert Metern oder gar Kilometern. Ferner betrifft die Erfindung ein Computerprogrammprodukt sowie die Verwendung einer Logikeinheit jeweils zum Bereitstellen von Optimierungsmaßnahmen hinsichtlich möglichst langer Lebensdauer der Tragrollen.
- Insbesondere betrifft die Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des jeweiligen unabhängigen oder nebengeordneten Anspruchs.

HINTERGRUND

- Viele Gurtförderanlagen müssen das zu fördernde Material über große Längen transportieren. Das Material kann insbesondere auch massige, schweres Schüttgut sei. Das Material wird auf Förderbändern verlagert, die auf Tragrollen abgestützt sind. Die Förderbänder sind beispielsweise als endlose Bänder ausgestaltet. Die Anlagen umfassen beispielsweise auch Antriebs- und Umlenkrollen. Je nach Längserstreckung der Anlage kann es erforderlich sein, mehrere Hundert oder gar Tausende von Tragrollen vorzusehen. Die einzelnen Tragrollen oder Tragrollengruppen müssen über Stützkonstruktionen abgestützt werden. Dabei stellt sich nicht zuletzt auch aus Kostengründen die Frage, in welchem Abstand die Tragrollen bevorzugt angeordnet werden sollen.
- Je nach Konstruktion und Größe der Anlage sowie Belastungs-Spektrum ergeben sich individuelle Toleranzen, welche für die Position der einzelnen Tragrollen eingehalten werden können oder müssen. Die Vorgabe von solchen Toleranzen hat einen Einfluss auf den Montageaufwand: Je enger/kleiner die zulässige

2

Lagetoleranz, desto aufwändiger die Konstruktion oder Montage. Demnach muss ein Anlagenbetreiber auch einen Kompromiss zwischen Entstehungskosten bzw. Montagekosten und erzielbarer Genauigkeit bezüglich der Position der Tragrollen eingehen.

5

Die Anzahl und Anordnung der Tragrollen muss individuell je Anwendungsfall optimiert werden, insbesondere auch hinsichtlich der Querschnittsgeometrie bzw. Außenkontur des Förderbandes (z.B. Mulde oder ringförmige bzw. schlauchförmige Anordnung), und insbesondere auch hinsichtlich der zu erwartenden Belastungszustände und der erforderlichen Mindest-Lebensdauer. Die Lebensdauer der gesamten Anordnung sollte freilich möglichst hoch sein; eine Prognose der Lebensdauer sollte möglichst exakt sein, insbesondere in Hinblick auf hohe Kosten, die dann entstehen, wenn eine Förderbandanlage unerwartet stillgelegt oder gewartet werden muss.

15

Ausgehend von der Lebensdauer einer einzelnen Tragrolle für einen zu erwartenden Belastungszustand kann der Fachmann die Anzahl der Tragrollen und deren Abstand zueinander bestimmen, insbesondere bei Beachtung von Sicherheitsfaktoren und Normen. Dabei muss der Fachmann unterstellen, dass ein bestimmter Belastungszustand vorliegt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass der Belastungszustand in vielen Fällen nicht exakt genug prognostiziert werden kann.

20

Die Lebensdauer der gesamten Anordnung ist freilich abhängig von der Lebensdauer der einzelnen Komponenten. Lebensdauerprognosen von Lagern der Tragrollen können vergleichsweise exakt basierend auf etablierten Berechnungs-Schemata und Erfahrungswerten vorgenommen werden, jedoch auch nur dann, wenn die auf die Lager ausgeübten Belastungen bekannt sind oder sich zumindest grob prognostizieren lassen. Beispielhaft können als Lebensdauer-Schwellwerte die basierend auf genormten Regelwerken prognostizierten Lebensdauern der einzelnen Lager genannt werden, z.B. 60.000 Betriebsstunden für Kugel- und Rollenlager unter standardmäßiger für den Zweck vorgesehener Normal-Belastung. Derartige Mindest-Schwellwerte können je nach Anwendungsfall auch durch (länderspezifische)

25

30

Normen verpflichtend vorgegeben sein, so dass sie von den Ingenieuren auch üblicherweise berücksichtigt werden müssen. Die auf die Lager ausgeübten Belastungen sind jedoch beispielsweise auch von der Montage-Genauigkeit abhängig und sind daher in der Praxis oftmals gar nicht im Detail bekannt. Im
5 Rahmen der vorliegenden Erfindung hat sich gezeigt, dass ein aufgrund Nicht-Kennntnis oder Nicht-Beachtung von Montage- und Positions-Ungenauigkeiten entstehender nachteiliger Effekt auf die individuelle Belastung der Tragrollen und auf die dadurch verkürzte Lebensdauer einzelner (überlasteter) Tragrollen bisher nicht bekannt war oder zumindest unterschätzt wurde. Hierdurch wurde auch die
10 Auslegung und Konzipierung der gesamten Anlage ungenau.

Die Lebensdauer der gesamten Anordnung wird ferner auch noch durch die Lebensdauer des Fördergurtes und der Tragrollen als solche (also nicht nur die Lager, sondern z.B. auch das Rollenmaterial) vorgegeben bzw. beschränkt.
15 Üblicherweise werden Lebensdauerprognosen daher bei möglichst globaler Betrachtung basierend auf weiteren Parametern wie Förderband-Breite, Förderkapazität, Streckenverlauf (insbesondere auch Kurven und Steigungen), Förderband-Geschwindigkeit, Beladung, Aufmuldung (Querschnittsgeometrie mit aufgestellten Seitenwänden) oder Zugspannung im Förderband vorgenommen.
20 Darauf basierend werden Lastkollektive für alle Lager (bei Rollenlagern insbesondere Lagerkräfte und Drehzahlen) bestimmt. Dies führt jedoch auch dazu, dass unter Einbezug von Sicherheitsfaktoren (insbesondere zwecks Berücksichtigung von oftmals auch stark variierender Beladung und Materialdichte des Fördergutes) tendenziell eher eine besonders hohe Anzahl von Tragrollen vorgesehen werden,
25 insbesondere um das Förderband mit guter Sicherheit in allen erdenklichen Situationen effektiv abstützen zu können und keine der Tragrollen zu überlasten. Dies führt nicht zuletzt zu hohen Anlagenkosten.

Ausgehend von dieser Situation besteht Interesse an einer Vorrichtung und einem
30 Verfahren, womit die Auslegung und Optimierung von Förderbandanlagen auf möglichst differenzierte Weise und unter Berücksichtigung von einschlägigen, wichtigen Auslegungsparametern erfolgen kann, insbesondere bezüglich der zu

erwartenden Lebensdauer der Anlagen, insbesondere bezüglich der Belastung der Tragrollen, insbesondere auch in Hinblick auf eine maximierbare Lebensdauer (geringe Wartungskosten). Nicht zuletzt soll auch eine kostenoptimierte und dennoch sichere Konstruktion bzw. Anlage mit hoher Lebensdauer auf einfache Weise
5 bereitgestellt werden können.

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung mit den eingangs beschriebenen Merkmalen zur Verfügung zu stellen, womit die Auslegung und
10 Optimierung von Förderbandanlagen auf möglichst differenzierte Weise und unter möglichst realitätsgetreuer Berücksichtigung der relativen Anordnung (Position) der Tragrollen erfolgen kann, insbesondere als Funktion der zu erwartenden oder im jeweiligen Einzelfall gewünschten Lebensdauer der Tragrollen. Insbesondere besteht die Aufgabe auch darin, den Belastungszustand der Tragrollen von
15 Förderbandanlagen in Abhängigkeit von deren relativer Anordnung (Position) möglichst exakt erfassen bzw. bei möglichst hohem Praxisbezug ermitteln und auswerten bzw. prognostizieren zu können, und wahlweise auch die relative Anordnung (Position) der Tragrollen in Hinblick auf wenigstens einen zu optimierenden Parameter vorgeben oder korrigieren zu können, insbesondere
20 hinsichtlich möglichst maximaler Lebensdauer und/oder hinsichtlich kostenoptimierter Anordnung und Verwendung von Tragrollen-Komponenten.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäß den unabhängigen Patentansprüchen. Vorteilhafte Ausführungsbeispiele werden in den
25 Unteransprüchen aufgeführt.

Im Folgenden werden zunächst Aspekte einer erfindungsgemäßen Vorrichtung beschrieben. Daraufhin erfolgt eine Beschreibung von Aspekten eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Da sich Vorrichtung und Verfahren auch ergänzen
30 und miteinander in Korrelation stehen können, wird im Zusammenhang mit der Vorrichtung auch auf das Verfahren verwiesen, und vice versa. Eine Anwendung des

erfindungsgemäßen Verfahrens kann dabei auch für bestehende Anlagen erfolgen, sei es rein simulativ, sei es im Rahmen einer Wartung und Instandsetzung.

- Die Aufgabe wird erfindungsgemäß insbesondere gelöst durch eine
- 5 Förderbandanlage mit optimierter Tragrollenanordnung, eingerichtet zum Transportieren von Material, insbesondere Schüttgut, über eine Längserstreckung von vielen Metern oder gar einem oder mehreren Kilometern, mit: wenigstens einem Förderband; mit einer Mehrzahl von Tragrollen, von denen jeweils wenigstens eine
- 10 Tragrolle jeweils an einer vorgegebenen/vorgebbaren Längsposition des Förderbandes unterhalb und/oder seitlich vom Förderband zum Abstützen des Förderbandes positioniert sind; mit wenigstens einer Kraftmesseinrichtung (Stützkraft, Lagerkraft und/oder Zugträgerspannkraft), eingerichtet zum Erfassen der in einer/der jeweiligen Längsposition vom Förderband auf die Tragrolle(n)
- 15 ausgeübten Kraft; und mit einer an die Kraftmesseinrichtung(en) gekoppelten Logikeinheit eingerichtet zum Korrelieren der einzelnen Kraftmesswerte in Bezug auf die jeweilige Position; wobei die Förderbandanlage eingerichtet ist zum Erfassen bzw. Ermitteln von Positionsdaten einer jeweiligen Tragrolle in wenigstens zwei Raumrichtungen; wobei die jeweilige Längsposition in Abhängigkeit von den Kraftmesswerten vorgegeben/vorgebbbar ist, wobei die jeweilige Längsposition in
- 20 relativem Längsabstand zu wenigstens einer benachbarten Längsposition vorgegeben/vorgebbbar ist, und wobei der Längsabstand als Funktion sowohl der längspositionsspezifisch ermittelten/gemessenen Kraft als auch wenigstens einer Raumkoordinate der jeweiligen Tragrolle (y-,z-Position) in wenigstens einer Raumrichtung quer zur Längserstreckung (x) des Förderbandes definiert ist,
- 25 insbesondere in Höhenrichtung, insbesondere antiproportional zum Kraftbetrag (je kleiner die gemessene/ermittelte Kraft, desto größer der vorgegebene Längsabstand), insbesondere in Bezug auf einen Soll-Kraftwert und einen Soll-Längsabstand bzw. dessen Verhältnis (insbesondere Newton pro Meter [N/m]).
- 30 Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann auf einfache Weise hinsichtlich der Belastung der Tragrollen und hinsichtlich der erzielbaren Lebensdauer optimiert werden, insbesondere auch bei einer kostenoptimierten Auslegung der

Gesamtkonstruktion, insbesondere bei möglichst geringer Anzahl von Tragrollen. Dabei kann auch eine Analyse hinsichtlich der gewünschten Tragrollenpositionsdaten erfolgen (Soll-Ist-Positionsvergleich), insbesondere im Zusammenhang mit einer Optimierung der absoluten und relativen Position der
5 einzelnen Tragrollen. Dies ermöglicht auch das Aufdecken und Nutzen von Einsparpotentialen bezüglich Anlagen-Erstellungskosten und Instandhaltung.

Das erfindungsgemäße Konzept ermöglicht auch, einen insbesondere auch in Kosten-Hinsicht guten Kompromiss zwischen vorteilhaft hoher Lebensdauer und der
10 tatsächlich gewünschten Nutzungsdauer der Anlage zu finden. Dabei ist die Formulierung „maximale Lebensdauer“ auch als beispielhafte Grenzwertbetrachtung im Rahmen einer Parameterstudie zu verstehen, insbesondere im Zusammenhang mit einer Reduzierung der Größe der Tragrollen (Bestimmung der erforderlichen Mindestgröße der Tragrollen für einen gewünschten Längsabstand und eine
15 gewünschte Nutzungsdauer, bei vordefinierter Ausfallwahrscheinlichkeit). Anders ausgedrückt: Es geht in vielen Anwendungsfällen nicht in erster Linie um eine maximal erzielbare Lebensdauer, sondern um einen sinnvollen Kompromiss aus Anlagen-/Wartungs-Kosten, Systemsicherheit, Montagegenauigkeit und/oder Robustheit und Variabilität (insbesondere hinsichtlich variierender Beladung der
20 Förderbänder). Die gewünschte oder zulässige Ausfallwahrscheinlichkeit kann dabei auch als eine Art Sicherheitsfaktor bei der Anlagen-Optimierung berücksichtigt werden. Insofern kann eine besonders geringe Ausfallwahrscheinlichkeit (bei tendenziell eher kürzerer Lebens- bzw. Nutzungsdauer) als besonders hoher/strenger Sicherheitsfaktor verstanden werden (insbesondere bei Anlagen, die
25 aus Kostengründen oder sonstigen technischen Gründen möglichst überhaupt nicht ausfallen dürfen), und vice versa.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann rein rechnerisch im Rahmen einer Simulation und/oder durch Bezugnahme auf individuelle bereits installierte und im Betrieb
30 befindliche Anlagenkonfigurationen angewandt werden. Wahlweise kann dabei bei laufendem Betrieb „online“ z.B. auch die tatsächliche Kontur (bzw. der Verlauf) des Förderbandes erfasst werden, insbesondere auf optische Weise. Dies ermöglicht

- nicht zuletzt auch eine Art Plausibilitätsprüfung und/oder eine Adaptation einer Parameterstudie an eine individuelle tatsächlich betriebene Anlage. Die Erfindung basiert dabei auch auf dem Konzept, die zu erwartende Lebensdauer speziell der Tragrollen mit deren relativer Position in wenigstens einer, bevorzugt in wenigstens
- 5 zwei Raumrichtungen zu korrelieren (insbesondere Längs- und/oder Höhenposition). Anders ausgedrückt: Es kann ein Zusammenhang zwischen Belastung, Relativabstand und Positionsgenauigkeit berücksichtigt werden und bei der Auslegung der Anlage eingeplant werden.
- 10 Die Förderbandanlage kann eingerichtet sein zum Ausführen eines hier beschriebenen Verfahrens, insbesondere indem die Tragrollen in Längs- und Höhenrichtung in Abhängigkeit von einem maximierten Lebensdauerparameter und/oder einem minimierten Ausfallwahrscheinlichkeits-Parameter angeordnet sind/werden. Dies liefert nicht zuletzt auch den Vorteil, dass die Förderbandanlage
- 15 eine Art Selbst-Diagnose durchführen kann und dass z.B. auch automatisch Optimierungs-Maßnahmen vorgeschlagen werden können, z.B. das Umpositionieren von Tragrollen in Längs- und/oder Höhenrichtung, insbesondere im Rahmen von Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten.
- 20 Insbesondere hat sich gezeigt, dass mit den bisher üblichen Optimierungsmaßnahmen in vielen Fällen ein zu kurzer Längsabstand der Tragrollen eingestellt wird. Insbesondere dann, wenn elastische Eigenschaften des Förderbandes möglichst effektiv kompensiert werden sollen, wurden bisher kurze Längsabstände empfohlen. Wie nun festgestellt wurde, steigt damit jedoch auch das
- 25 Risiko, dass die Verteilung der Belastung der Tragrollen sehr inhomogen wird, wodurch das Ausfallrisiko bezüglich einzelner Tragrollen steigt. Anders ausgedrückt: Prognostizierte Lebensdauern waren bisher tendenziell zu hoch, obgleich sehr viele Tragrollen vorgesehen werden; trotz hoher Sicherheitsfaktoren und vergleichsweise hoher Anlagenkosten verbleibt dabei jedoch ein großes Ausfallrisiko; der
- 30 Anlagenbetreiber wird also mit hoher Wahrscheinlichkeit überrascht durch unerwartetes Versagen von einzelnen Tragrollen-Komponenten, obgleich vergleichsweise viele Tragrollen vorhanden sind. Die vorliegende Erfindung hilft hier

ab: Die Lebensdauerprognose kann insbesondere basierend auf adäquater berücksichtigter Positionsdaten der einzelnen Tragrollen belastbarer werden, insbesondere auch bezüglich der jeweiligen Höhenposition der Tragrollen.

- 5 Insbesondere hat sich gezeigt, dass insbesondere bei besonders starken Zugspannungen in den Förderbändern und bei vergleichsweise kleinen Längsabständen der Tragrollen das Risiko besteht, dass einzelne Tragrollen deutlich stärker oder deutlich weniger belastet werden als benachbarte Tragrollen (möglicherweise mit dem Effekt einer Lagerüberlastung oder eines kompletten
- 10 Kontaktverlustes zwischen Förderband und einzelnen Tragrollen). Effekt: Inhomogenität bezüglich der Stützkraftverteilung und bezüglich der Verformung des Förderbandes, insbesondere da einzelne Tragrollen zumindest zeitweise kontaktlos zum Förderband sind. Diese auch hinsichtlich der realisierbaren Lebensdauer nachteiligen Missstände können erfindungsgemäß besonders effektiv überwunden
- 15 werden, indem Positionsdaten der einzelnen Tragrollen möglichst umfassend berücksichtigt werden und indem dem Förderband mehr Raum für Eigenkompensations-Effekte gegeben wird.

- Die inhomogene Lastverteilung bei vielen Anlagen gemäß dem Stand der Technik
- 20 wird auch dadurch verstärkt (verschlimmert), dass die tatsächliche Ist-Höhenposition der einzelnen Tragrollen oftmals um viele Millimeter von der Soll-Höhenposition abweicht. In der Praxis ist es jedoch zumindest bei vielen älteren Anlagen häufig so, dass eine Korrektur dieser Positionen mit vergleichsweise hohem Aufwand verbunden ist, so dass ein Anlagenbetreiber eher dazu tendiert, defekte Tragrollen
- 25 immer wieder neu auszutauschen und auch nur die defekten Tragrollen auszutauschen.

- Insbesondere kann bei einer vergleichsweise kleinen Kraft ein vergleichsweise großer Längsabstand vorgegeben werden (insbesondere Maximierung des
- 30 Längsabstandes bis zum Erreichen eines Mindestschwellwertes für die Lager-Kraft). Insbesondere kann bei einer vergleichsweise großen Kraft ein vergleichsweise kleiner Längsabstand vorgegeben werden (insbesondere Minimierung der Belastung

bis zum Erreichen eines Mindestschwellwertes für den relativen Längsabstand). Insbesondere ermöglicht die Erfindung auch eine schlanke Auslegung, also eine möglichst kleine Dimensionierung der Tragrollen bei vorgegebenem Längsabstand. In Hinblick auf eine Eigenkompensations-Charakteristik der Anlage können die

5 Längsabstände auch derart maximiert werden, dass die Wahrscheinlichkeit sinkt, dass einzelne der Tragrollen unterbelastet (insbesondere zumindest zeitweise kontaktfrei) arbeiten. Diese Optimierungsmaßnahme kann gleichzeitig einer Überlastung von einzelnen Tragrollen entgegenwirken.

10 Optional kann je Längsposition wenigstens eine Kraftmesseinrichtung vorgesehen sein. Vorteilhafter Weise ist die Anzahl der Kraftmesseinheiten möglichst gering, insbesondere aus Kostengründen. Dank computergestützter Analyse-Möglichkeiten liefert die vorliegende Erfindung auch einen Beitrag zur Einsparung zumindest einer Teilmenge von Kraftsensoren.

15 Die Kraftmesseinrichtungen können auch eine Funktion als Kontaktsensoren ausüben: Ist die gemessene/ermittelte Kraft null (0), so kann ein Sensorsignal ausgegeben werden, welches für eine kontaktlose Tragrolle kennzeichnend ist.

20 Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung können die Kraft-Werte insbesondere als die Gesamtbelastung einer jeweiligen Tragrolle gemäß der VDI-Richtlinie VDI 2341 von Februar 2007 verstanden werden. Anders ausgedrückt: Die Kraft-Werte können eine zusammengesetzte Belastung infolge wenigstens eines der folgenden Effekte berücksichtigen: Gurtablenkung, Einfluss des Förderguts oder

25 Bandes, Einflüsse durch rotierende Massen, Trumkraft (Zugkraft bzw. Bandspannung in Längsrichtung).

In den im Folgenden beschriebenen Parametern können insbesondere auch die in der VDI-Richtlinie VDI 2341 beschriebenen Kennzahlen bzw. Kenngrößen und

30 Effekte berücksichtigt werden (insbesondere Kapitel 2, Formelzeichen und Einheiten). Die im Folgenden beschriebenen Optimierungsmaßnahmen können insbesondere als Funktion von bzw. unter Berücksichtigung der in VDI 2341

beschriebenen Kennzahlen implementiert werden, also in gewissem Sinne als Zusatz oder Erweiterung zu bisherigen vorbekannten Analysen. Insbesondere kann die Erfindung auf Betrachtungen zu den folgenden in VDI 2341 bereits beschriebenen Parametern aufbauen: Durchhang und Eigenschaften und

5 Schwingungsverhalten des Förderbandes, Beanspruchungskriterien für Tragrollen, Unwucht (Rundlaufabweichungen) und Oberflächengüte, Sicherheitsanforderungen gemäß DIN EN 620. Ebenso kann eine jeweilige in VDI 2341 beschriebene Tragrollenberechnung eine Basis für die Implementierung der vorliegenden Erfindung liefern. Insbesondere kann die Erfindung basierend auf wenigstens einem

10 vorbekannten Berechnungsverfahren für Kennzahlen aus der folgenden Gruppe implementiert werden:

- Lebensdauer einzelner verwendeter Lager von Tragrollen; Tragrollenlebensdauer; Materialquerschnitt des Förderbandes; Lagerkräfte und Tragrollenkräfte, insbesondere spezifisch je Tragrollen-Gruppe (z.B. unten oder seitlich geneigt);

15 Förderband-Querschnittsgeometrie; Oberflächenkräfte und Momente im Förderband; Durchhang des Förderbandes als Funktion des Längsabstandes; Einfluss eines Verlaufes der Streckenführung für das Förderband auf die Kräfte bei Änderungen in vertikaler Richtung; Verformung des Förderbandes in den Kontaktpunkten an den Tragrollen; Kräfte im Förderband aufgrund von Abweichungen des Verlaufes von

20 einer geradlinigen Streckenführung.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung können die jeweiligen Messwerte auch rechnergestützt ermittelt werden (insbesondere rein simulativ). Der Begriff „gemessen“ kann daher auch synonym als „rechnerisch ermittelt“ verstanden

25 werden.

Dabei ist die Logikeinheit eingerichtet, die Kraftmesswerte bzw. Kraftwerte derart auszuwerten, insbesondere im Vergleich oder Verhältnis zueinander zu korrelieren, dass eine Lebensdauer in Abhängigkeit vom Verlauf des Förderbandes bzw. von der

30 relativen Anordnung der einzelnen Tragrollen für die gesamte Anordnung ermittelt oder optimiert werden kann.

Dabei können Positionskoordinaten derart für die einzelnen Tragrollen vorgegeben werden, dass die Belastung optimiert (insbesondere minimiert) und damit die erzielbare Lebensdauer maximiert werden kann, oder es kann für einen gewünschten oder durch Standardisierung oder Normung vorgegebenen Lebensdauer-Schwellwert ein optimaler, insbesondere möglichst großer Längsabstand für die Tragrollen vorgegeben werden, insbesondere als Funktion von deren tatsächlicher messtechnisch erfasster oder von deren rechnerisch ermittelter oder variiert Höhenposition.

Der Begriff bzw. die Formulierung „vorgebbbar“ kann sich dabei einerseits auf eine rein rechnerische Optimierungs-Maßnahme (insbesondere Simulation) beziehen, andererseits kann auch ein Einstellen im Sinne einer Justage während des Betriebs (insbesondere online bei laufendem Förderband) oder im Zusammenhang mit Nachstell-Maßnahmen (bei ruhendem Förderband) umfasst sein.

Die Erfindung geht auch aus von bisherigen Maßnahmen zur Abschätzung der Lebensdauer von Tragrollen und Lagern bei vordefinierten Kräften/Belastungen in axialer und radialer Richtung. Die Erfindung kann das Bestimmen von Lagerkraft-Variationen und Belastungs-Verteilungen vereinfachen und/oder auf exaktere Weise ermöglichen, wobei die jeweils ermittelten oder eingestellten Parameter als Funktion von Positionsdaten (insbesondere Längs- und Höhenposition) vorgegeben werden können.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die jeweilige Längsposition in relativem Bezug zu beiden benachbarten Längspositionen vorgegeben/vorgebbbar. Hierdurch können z.B. auch Toleranzen oder Abweichungen in Längsrichtung berücksichtigt werden.

Dabei kann eine statistische Lagerbelastung auch im Zusammenhang mit einem rechnerischen Nachweis der Lebensdauerwahrscheinlichkeit (bzw. Lebensdauererwartung) basierend auf einer Annahme der normal (bzw. standardmäßig) verteilten Größen für die Höhen-, und/oder Seiten-, und/oder Längsposition der Tragrollen ermittelt werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist eine jeweilige Kraftmesseinrichtung eingerichtet zum Erfassen der Kraft in wenigstens zwei oder in allen drei Raumrichtungen. Hierdurch kann die Optimierung z.B. auch bei einer gemuldeten
5 oder ringförmigen Abstützung des Förderbandes auf möglichst exakte Weise erfolgen.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die Position der jeweiligen Tragrolle nicht nur in Längsrichtung, sondern auch in wenigstens einer weiteren Raumrichtung als
10 Funktion von längspositionsspezifisch ermittelten Kraftmesswerten vorgegeben/vorgebbar, insbesondere in einer Richtung orthogonal zur Längsrichtung und/oder zumindest annähernd parallel zur Schwerkraftrichtung. Dies ermöglicht auch, eine Belastung der Tragrollen als Funktion der relativen Seiten- bzw. Höhenposition auszuwerten und eine diesbezügliche Optimierungsmaßnahme
15 vorzuschlagen.

Es hat sich gezeigt, dass in der Praxis in vielen Fällen eine Abweichung der Höhenposition der einzelnen Tragrollen von der Soll-Position (theoretische Berechnungsgrundlage) in Kauf genommen werden muss. Daher besteht oftmals
20 eine Diskrepanz zwischen theoretisch ermittelten Werten und tatsächlichen Belastungszuständen, beispielsweise da einzelne Rollen um mehrere Millimeter versetzt sind (unerwünschte oder nicht erkannte Abweichung bzw. Positions-Offset). Indem nun auch die relative Position der Tragrollen quer zur Längserstreckung des Förderbandes berücksichtigt wird, kann die Optimierung der Anlage besonders
25 zielführend durchgeführt werden.

Insbesondere kann gemäß einem Beispiel derselbe relative Längsabstand zwischen allen Tragrollen vorgegeben werden (insbesondere symmetrische Anordnung der Tragrollen in Längsrichtung entlang des gesamten Förderbandes), was insbesondere
30 bei gleichbleibendem Verlauf und gleichbleibender Steigung oder Beladung zielführend sein kann.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die Logikeinheit eingerichtet zum Ermitteln und Korrelieren des zeitlichen Verlaufs der Kraftmesswerte (Stützkraftänderung) mit Positionsdaten. Hierdurch können auch vorrichtungstechnische bzw. konstruktive Maßnahmen spezifisch für eine jeweilige Raumrichtung vorgenommen werden. Auch
5 wird eine Parametervariation bezüglich der Relativposition auf einfache Weise implementierbar. Eine Korrelation kann dabei z.B. mit Positionsdaten in Längs- und Höhen- und Breitenrichtung erfolgen.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die Logikeinheit eingerichtet zum Ermitteln
10 und Korrelieren von Kraftmesswerten (Lastkollektiven) mehrerer Tragrollen einer jeweiligen Längsposition relativ zueinander. Dies erleichtert nicht zuletzt auch die Vorgabe von Maßnahmen für Gruppen oder Klassen von Tragrollen, ermöglicht also eine differenziertere Optimierung z.B. auch bei zahlreiche unterschiedlichen Belastungszuständen oder Tragrollen-Typen (z.B. gemuldeter oder vollumfänglicher
15 schlauchförmiger Querschnitt, also komplett um 360° gerollte Bänder).

Es hat sich gezeigt, dass die vorliegende Erfindung speziell auch bei Förderbändern vorteilhaft ist, die komplett gerollt (also schlauchförmig) angeordnet sind, insbesondere aufgrund vergleichsweise geringer Längsabstände der Tragrollen und
20 vergleichsweise hoher Anzahl der Tragrollen. Erfindungsgemäße Optimierungs-Maßnahmen werden dann besonders stark spürbar.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Förderbandanlage wenigstens zwei Kraftmesseinrichtungen (Stützkraft, Lagerkraft und/oder Zugträgerspannkraft) auf,
25 insbesondere jeweils bezüglich wenigstens zwei Raumrichtungen. Hierdurch kann die positionsspezifische Auswertung besonders exakt werden. Die Kraftmesseinrichtungen können auch als Kraftsensoren ausgestaltet sein oder diese umfassen, insbesondere in der jeweiligen Längsposition, insbesondere jeweils befestigt an den Tragrollenabstützungen oder am Förderband.

30

Der im Einzelfall spezifisch vorteilhafte Aufbau und Umfang der Messtechnik kann dank der vorliegenden Erfindung auch optimiert werden, insbesondere hinsichtlich

der erforderlichen Anzahl der Sensoren. Insbesondere ermöglicht die Erfindung, den messtechnischen Aufwand zu minimieren.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Förderbandanlage eine Messeinheit
5 eingerichtet zum Erfassen eines Banddurchhangs auf, wobei die Logikeinheit
eingerichtet ist, einen Banddurchhang-Parameter (Förderband-Parameter) mit dem
jeweiligen relativen Längsabstand zu korrelieren, insbesondere auf antiproportionale
Weise (je größer der gemessene/ermittelte Banddurchhang, desto kleiner der
vorgegebene Längsabstand). Hierdurch kann auch ein Zusammenhang zwischen der
10 Wahrscheinlichkeit, dass einzelne Tragrollen nicht belastet werden (kein Kontakt),
und der Lagetoleranz (bzw. Standardabweichung) der Höhenpositionen der
Tragrollen verdeutlicht bzw. berücksichtigt werden, insbesondere als Funktion des
Längsabstandes. Somit kann spezifisch unter Berücksichtigung auch der
materialtechnischen Eigenschaften eines Förderbandes eine Optimierung der Längs-
15 /Höhenpositionen der Tragrollen erfolgen. Wahlweise kann der Gurtdurchhang auch
rein rechnergestützt ermittelt werden, insbesondere durch Implementierung bzw.
Integration von Berechnungsformeln gemäß DIN22101. Der Banddurchhang-
Parameter kann auch auf rein simulative Weise Berücksichtigung finden,
insbesondere ohne das Erfordernis von tatsächlich erfassten Messwerten.

20

Die Berücksichtigung eines Banddurchhang-Parameters ermöglicht auch, diejenige
Wahrscheinlichkeit auf möglichst exakte Weise abzuschätzen, mit welcher einzelne
Tragrollen bzw. Längspositionen gar keine Stützfunktion ausüben (kontaktfrei
zumindest unter bestimmten Belastungszuständen, z.B. nur teilweise Beladung des
25 Förderbandes).

Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die Logikeinheit eingerichtet, einen
Bandquersteifigkeits-Parameter (Förderband-Parameter) mit dem jeweiligen relativen
Längsabstand zu korrelieren, insbesondere auf proportionale Weise (je größer die
30 Bandquersteifigkeit, desto größer der vorgegebene bzw. realisierbare
Längsabstand). Dies ermöglicht auch, Besonderheiten und Charakteristika des

Förderbandes bei der Auslegung der Anlage zu berücksichtigen, insbesondere hinsichtlich einer möglichst effektiven Eigenkompensation der Anlage.

Die Förderbandanlage kann eine Messeinheit eingerichtet zum Erfassen der
5 Bandquersteifigkeit aufweisen. Wahlweise kann die Bandquersteifigkeit als Eingangs-Parameter (Randbedingung) vorgegeben sein.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die Förderbandanlage eingerichtet zum Ermitteln einer Abweichung des örtlichen Verlaufs der Anordnung der Tragrollen an
10 den einzelnen Längspositionen im Vergleich zu einem berechneten oder vorgegebenen Verlauf (Kontur) des Förderbandes, insbesondere bezüglich der Unterseite des Förderbandes, insbesondere mittels individueller Sensorik an zumindest einigen der Längspositionen, insbesondere in Höhenrichtung. Hierdurch kann auch eine Fehlerdiagnose erfolgen. Hierbei kann insbesondere unter
15 Bezugnahme auf momentane messtechnisch erfasste Positionsdaten eine Optimierung vorgenommen werden. Die Sensorik kann z.B. auch wenigstens einen Beschleunigungs- oder Höhenpositionssensor umfassen, der am/im/ins Förderband befestigt oder vulkanisiert ist.

20 Die Förderbandanlage kann wenigstens eine Positionsmesseinrichtung eingerichtet zum Erfassen des Abstandes bzw. der Position der jeweiligen Tragrolle in wenigstens einer Raumrichtung quer zur Längserstreckung des Förderbandes aufweisen, insbesondere in Schwerkraftrichtung.

25 Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind die Tragrollen in Gruppen von wenigstens zwei oder wenigstens drei Tragrollen je Längsposition in wenigstens 10, 20, 30 oder 50 Gruppen mit einem Längsabstand von jeweils mindestens 1m, insbesondere mindestens 1,5m, insbesondere mindestens 2m entlang der Längserstreckung des Förderbandes positionierbar/positioniert, insbesondere auch bezüglich wenigstens
30 einer Raumrichtung quer zur Längserstreckung. Diese Erstreckung ermöglicht auch besonders große Anlagen über weite Entfernungen.

Die Gruppierung kann insbesondere auch hinsichtlich des Belastungszustandes gewählt werden, z.B. hinsichtlich Tragrollen auf geradlinigen Abschnitten und Tragrollen auf kurvigen Abschnitten (in kurvigen Abschnitten aufgrund von Ablenkungs-/Umlenkungsspannungen und zusätzlichen Belastungen üblicherweise kleinerer Längsabstand als in geraden Abschnitten). Insbesondere wird die Gruppierung auch hinsichtlich der Art der (konstruktiven) Abstützung der Tragrollen vorgenommen.

Optional können die Tragrollen einer jeweiligen Gruppe in Längsrichtung auch leicht versetzt relativ zueinander angeordnet sein, insbesondere in Hinblick auf eine gute Abstützung des Förderbandes an der jeweiligen Längsposition. Dieser Versatz kann jeweils berücksichtigt werden, insbesondere bei identischem Versatz aller Tragrollen einer jeweiligen Klasse (z.B. aller seitlich bzw. lateral angeordneten Tragrollen relativ zu den mittig unten angeordneten Tragrollen).

Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist das Förderband mindestens 1000m lang, wobei je Meter oder je 1,5 Metern oder je 2 Metern, insbesondere in einem Bereich von 1 bis 2 Metern, maximal eine Gruppe von Tragrollen bzw. maximal eine Längsposition für die einzelnen Tragrollen vorgesehen ist. Diese beispielhafte Konfiguration ist insbesondere als Funktion von einem Toleranzbereich (z.B. 1 bis 10mm) für die Höhenposition der jeweiligen Tragrolle charakteristisch. Insofern wäre es basierend auf bekannten Auslegungsverfahren kritisch, den Längsabstand generell um z.B. 50% zu erhöhen, um die Effekte der vorliegenden Erfindung zu erzielen – das Risiko, dass einzelne Tragrollen dabei übermäßig stark belastet würden, wäre sehr hoch. Insbesondere aufgrund der (je nach Lagertyp) üblichen Abhängigkeit der Lebensdauererwartung der Tragrollen umgekehrt proportional (antiproportional) zum Längsabstand in dritter Potenz ist der Fachmann nicht geneigt, den Längsabstand groß zu wählen, sondern wählt den Längsabstand sicherheitshalber eher klein. In diesem Zusammenhang ermöglicht nun die vorliegende Erfindung, die Auslegung und Einstellung der Anlagen ohne Sicherheitsrisiko zu optimieren und den Längsabstand konform mit vorgegeben Normen und Auslegungs-Standards derart zu vergrößern, dass einerseits die

Lebensdauer und die Anlagensicherheit optimiert sind, andererseits auch die Anlagen-Kosten minimiert sind. Die Erfindung beruht dabei auch auf dem konstruktiven Konzept, eine Eigenkompensation der Anlage zuzulassen (ausgleichende Konstruktion mit vergleichsweise hoher Elastizität und/oder

5 Steifigkeitsreduzierung bzw. Durchhangerhöhung des gemuldeten bzw. gerollten Förderbandes in Kombination mit einer Vergrößerung der Tragrollenlängsabstände). Die genannten Längsabstände sind beispielhafte Abstände, die im Einzelfall variieren können bzw. angepasst werden können.

- 10 Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind die Tragrollen in der jeweiligen vorgegebenen Längsposition derart positionierbar/positioniert, insbesondere auch seitlich um das Förderband herum, dass das Förderband gemuldet wird oder mit Ring- bzw. Schlauchquerschnitt ausgestaltet wird, insbesondere mittels in
- 15 Abhängigkeit von momentanen Kraftmesswerten angesteuerter/geregelter Aktuatoren. Dies ermöglicht auch eine Optimierung der Abstützung und des Streckenverlaufs für einen jeweiligen Anwendungsfall.

- Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind die Tragrollen einzeln oder in Gruppen in Längsrichtung und/oder in Höhenrichtung positionierbar, insbesondere jeweils
- 20 einzeln relativ zueinander, insbesondere durch Translation, insbesondere relativ zu einer Soll-Position mit einer Variation von mindestens einigen Millimetern oder Zentimetern bis zu 0,5 Metern, insbesondere mittels wenigstens eines von einer Steuerungs-/Regelungseinrichtung der Förderbandanlage angesteuerten Aktuators. Dies ermöglicht auch eine nachträgliche Justage einer Anordnung, sei es online, sei
- 25 es im Rahmen von Wartungsarbeiten.

- Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind die Tragrollen jeweils einzeln in einer Richtung quer zur Längsrichtung positionierbar, insbesondere sowohl in Höhen- als auch in Querrichtung. Hierdurch kann auch eine online-Justage in Abhängigkeit
- 30 momentaner Belastungszustände des Förderbandes erfolgen. Beispielsweise können bei sehr geringer Belastung in jeder zweiten Längsposition die Tragrollen zeitweise derart verlagert werden, dass eine Stützkraft null (0) wird, und in einem

weiteren Zeitfenster werden die jeweils anderen Tragrollen in den benachbarten Längspositionen entgegengesetzt verlagert. So kann die Lebensdauer verlängert werden.

- 5 Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst die jeweilige Tragrolle (*engl.*: idler) wenigstens ein Lager (*engl.*: bearing), insbesondere wenigstens zwei Lager, wobei die jeweilige Längsposition für das jeweilige Lager vorgegeben/vorgebbar ist. Eine Differenzierung zwischen Tragrolle und einzelner Lager liefert z.B. auch dann Vorteile, wenn eine Tragrolle durch mehrere Lager mit gutem Sicherheitsfaktor
10 abgestützt ist und ein Betrieb auch bei Ausfall eines der Lager noch möglich ist, zumindest für eine gewisse Dauer.

- Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Förderbandanlage an wenigstens einer der Längspositionen eine Federungseinrichtung auf (insbesondere ein oder mehrere
15 Federelemente), welche an die entsprechende Tragrolle gekuppelt ist und eingerichtet ist zum Federn der Tragrolle, insbesondere in vertikaler Richtung und/oder in einer Raumrichtung quer zur Längserstreckung, insbesondere mit einem Federweg von mindestens 1mm, insbesondere im Bereich von 1mm bis 10mm. Es hat sich gezeigt, dass mittels einer Federung von zumindest einigen der Tragrollen in
20 zumindest einigen Längspositionen ein guter Effekt hinsichtlich einer Höhenkompensation und Homogenisierung (Gleichverteilung) der Belastung auf alle Tragrollen erzielt werden kann. Wahlweise kann die Federcharakteristik einstellbar sein.

- 25 Insbesondere kann die vorliegende Erfindung eine Auslegung von Tragrollenanlagen oder Förderbandanlagen dahingehen erleichtern, dass vergleichsweise wenige Tragrollen in vergleichsweise großen Längsabständen zueinander angeordnet sind, die optional auch federgelagert sein können. Anders ausgedrückt: Reduktion der Anzahl der Rollen, optional größere Dimensionierung und/oder Federung der Rollen.
30 Eine gefederte Lagerung kann dabei insbesondere dann vorteilhaft sein, wenn eine starke strukturelle Eigenkompensation der Abstütz-Struktur gewünscht ist, und wenn die Struktur als solche möglicherweise zu steif ist, um eine Position von Tragrollen

insbesondere in Höhenrichtung ausgleichen zu können. Im Idealfall können die Positions-Abweichungen derart gering gehalten werden, und ein gewünschter Eigenkompensations-Effekt kann derart in die Abstützt-Struktur integriert sein, dass zusätzliche Federelemente entbehrlich bleiben.

5

Es hat sich gezeigt, dass sich die in der Praxis in manchen Fällen nicht vollständig vermeidbaren Höhentoleranzen von einigen Millimetern bei der erfindungsgemäßen Anordnung mit vergleichsweise wenigen Tragrollen in vergleichsweise großen Längsabständen (insbesondere auch vergleichsweise kleine Tragrollen in schlanker Dimensionierung) deutlich weniger nachteilig auswirken, so dass die Lebensdauer exakter prognostiziert werden kann bzw. die Auslegung und Dimensionierung der Anlagen auf besonders spezifische und schlanke Weise erfolgen kann.

10

Dabei kann z.B. wenigstens eine Tragrolle über eine Feder am Förderbandgerüst befestigt sein, und die statistische Lagerbelastung kann bei Bezugnahme auf eine Lebensdauererwartung und unter der Berücksichtigung der Deformation der Feder bei variabler Lastverteilung über die Tragrolle ermittelt werden.

15

Es hat sich gezeigt, dass eine Federungs-Funktion auch in eine Tragkonstruktion integriert werden kann. Insbesondere können Träger oder Stützen vergleichsweise lang bzw. hoch ausgeführt werden, um einen (materialelastischen) Ausgleichseffekt in die Konstruktion integrieren zu können. Die Konstruktion als solche kann also Positionstoleranzen (besser) ausgleichen, wenn weniger Stützen vorgesehen werden, die vergleichsweise elastisch sind. Dann nämlich kann die Konstruktion „arbeiten“, also Spannungen und Belastungen nachgeben. Die Erfindung basiert dabei auch auf der Erkenntnis, dass eine vorteilhafte Tragrollenanlage auch in kostenmäßiger Hinsicht bereitgestellt werden kann, wenn die Längsabstände der Tragrollen derart vergrößert werden, dass sich eine optionale Verlängerung von Stützen (zur Integration einer Federungs-Funktion, z.B. in den Stahlbau) kostenmäßig geringer bemerkbar macht als der durch die geringere Anzahl von Tragrollen begründete Kosteneinsparungseffekt.

20

25

30

Die vorliegende Erfindung kann dabei auch ohne Bezugnahme auf vorrichtungstechnische Federungseinrichtungen eine Feder-Charakteristik (Eigenkompensations-Effekt) einer Anlage berücksichtigen, insbesondere indem die Steifigkeit bzw. Elastizität der Konstruktion in den Stützkraft- und/oder Positions- und/oder Ausrichtungs-Parameter P2, P3, P4 eingeht.

Die zuvor genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß insbesondere auch gelöst durch ein Verfahren zum Vorgeben des Längsabstandes von wenigstens drei Tragrollen, die unterhalb eines Förderbandes einer Förderbandanlage angeordnet sind/werden, wobei die Längsposition einer ersten Tragrolle relativ zu einer Längsposition von wenigstens zwei weiteren Tragrollen vorgegeben wird, wobei die in der jeweiligen Längsposition vom Förderband auf die Tragrolle(n) ausgeübte Belastung, insbesondere Druckkraft, ermittelt oder zumindest rechnerisch berücksichtigt wird, wobei eine Mehrzahl von längspositionsabhängigen Belastungsparametern für die Belastung der jeweiligen Tragrolle in Bezug auf eine Mehrzahl von unterschiedlichen tatsächlichen oder rechnerisch vorgegebenen Längsabständen zwischen den Tragrollen ermittelt wird, und wobei diese längspositionsabhängigen Belastungsparameter derart mit einer Vertikalkoordinate der jeweiligen Tragrolle oder mit einer Montagetoleranz in vertikaler Richtung korreliert werden, dass eine statistische Varianz einer/der positionsabhängig auf die Tragrollen wirkenden Belastung bzw. Zusatzbelastung als Parameter zum Vorgeben eines/des belastungsoptimierten Längsabstandes der Tragrollen berücksichtigt wird oder berücksichtigbar ist. Vorteile eines solchen Verfahrens werden im Folgenden erläutert, insbesondere auch unter Bezugnahme auf weitere Ausgestaltungen erfindungsgemäßer Verfahren.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird dabei ein erster statistischer längspositionsabhängiger Belastungsparameter für die Belastung der jeweiligen Tragrolle in Bezug auf einen ersten Längsabstand zwischen den Tragrollen ermittelt, wobei ein zweiter statistischer längspositionsabhängiger Belastungsparameter für die Belastung der Tragrollen in Bezug auf einen zweiten Längsabstand zwischen den Tragrollen größer dem ersten Längsabstand ermittelt wird, wobei der erste und

zweite Belastungsparameter jeweils mit einer Vertikalkoordinate der jeweiligen Tragrolle oder mit einer Montagetoleranz in vertikaler Richtung korreliert werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird dabei die Längsposition der jeweiligen
5 Tragrolle gemäß dem zweiten Längsabstand als Funktion der Vertikalkoordinate oder Montagetoleranz in vertikaler Richtung vorgegeben, wenn der zweite Belastungsparameter der jeweiligen Tragrolle eine geringere Belastung korreliert als der erste Belastungsparameter.

- 10 Die zuvor genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß insbesondere auch gelöst durch ein Verfahren zum Vorgeben einer ersten Längsposition einer Tragrolle relativ zu einer zweiten Längsposition (x) wenigstens einer weiteren Tragrolle jeweils unterhalb eines Förderbandes, insbesondere in einer oder für eine zuvor beschriebene(n)
15 Förderbandanlage zum Transport von Schüttgut, insbesondere bei vordefinierter Fördermenge und Fördergeschwindigkeit, wobei die in der jeweiligen Längsposition vom Förderband auf die Tragrolle(n) ausgeübte Kraft (Stützkraft, Lagerkraft) ermittelt (gemessen oder berechnet) wird, und wobei basierend auf den ermittelten Kraftwerten ein belastungsoptimierter Längsabstand zwischen den einzelnen Längspositionen vorgegeben wird; wobei die jeweilige Längsposition in Abhängigkeit
20 sowohl von den längspositionsspezifischen Kraftwerten als auch von wenigstens einer Raumkoordinate der jeweiligen Tragrolle in relativem Längsabstand zu wenigstens einer benachbarten Längsposition und in wenigstens einer Raumrichtung quer zur Längserstreckung des Förderbandes (relativer Höhenversatz bzw. Querversatz zwischen einzelnen Längspositionen) vorgegeben wird, insbesondere
25 derart belastungsoptimiert, dass die Tragrollen in einer Anordnung mit maximaler Lebensdauer und/oder minimaler Ausfallwahrscheinlichkeit der Tragrollen vorgesehen bzw. angeordnet werden, insbesondere indem der Längsabstand als Funktion der längspositionsspezifisch gemessenen/ermittelten Kraft antiproportional zum Kraftbetrag definiert wird, insbesondere in Bezug auf einen Soll-Kraftwert und
30 einen Soll-Längsabstand bzw. dessen Verhältnis (insbesondere Newton pro Meter [N/m]), insbesondere basierend auf einer Verhältniszahl aus der Varianz der Kraftwerte und dem Längsabstand. Hierdurch ergeben sich zuvor genannte Vorteile.

- Insbesondere kann eine Optimierung der Tragrollenanordnung hinsichtlich minimaler Belastung und maximaler Lebensdauer entweder online im Betrieb oder im Zusammenhang mit Justage- oder Montage-Arbeiten (beispielsweise auch Wartung und Instandsetzung von Lagern, z.B. Schmierung nach vordefinierten Zeiträumen)
- 5 oder auch rein simulativ auf rechnergestützte Weise erfolgen. Die Kraftwerte können wahlweise rechnergestützt ermittelte Kraftwerte oder messtechnisch erfasste Kraftmesswerte sein. Dabei kann für einen jeweiligen Parameter jeweils eine Korrelation mit der jeweiligen Längsposition erfolgen.
- 10 Vorteilhafter Weise können dadurch längspositionsspezifische Belastungskräfte der jeweiligen Tragrollen unter Berücksichtigung von Installations- bzw. Montagetoleranzen in wenigstens einer Raumrichtung quer zur Längserstreckung des Förderbandes als statistisch verteilte Größen bestimmt werden. Dabei kann beispielsweise auch eine antiproportionale Auswirkung des
- 15 Tragrollenlängsabstandes auf die Zusatzbelastung der Tragrollen infolge von Tragrollenpositionsabweichungen berücksichtigt werden, insbesondere auch im Rahmen von Parameterstudien zum Ermitteln eines optimalen Kompromisses aus Längsabstand, Anzahl und Größe der Tragrollen und gegebenenfalls auch Höhe einer Abstützung (Länge und Elastizität von konstruktiven abstützenden Elementen).
- 20 Anders ausgedrückt: Wird ein relativ großer Längsabstand gewählt, so kann insbesondere auch dank dadurch optimierbarer Eigenkompensations-Effekte in der Anlage das Risiko minimiert werden, dass die Tragrollen in den einzelnen Längspositionen inhomogen (stark ungleichverteilt) belastet werden.
- 25 Dabei können beispielsweise auch die Tragrollen-Drehzahl, der Lagertyp und die Lagergröße beachtet bzw. im Rahmen von Parameterstudien betrachtet werden.
- Dabei kann das Verfahren einerseits für vordefinierte Lagergrößen angewandt werden kann, andererseits aber auch (insbesondere im Umkehrschluss) bei
- 30 vorgegebenem Längsabstand der Tragrollen auch zum Bestimmen einer gewünschten Lagergröße genutzt werden kann. Derartige Parameterstudien können

bezüglich des untersuchten Parameters jeweils in Abhängigkeit wenigstens eines der anderen Parameter durchgeführt werden.

- Die zuvor genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß insbesondere auch gelöst durch
- 5 ein Verfahren zum Vorgeben der Längsposition einer oder mehrerer Tragrollen eines Förderbandes einer Förderbandanlage, wobei die in der jeweiligen Längsposition vom Förderband auf die Tragrolle(n) ausgeübte Kraft basierend auf einem ersten zunächst angenommenen Längsabstand bis zur benachbarten Tragrolle ermittelt wird, und wobei eine gewünschte oder erforderliche minimale Lebensdauer der
- 10 Tragrollen, insbesondere von Tragrollenlagern, unter Bezugnahme auf den ersten zunächst angenommenen Längsabstand rechnerisch nachgewiesen wird, wobei die längspositionsspezifische Kraft bzw. Belastung der jeweiligen Tragrolle unter Berücksichtigung von Installations- oder Montagetoleranzen der Tragrollen in wenigstens einer Raumrichtung quer zur Längserstreckung des Förderbandes als
- 15 statistisch verteilte Größe in Abhängigkeit von einem zweiten, alternativ angenommenen Längsabstand (Δx) bis zur benachbarten Tragrolle, insbesondere einem größeren Längsabstand als dem ersten angenommenen Längsabstand, derart bestimmt wird und/oder wobei die Tragrollenlängsabstände derart optimiert werden, dass für die gesamte Förderbandanlage oder für eine vordefinierte
- 20 Förderbandstrecke eine/die Ausfallwahrscheinlichkeit der Tragrollen bei in Längsrichtung optimierter Tragrollenanordnung minimiert wird. Hierdurch ergeben sich insbesondere auch auf rein rechnerischem/simulativem Weg neue Erkenntnisse über eine optimierte Anordnung der Tragrollen. Dabei kann auf vergleichsweise exakte Weise auf den jeweiligen Anwendungsfall Bezug genommen werden, so dass
- 25 Erkenntnisse aus einer erfindungsgemäßen Berechnung deutlich aussagekräftiger sind als basierend auf den bisher üblicherweise angewandten Lebensdauer-Prognosen, insbesondere jenen gemäß Empfehlung von Lagerherstellern. Vielmehr ermöglicht die Erfindung einen individualisierbaren Berechnungsansatz, welcher optional auch eine Implementierung von seitens Lagerherstellern empfohlenen
- 30 Formeln und/oder Parametern zulässt.

Als ein Beispiel für einen optimierten Längsabstand kann auch folgende Betrachtung dienen: Die Optimierung des Längsabstandes kann insbesondere hinsichtlich einer minimal zu erwartete Ausfallwahrscheinlichkeit (Ausfall-Wahrscheinlichkeits-Parameter) der Tragrollen in einem bestimmten Zeitraum (z.B. nach einem Jahr, nach fünf Jahren, nach zehn Jahren oder bezüglich der zu erwarteten Anlagenlebensdauer) für die Gesamtanlage oder streckenlängenbezogen (z.B. Tragrollenanzahl je Kilometer) erfolgen; für das jeweilige Kriterium bzw. für den jeweiligen Parameter kann der optimale Tragrollenabstand individuell vorgegeben werden. Somit kann der Anlagenbetreiber selbst bestimmen, hinsichtlich welcher Kriterien die Anlage optimiert sein/werden soll.

Die jeweilige auf die Tragrollen wirkende Kraft kann auch als statische/dynamische Belastung oder als Belastungskraft bezeichnet werden.

Die Erfindung beruht dabei auch auf der Erkenntnis, dass die Ausfallwahrscheinlichkeit von einzelnen Tragrollen besonders stark abhängig ist von deren Relativposition, also von den tatsächlichen Positionsdaten und dem Positionstoleranzbereich insbesondere in Höhenrichtung (Stichwort: Installationsgenauigkeit). Insofern kann basierend auf den erfindungsgemäßen Optimierungsmaßnahmen auch ein guter Kompromiss zwischen Längsabstand, Installationsgenauigkeit (Größe des Toleranzbereiches insbesondere für die Höhenposition der jeweiligen Tragrolle) und erzielbarer Lebensdauer gefunden werden, insbesondere für einen jeweiligen Einsatzfall unter Berücksichtigung von vergleichsweise vielen Randbedingungen. Anders ausgedrückt: Die Erfindung erleichtert zum einen eine Optimierung im Feld (online), zum anderen eine reine simulative Betrachtung z.B. im Rahmen der Anlagen-Auslegung basierend auf Parameterstudien. Somit kann die Erfindung einem Anlagenbetreiber auch verdeutlichen, ob es sich lohnt, die Höhenposition von Tragrollen bei einem Förderband von mehreren hundert Metern nachjustieren zu lassen, z.B. im Rahmen von Instandhaltungsmaßnahmen.

30

Beispielsweise kann die Erfindung einen Zusammenhang zwischen einer vom Längsabstand abhängigen Belastung (insbesondere Stützkraftmittelwert in Bezug auf

- alle Tragrollen oder auf selektierte Gruppen von Tragrollen) und der Stützkraft-Varianz (Streuung um den Mittelwert) verdeutlichen. Die Erfindung kann daher auch die Erkenntnis liefern, dass eine Verringerung der Stützkraft-Varianz sich sehr positiv hinsichtlich einer möglichst geringen Anzahl von überlasteten Tragrollen auswirkt
- 5 (Ausfall-Risiko), und dass (bzw. in welchem Maße) ein vergleichsweise großer Längsabstand sich positiv auf eine Verringerung der Stützkraft-Varianz auswirken kann. Insofern kann die Erfindung auch eine Empfehlung für einen unteren/oberen Schwellwert für einen maximalen/minimalen Längsabstand liefern.
- 10 Die Erfindung basiert dabei auch auf dem Konzept, die Ermittlung der folgenden Parameter oder Kennzahlen um weitere Eingangsgrößen oder Randbedingungen zu erweitern:
- streckenspezifische Bewertung der Tragrollenbelastung, insbesondere jeweils selektiv für einzelne Gruppen von Tragrollen (Mittelrollen, Seitenrollen, Obertrum,
 - 15 Untertrum), insbesondere unter Berücksichtigung von Förderkapazität, Streckenverlauf, Tragrollenabständen, Zugkraft im Förderband;
 - Ermittlung von Lastkollektiven und Belastungen und zu erwartender Lebensdauer, insbesondere unter Berücksichtigung von Lagerkräften und Drehzahlen.
- 20 Insbesondere kann eine Erweiterung der Auslegung bzw. Analyse um wenigstens einen der folgenden fünf Punkte erfolgen:
- 1/ Berücksichtigung der Stützkraftänderung als Funktion von (relativem) Höhen- und Seitenversatz der einzelnen Tragrollen, insbesondere in Bezug auf eine theoretische Verlaufslinie durch die Tragrollen in allen Längspositionen, insbesondere als
 - 25 Funktion von der Förderbandsteifigkeit;
 - 2/ Ermittlung einer Stützkraft-Varianz (insbesondere bezüglich einzelner Tragrollen-Gruppen) basierend auf statistischen Standardabweichungen der Positionsdaten der jeweiligen Tragrolle;
 - 3/ Bestimmung/Berücksichtigung von unbelasteten Tragrollen (insbesondere unter
 - 30 Bezugnahme auf den statistischen Anteil unbelasteter Tragrollen), insbesondere von Tragrollen ohne Kontakt zum Förderband (insbesondere aufgrund zu großer

Abweichung der Ist-Höhenposition nach unten), und Ermittlung von Lastkollektiven für die verbleibenden tragenden (kontaktierenden) Tragrollen;

4/ Gruppieren oder Untergliedern der Tragrollen in Abhängigkeit von der Belastung unter Berücksichtigung der neuen/zusätzlichen Lastverteilung aufgrund unbelasteter

5 (nicht-kontaktierender) Tragrollen, wobei eine Ermittlung der Kräfte und Belastungen für jede Untergruppe separat erfolgen kann;

5/ statistische Ermittlung der Ausfallwahrscheinlichkeit bzw. Lebensdauererwartung, insbesondere für eine vordefinierbare bzw. durch vorhergehende Schritte vordefinierte Auswahl von Tragrollen, insbesondere als Funktion vom Längsabstand.

10

Insofern kann die Erfindung unter Bezugnahme auf eine rechnergestützte Optimierung auch realisiert werden, indem der Längsabstand zwischen benachbarten Tragrollen derart optimiert wird, dass dabei die maximale Lebensdauer der Tragrollenlager unter der Annahme bestimmter Parameter (vordefinierbarer

15 Werte) für statistisch verteilte Werte für die Höhen- und/oder Breitenposition der Tragrollen rechnerisch nachweisbar ist, sei es für einen Streckenabschnitt oder für die gesamte Förderbandanlage.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren kann in spezifischerer Ausgestaltung auch bei

20 Bezugnahme auf einzelne Tragrollengruppen (insbesondere Tragrollen mit derselben Belastung, desselben Typs und/oder mit derselben konstruktiven Abstützung) wie folgt beschrieben werden: Bereitgestellt wird ein Verfahren zum Bestimmen des

Längsabstandes zwischen benachbarten Tragrollen einer Tragrollengruppe unterhalb eines Förderbandes einer Förderbandanlage, die für den Transport von Schüttgut mit

25 einer bestimmter Fördermenge und Fördergeschwindigkeit vorgesehen ist, wobei die in der jeweiligen Längsposition vom Förderband auf die Tragrolle(n) ausgeübte

Belastungskraft in Abhängigkeit von der zu transportierenden Materialfördermenge, der Förderbandgeschwindigkeit, der örtlichen Bandzugkraft und der örtlichen

Bandverlaufskrümmung ermittelt wird, und wobei insbesondere basierend auf der

30 Belastungskraft, der Drehzahl, des Lagertyps und der Lagergröße eine (erforderliche bzw. gewünschte) minimale Lebensdauer der Tragrollenlager mit einer

vordefinierten/vordefinierbaren Wahrscheinlichkeit bzw.

- Überlebenswahrscheinlichkeit rechnerisch nachgewiesen wird; wobei die längspositionsspezifische Belastungskraft der jeweiligen Tragrollen der jeweilige Tragrollengruppe unter Berücksichtigung von Installations- bzw. Montagetoleranzen der Tragrollen in wenigstens einer Raumrichtung quer zur Längserstreckung des Förderbandes als statistisch verteilte Größe bestimmt wird, und wobei eine antiproportionale Auswirkung des Tragrollenlängsabstandes auf die Zusatzbelastung der Tragrollen infolge von Tragrollenpositionsabweichungen berücksichtigt wird. Dies liefert zahlreiche zuvor beschriebene Vorteile.
- 5
- 10 Somit kann die Erfindung auch basierend auf den folgenden Erkenntnissen klassifiziert und wie folgt eingeordnet werden:
- erfindungsgemäße Optimierungsmaßnahmen ermöglichen, Lastkollektive im Sinne von statistisch verteilten Größen zu bestimmen und daraus mit guter Aussagekraft Rückschlüsse auf die zu erwartenden Belastungszustände und Lebensdauern zu
 - 15 ziehen;
 - als vorrichtungstechnische Optimierungsmaßnahme kann auch eine vergleichsweise große bzw. lange Hebelarm-Länge bei der Abstützung der einzelnen Tragrollen zielführend sein, im Sinne einer Integration einer Federungs-/Ausgleichsfunktion (mit oder ohne zusätzliche Federelemente) in die Tragstruktur;
 - 20 - bisher werden gemäß dem Stand der Technik die unweigerlich auftretenden Ungenauigkeiten bei der Montage sowie die tatsächlichen Positions-Toleranzen nicht oder nicht ausreichend beachtet, was zu ungenauen oder sogar fehlerhaften Lebensdauer-Prognosen führt.
- 25 Gemäß einer Ausführungsform wird die jeweilige Längsposition in Abhängigkeit von einer vordefinierbaren Installations- oder Montagepositionstoleranz bezüglich wenigstens einer Raumrichtung vorgegeben. Hierdurch kann auch individuell auf einen bestimmten Anlagentyp Bezug genommen werden, und die entsprechenden konstruktiven Bedingungen können berücksichtigt werden. Die Installations- oder
- 30 Montagepositionstoleranz kann dabei auch als Parameter bei Parameterstudien berücksichtigt werden, um z.B. zu ermitteln, ob eine exaktere Montage oder exaktere Befestigungsmittel als konstruktive Maßnahme bereits Vorteile liefern können.

Gemäß einer Ausführungsform wird die Kraft (insbesondere Stützkraft) in der jeweiligen Längsposition der Förderbandanlage in wenigstens zwei oder in allen drei Raumrichtungen ermittelt bzw. erfasst.

- 5 Gemäß einer Ausführungsform wird die jeweilige Position der jeweiligen Tragrollen nicht nur in Längsrichtung, sondern auch in wenigstens einer weiteren Raumrichtung vorgegeben, nämlich auch in einer Richtung orthogonal zur Längsrichtung und/oder zumindest annähernd parallel zur Schwerkraftrichtung. Hierdurch ergeben sich jeweils insbesondere zuvor genannte Vorteile. Die Vorgabe der Position kann dabei
- 10 auch die Vorgabe (bzw. Berücksichtigung) einer maximalen Installationsgenauigkeit bzw. Montagetoleranz in wenigstens einer Raumrichtung umfassen.

- Gemäß einer Ausführungsform wird ein zeitlicher Verlauf der Kraftwerte (Stützkraftänderung) ermittelt bzw. ausgewertet und korreliert (insbesondere
- 15 basierend auf einem von wenigstens einer Raumkoordinate quer zur Längserstreckung des Förderbandes abhängigen Stützkraftänderungs-Parameter), insbesondere als Funktion von Positionsdaten der jeweiligen Tragrolle in wenigstens zwei Raumrichtungen. Eine Korrelation der Stützkraft mit Positionsdaten betreffend wenigstens zwei Raumrichtungen, insbesondere in einer Richtung quer zur
- 20 Längserstreckung des Förderbandes, ermöglicht auch eine Optimierung der relativen oder absoluten Höhen- und Querposition der jeweiligen Tragrolle.

- Beispielsweise kann eine Kraft-Abhängigkeit gemäß der Norm oder Richtlinie CEMA / VDI 2341 implementiert werden, bzw. ein entsprechender Stützkraftänderungs-
- 25 Parameter kann bei der Optimierung der Anordnung der Tragrollen berücksichtigt werden.

- Dabei kann auch eine Beispiel-/Referenz-Verteilung (bzw. ein entsprechender Wahrscheinlichkeits-Parameter) der Höhenposition der einzelnen Tragrollen nach
- 30 Gauß (Normalverteilung) berücksichtigt werden, insbesondere im Zusammenhang mit einer statistischen Beschreibung einer Höhenabweichung einzelner Tragrollen (Wahrscheinlichkeitsfunktion, kumulative Funktion).

- Dabei kann auch eine Kraftverteilung für alle identischen Tragrollen bzw. identisch belasteten Tragrollen berechnet werden, insbesondere zum Bestimmen einer Wahrscheinlichkeit für eine auf die jeweilige Tragrolle wirkenden Kraft/Belastung (Wertebereich). Dieser Schritt kann sich beispielsweise auch auf alle Tragrollen mit derselben Ausrichtung oder in derselben Höhenposition beziehen. Hierdurch kann nicht zuletzt auch eine Differenzierung in einzelne (Belastungs-)Gruppen von Tragrollen erfolgen. Dadurch kann z.B. auch prognostiziert werden, ob es zielführend ist, unterschiedliche Typen von Tragrollen vorzusehen.
- 5
- 10
- Gemäß einer Ausführungsform werden die Kraftwerte mehrerer Tragrollen einer jeweiligen Längsposition ermittelt bzw. erfasst und relativ zueinander korreliert (bzw. miteinander korreliert), insbesondere bezüglich an einzelnen Längspositionen gebildeten Tragrollen-Gruppen umfassend wenigstens drei Tragrollen mit jeweils individueller räumlicher Ausrichtung (z.B. horizontal, geneigt und entgegengesetzt geneigt). Dieser Optimierungs-Ansatz kann insbesondere auch eine gemuldete Ausgestaltung des Förderbandes berücksichtigen, beispielsweise mit seitlichen Tragrollen jeweils in einer Neigung im Bereich von 30 bis 45° relativ zur Horizontalen.
- 15
- 20
- Gemäß einer Ausführungsform wird ein Stützkraftänderungs-Parameter in einer jeweiligen Längsposition mit einer jeweiligen Gruppe von Tragrollen korreliert, insbesondere bezüglich der Höhenposition der Tragrollen oder in Abhängigkeit von relativen Höhenpositionsänderungen bezüglich weiterer Tragrollen oder Gruppen. Hierdurch ergeben sich insbesondere zuvor genannte Vorteile.
- 25
- Der Begriff „Gruppe“ kann auch als „Klasse“ verstanden werden, insbesondere dann, wenn in einer Gruppe ausschließlich Tragrollen einer bestimmten Klasse bzw. eines bestimmten Belastungszustandes (z.B. auch in Abhängigkeit von der Ausrichtung der Tragrollen) zusammengefasst sind. Die Definition der Gruppen bzw. die Klassifizierung kann individuell je Anwendungsfall erfolgen. Unabhängig davon können die Tragrollen räumlich in Gruppen (insbesondere je Längsposition) gruppiert angeordnet sein.
- 30

- Gemäß einer Ausführungsform wird ein Banddurchhang ermittelt bzw. erfasst oder vorgegeben (insbesondere rechnergestützt), wobei ein Banddurchhang-Parameter mit dem jeweiligen Längsabstand zwischen den Tragrollen korreliert wird, insbesondere auf antiproportionale Weise (zur Vorgabe eines Soll-Längsabstandes). Hierdurch kann ein Banddurchhang auch als Funktion der Bandquersteifigkeit bestimmt bzw. für weitere rechnergestützte Schritte berücksichtigt werden. Dies liefert gute Genauigkeit. Im Banddurchhang-Parameter kann dabei auch eine Bandzugkraft und/oder eine örtliche Bandverlaufskrümmung berücksichtigt bzw. integriert sein. Eine antiproportionale Abhängigkeit (größerer Banddurchhang, kleinerer Längsabstand) kann dabei bewirken, dass die Elastizität und Eigenkompensation der Struktur bzw. des Bandes entsprechend berücksichtigt werden kann.
- Wahlweise kann dabei auch ein Deformationsanteil einer etwaigen an der jeweiligen Tragrolle vorgesehenen Laufgummischicht als Funktion der Stützkraft berücksichtigt werden (insbesondere Längenänderung in Millimeter als Funktion von einer Belastung in Newton). Diese Maßnahme zur weiteren Steigerung der Genauigkeit kann optional vorteilhaft sein, insbesondere bei vergleichsweise großen Tragrollen mit einer vergleichsweise weichen Oberfläche. Erwartungsgemäß liegt dieser Deformationsanteil im Bereich von 0,1mm bis maximal 2mm. Je nach Dicke und Materialbeschaffenheit des Förderbandes kann dieser Deformationseffekt (der sich auf die tatsächliche Höhenposition auswirkt) der Tragrollen gegebenenfalls vernachlässigt oder basierend auf Erfahrungswerten gemittelt bzw. geschätzt werden. Jedenfalls kann ein die Tragrollen als solche betreffender kraftabhängiger Deformationsparameter berücksichtigt werden.

- Gemäß einer Ausführungsform wird eine Bandquersteifigkeit ermittelt bzw. erfasst, wobei ein Bandquersteifigkeits-Parameter mit dem jeweiligen Längsabstand korreliert wird, insbesondere auf (über-)proportionale Weise. Dies erweitert nicht zuletzt die Möglichkeiten der Analyse und Korrelation und kann die Genauigkeit steigern. Eine proportionale Abhängigkeit kann dabei sicherstellen, dass bei tendenziell sehr hoher

Steifigkeit tendenziell auch ein größerer Längsabstand gewählt wird, insbesondere zwecks Minimierung eines Risikos von kontaktfreien Rollen bzw. Lagern.

5 Gemäß einer Ausführungsform wird eine Abweichung der Anordnung der Tragrollen an den einzelnen Längspositionen im Vergleich zu einem berechneten (ermittelten) oder momentanen messtechnisch erfassten Verlauf (Kontur) des Förderbandes erfasst, insbesondere bezüglich der Unterseite des Förderbandes, insbesondere bezüglich wenigstens eines Positionsparameters umfassend eine Raumrichtung quer zur Längserstreckung des Förderbandes (insbesondere basierend auf einem von
10 wenigstens einer Soll-Raumkoordinate quer zur Längserstreckung des Förderbandes abhängigen Positionsparameter bzw. Ausrichtungsparameter), insbesondere mittels einzelner Positionsmesseinrichtungen bezüglich der jeweiligen Längsposition, insbesondere auch in Schwerkrafttrichtung. Hierdurch kann auch ein Ausrichtungsfehler in Höhen- und Querrichtung berücksichtigt werden.

15 Gemäß einer Ausführungsform wird ein Relativpositionsparameter bestimmt, mittels welchem die Höhen- oder Querposition einer jeweiligen Kraft (bzw. der in der jeweiligen Längsposition ermittelten Belastung) mit dem betragsmäßigen Kraftwert Null korreliert wird. Hierdurch kann auch ermittelt werden, ab welchem Maximal-
20 Schwellwert für eine Lage-/Montage-Toleranz die Standardabweichung der jeweiligen Ist-Position zu groß wird (Risiko des Kontakt-Verlustes zwischen Band und Rollen), insbesondere jeweils in Bezug auf einen bestimmten Längsabstand der Tragrollen relativ zueinander. Dies ermöglicht auch, einen optimalen Kompromiss aus Längsabstand (bzw. Anzahl erforderlicher Tragrollen) und erforderlicher
25 Montage-/Positionierungsgenauigkeit in Höhenrichtung zu ermitteln. Dabei hat sich gezeigt, dass bei vergleichsweise großem Längsabstand die Montage-/Positionierungsgenauigkeit auch vergleichsweise ungenau sein darf. Anders ausgedrückt: Ein vergleichsweise großer Längsabstand kann auch weitere konstruktive Vorteile liefern, insbesondere in Hinblick auf strukturelle
30 Ausgleichseffekt im Förderband und in der Tragstruktur.

Ein Vergleichsparameter zur Korrelation einer Höhen- oder Querposition einer jeweiligen Tragrolle mit der theoretisch (rechnerisch) ermittelten oder online gemessenen Kraft ermöglicht die Bestimmung eines Positionsbereiches, in welchem die Tragrolle positionierbar sein soll, bis eine Stützfunktion nicht mehr oder nur noch

5 in nicht mehr effektiver Weise ausgeführt wird. Dies erleichtert die Definition von Schwellwerten und kann auch in konstruktiver Hinsicht Vorgaben bei der Auslegung oder Optimierung von Förderbandanlagen liefern.

Gemäß einer Ausführungsform wird beim Vorgeben der Position eine

10 Wahrscheinlichkeit berücksichtigt, welche den Betrag einer Abweichung einer Höhenposition einer jeweiligen Tragrolle von der Soll-Position (Schwellwert für Positionsabweichung) und eine Stützkraft gleich null korreliert (Ausrichtungs-Parameter bzw. Vergleichsparameter). Dies ermöglicht eine Justage oder Vorgabe eines Höhenvariations-Bereiches oder einer Höhenpositions-Toleranz für die

15 jeweilige Tragrolle, insbesondere auch unter Beachtung bzw. Minimierung des Risikos, dass einzelne Tragrollen gar nicht kontaktiert werden (dann mit dem Risiko von nachteiligen Belastungseffekten auf die Tragrollen benachbarter Längsposition).

Gemäß einer Ausführungsform sind/werden die Tragrollen in Gruppen von

20 wenigstens zwei oder wenigstens drei Tragrollen je Längsposition in wenigstens 10, 20, 30 oder 50 Gruppen mit einem Längsabstand von jeweils mindestens 1m, insbesondere mindestens 2m entlang der Längserstreckung des Förderbandes positioniert bzw. sind dort angeordnet (z.B. auch Positionsvorgabe für Simulationszwecke), insbesondere auch bezüglich wenigstens einer Raumrichtung

25 quer zur Längserstreckung. Hierdurch können die erfindungsgemäßen Vorteile insbesondere auch bei sehr großen Anlagen realisiert werden, so dass die entsprechenden Vorteile besonders spürbar werden (beispielsweise deutlich verringerte Anzahl von Tragrollen).

30 Gemäß einer Ausführungsform wird eine Position der jeweiligen Tragrolle basierend auf rechnergestützt ermittelten Soll-Positionsdaten für eine Gruppe von wenigstens zwei oder drei Tragrollen mit demselben Stützkraftmittelwert vorgegeben,

insbesondere bei Tragrollen mit derselben Höhenposition oder derselben Höhenpositions-Abweichung. Es hat sich gezeigt, dass die Bezugnahme auf Gruppen von Tragrollen insbesondere bei sehr komplexen, großen Anlagen mit zahlreichen Tragrollen vorteilhaft ist, insbesondere um die einzelnen Optimierungs-

5 Maßnahmen klassifizieren zu können. Dabei kann insbesondere eine Abhängigkeit von der Höhenposition berücksichtigt werden.

Gemäß einer Ausführungsform werden die Tragrollen in der jeweiligen vorgegebenen Längsposition derart positioniert, insbesondere auch seitlich um das

10 Förderband herum, dass das Förderband gemuldet wird oder mit Ringquerschnitt ausgestaltet wird. Speziell bei seitlich abgestützten Förderbändern ist das Risiko vergleichsweise hoch, dass eine nicht-optimale Höhenposition einzelner Tragrollen (insbesondere zu großer Höhen-Toleranzbereich) sich besonders nachteilig auf die Verteilung der Belastung auswirkt, beispielsweise wenn das Förderband in einer

15 Vielzahl von Längspositionen nur noch die seitlichen Tragrollen kontaktiert, nicht aber die unterhalb des Förderbandes angeordneten Tragrollen. Indem nun auch die Position von seitlichen Tragrollen berücksichtigt bzw. optimiert wird, können die erfindungsgemäßen Vorteile noch umfangreicher genutzt bzw. im Rahmen einer Simulation oder auch direkt „in situ“ (an der Anlage, also im technischen Maßstab)

20 implementiert werden.

Gemäß einer Ausführungsform werden die Tragrollen in Längsrichtung positioniert oder deren Längsposition wird variiert (tatsächlich oder zumindest im Rahmen von Parameterstudien), insbesondere jeweils einzeln relativ zueinander, insbesondere

25 durch Translation, insbesondere relativ zu einer Soll-Position mit einer Variation von mindestens einigen Millimetern oder Zentimetern bis zu 0,5 Metern, insbesondere mittels wenigstens eines von einer Steuerungs-/Regelungseinrichtung der Förderbandanlage angesteuerten Aktuators. Es hat sich gezeigt, dass eine Parameterstudie oder auch eine Variation der Position „in situ“ bereits bei

30 Änderungen im Bereich von wenigen Millimetern eine Optimierung ermöglichen kann. Beispielsweise kann die Parameterstudie aufdecken, dass bei einem vordefinierten Längsabstand der Tragrollen (und gegebenenfalls auch bei einer

- vordefinierten Höhenpositions-Toleranz) erst ab einer bestimmten Belastung/Beladung des Förderbandes alle Tragrollen kontaktiert werden (Mindest-Schwellwert), dass jedoch bei einer Durchschnitts-Belastung unterhalb dieses Schwellwertes (z.B. aufgrund von Abbau-Material geringerer Dichte) im Durchschnitt
- 5 nur jede vierte oder fünfte Tragrolle (bzw. Längsposition) kontaktiert wird. Falls also zu erwarten ist, dass die Anlage häufiger auch in einem solchen Betriebszustand betrieben werden muss, kann die Optimierungsmaßnahme z.B. in einem größeren Längsabstand und/oder einer kleineren Höhenpositions-Toleranz bestehen.
- 10 Gemäß einer Ausführungsform werden die Tragrollen in wenigstens einer Richtung quer zur Längsrichtung positioniert oder zumindest wird deren Höhenposition variiert (tatsächlich oder zumindest im Rahmen von Parameterstudien). Dies liefert insbesondere auch bei gemuldeten oder ringförmig angeordneten Förderbändern vorteilhafte Effekte für die gesamte Anlage.
- 15 Gemäß einer Ausführungsform wird die jeweilige Längsposition für wenigstens ein Lager der jeweiligen Tragrolle vorgegeben, insbesondere indem die entsprechenden Messwerte oder Parameter in ein für die Bestimmung der Lagerlebensdauer standardmäßig vorgesehenes Berechnungsschema implementiert werden. Anders
- 20 ausgedrückt: Erfindungsgemäß können standardisierte Lager-Lebensdauer-Berechnungsschemata durch zusätzliche erfindungsgemäße Parameter erweitert werden, insbesondere zwecks größerer Exaktheit von Lebensdauer-Prognosen. Die einzelnen Parameter (insbesondere Kraft-Parameter) können derart bereitgestellt werden, dass eine Korrelation mit standardisierten Lager-Lebensdauer-
- 25 Berechnungsschemata sichergestellt ist, z.B. unter Berücksichtigung von axialen und radialen Lagerkräften als Funktion von Positionsdaten in wenigstens zwei Raumrichtungen (x, z).
- 30 Gemäß einer Ausführungsform wird ein Toleranzbereich für die Höhenposition einer jeweiligen Tragrolle definiert, basierend auf welchem Toleranzbereich eine Lebensdauer prognostiziert oder eine/die Förderbandanlage für eine vordefinierbare Soll-Mindestlebensdauer eingestellt wird, insbesondere bezüglich Raumkoordinaten

einer jeweiligen Tragrolle umfassend eine Längsposition oder einen Längsabstand zu wenigstens einer weiteren Tragrolle. Dies liefert insbesondere auch im Zusammenhang mit der Auslegung und Konstruktion einer gesamten Anlage nützliche Erkenntnisse, beispielsweise bezüglich empfehlenswerter Montage-

5 Toleranzen.

Gemäß einer Ausführungsform wird ein Lebensdauer-Parameter zumindest basierend auf den folgenden Schritten in der folgenden Abfolge (Berechnungsschema) ermittelt:

- 10 -Erfassen (bzw. Ermitteln) oder Vorgeben eines Banddurchhangs und Korrelieren eines Banddurchhang-Parameters (P1) mit dem jeweiligen relativen Längsabstand;
-Erfassen (bzw. Ermitteln) eines zeitlichen Verlaufs der Kraftwerte (Stützkraftänderung) und Korrelieren der Kraftwerte mit spezifischen Höhenpositionen der einzelnen Tragrollen;
- 15 -Korrelieren einer vorgegebenen Höhenpositions-Toleranz (Höhen-Varianz) mit einem Ausrichtungs-Parameter (Fehler-Parameter) zum Ermitteln eines relativen Ausrichtungsfehlers, insbesondere je Längsposition;
-Ermitteln der Stützkraft-Varianz als Funktion von der Höhenpositions-Toleranz;
-Ermitteln einer Wahrscheinlichkeit für kontaktlose unbelastete Tragrollen basierend
- 20 auf dem Ausrichtungs-Parameter, insbesondere in Abhängigkeit der Höhenpositions-Toleranz;
-Ermittlung einer Belastung oder einer Verteilung der Belastung auf Tragrollen einzelner Gruppen;
-Ermittlung der Lebensdauer oder eines/des Lebensdauer-Parameters für die
- 25 Tragrollen, insbesondere für alle Tragrollen einer jeweiligen Förderbandanlage. Es hat sich gezeigt, dass ein höhenpositionsbezogener Toleranzbereich auch eine individualisierte Betrachtung von Anlagen auf einfache Weise ermöglicht, insbesondere auch im Rahmen von Parameterstudien (z.B. Variation der Höhenposition im Bereich von 1 bis 10mm nach oben oder nach unten).
- 30 Beispielsweise kann (insbesondere bei Anlagen mit mehreren hundert oder gar mehreren tausend Tragrollen) eine stichprobenartige Erfassung von Höhenabweichungen „in situ“ an einer jeweiligen Anlage erfolgen, insbesondere für

eine „online“-Optimierung der jeweiligen Anlage oder für eine Optimierung einer noch zu bauenden Anlage desselben Typs. Anders ausgedrückt: Die vorliegende Erfindung erleichtert auch das Erarbeiten von Erfahrungskurven für die Auslegung und Konstruktion der Anlagen.

5

Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Verfahren eine Lebensdauerberechnung für einzelne Lager der Tragrollen, insbesondere als Verfahrensschritt, welcher den weiteren Verfahrensschritten vorgelagert ist. Dies ermöglicht auch eine Optimierung bezüglich der Auswahl des Lager-Typs, wobei z.B. auch die Lagerlebensdauer in

10

Bereitgestellt wird insbesondere auch eine Steuerungs-/Regelungseinrichtung eingerichtet zum Ausführen eines zuvor beschriebenen Verfahrens an einer Förderbandanlage, wobei die jeweilige Längsposition der jeweiligen Tragrolle durch

15 Aktuation wenigstens eines Aktuators in Abhängigkeit von längspositionsspezifischen Kraftwerten und Höhenpositionsdaten der jeweiligen Tragrolle eingestellt wird, wobei das Verfahren bevorzugt ein aktives Positionieren der einzelnen Tragrollen sowohl in relativem Längsabstand zueinander als auch in wenigstens einer Raumrichtung quer zur Längserstreckung des Förderbandes umfasst, insbesondere in Abhängigkeit von

20 momentanen Kraftwerten an der jeweiligen Längsposition. Hierdurch ergeben sich zuvor genannte Vorteile.

Die zuvor genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß insbesondere auch gelöst durch Verwendung einer Logikeinheit zum Korrelieren von längspositionsspezifischen

25 Kraftwerten einzelner Tragrollen einer Förderbandanlage mit dem Längsabstand der Tragrollen relativ zueinander, insbesondere in einer zuvor beschriebenen Förderbandanlage, insbesondere bei einem zuvor beschriebenen Verfahren, wobei beim Korrelieren eine Verhältniszahl aus der Varianz der Kraftwerte der jeweiligen Längspositionen und dem Längsabstand gebildet wird, und wobei ein Soll-

30 Längsabstand zwischen den Tragrollen proportional oder zumindest gleichläufig (gleiche Richtung bzw. Steigung) zur Größe der Varianz vorgegeben wird (je größer die Varianz, desto größer der Längsabstand), und wobei der Längsabstand als

Funktion von Positionsdaten der jeweiligen Tragrolle in wenigstens einer weiteren Raumrichtung quer zur Längserstreckung des Förderbandes vorgegeben wird (insbesondere in Höhenrichtung), insbesondere derart, dass eine Lebensdauer der Förderbandanlage bzw. der einzelnen Tragrollen bzw. von deren Lagern maximiert
5 wird und/oder eine Ausfallwahrscheinlichkeit von Tragrollen minimiert wird. Hierdurch ergeben sich zuvor genannte Vorteile. Insbesondere wird durch die Berücksichtigung einer Abhängigkeit zwischen der Belastung und dem Längsabstand und wenigstens einer weiteren Positionskoordinate der jeweiligen Tragrolle auch die relative Anordnung der Tragrollen überwacht und kann exakt vorgegeben bzw. eingestellt
10 und nachjustiert werden (Stichwort: Installationsgenauigkeit). Zwar erscheint eine auf wenige Millimeter exakte Position von Tragrollen in Hinblick auf die Dimensionen vieler Förderbandanlagen (Länge beispielsweise mehrere Kilometer) nicht unbedingt erforderlich – es hat sich jedoch gezeigt, dass bereits wenige Millimeter Positions-Abweichung von der optimalen Relativposition der einzelnen Tragrolle, insbesondere
15 auch in Höhenrichtung, zu einer starken Ungleichverteilung der Belastung führen kann. Effekt: vorzeitiger, nicht vorhersehbarer Ausfall einzelner Tragrollen oder Lager. Die vorliegende Erfindung kann diesen Nachteil überwinden. Beispielsweise kann basierend auf erfindungsgemäßen Maßnahmen die Anzahl der Tragrollen bei bestehenden Anlagen im Bereich von mindestens 25-30% reduziert werden,
20 und/oder die Ausfallwahrscheinlichkeit kann im Bereich von mindestens 10-20% verringert werden.

Bei den zuvor beschriebenen Verfahrensschritten kann die Tragrollenlager-Lebensdauer als ein durch die jeweiligen (insbesondere herstellerspezifischen)
25 Berechnungs-Schemata vorgegebener Parameter bei der Definition bzw. beim Einstellen der Längsabstände der Tragrollen Berücksichtigung finden.

Dabei kann eine Lastkollektivvermittlung unter Berücksichtigung eines Toleranzbereiches für die (relative) Anordnung der jeweiligen Tragrolle in wenigstens
30 einer Raumrichtung erfolgen, insbesondere sowohl in Längsrichtung als auch in wenigstens einer Richtung quer zur Längsrichtung. Anders ausgedrückt: Die Erfindung ermöglicht, auf die bisher bei Optimierungs- oder Auslegungsmaßnahmen

üblicherweise getroffene Annahme einer idealen Ausrichtung der Tragrollen verzichten zu können; vielmehr kann die tatsächliche Position der jeweiligen Tragrolle Berücksichtigung finden, oder zumindest kann eine Parameterstudie im jeweils vordefinierbaren Toleranzbereich für die Längs- und/oder Höhenposition
5 durchgeführt werden.

Die zuvor genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß insbesondere auch gelöst durch ein Computerprogrammprodukt eingerichtet zum Vorgeben einer ersten Längsposition einer Tragrolle relativ zu einer zweiten Längsposition einer weiteren
10 Tragrolle jeweils unterhalb eines Förderbandes, insbesondere eingerichtet zum Ausführen eines zuvor beschriebenen Verfahrens, wenn das Verfahren zum Vorgeben oder Optimieren von Positionskoordinaten von Tragrollen auf einem Computer ausgeführt, insbesondere für eine zuvor beschriebenen Förderbandanlage, wobei Tragrollen-spezifische Kraftwerte und (messtechnisch
15 erfasste oder vorgegebene) Positionsdaten der Tragrollen jeweils umfassend wenigstens zwei Raumkoordinaten, insbesondere alle drei Raumkoordinaten der jeweiligen Tragrolle, derart korreliert werden, dass ein Lebensdauer-Parameter für eine jeweilige Tragrolle oder für eine gesamte Förderbandanlage als Funktion des relativen Längsabstandes der Tragrollen ermittelbar ist, insbesondere zwecks
20 Vorgabe eines belastungsoptimierten Längsabstandes für maximale Lebensdauer und/oder minimale Ausfallwahrscheinlichkeit durch Ermitteln eines vom Längsabstand und wenigstens einer weiteren Positionscoordinate, insbesondere Höhencoordinate, abhängigen Lebensdauer-Parameters. Hierdurch ergeben sich zuvor genannte Vorteile. Die in der vorliegenden Patentanmeldung beschriebenen
25 Schritte des Erfassens von Messwerten können alternativ oder zusätzlich auch als ein Ermitteln bzw. als eine Vorgabe oder rechnergestützte Variation von entsprechenden Parametern vorgenommen werden, insbesondere im Rahmen einer rein rechnergestützten Simulation.

30 Beispielsweise erfolgt eine rechnergestützte Bestimmung bzw. Vorgabe der Anzahl von lastfreien Tragrollen (Stützkraft = 0 „null“) als Funktion der Standardabweichung der Höhenposition (Höhentoleranz). Hierdurch kann auch eine individuelle

Berücksichtigung von Besonderheiten einzelner Anlagen erfolgen, insbesondere in Abhängigkeit von Montage-Toleranzen.

- Beispielsweise erfolgt eine rechnergestützte Bestimmung bzw. Vorgabe eines
- 5 Mittelwertes für die Stützkraft (Auslegungs-Parameter insbesondere in eine Konzept-Phase für eine Anlage) in Abhängigkeit von einer Stützkraft-Variation und/oder Höhenpositions-Variation bei einer vorgegebenen/vordefinierbaren Standardabweichung (beispielsweise 1mm), und als Funktion des Längsabstandes der Tragrollen relativ zueinander. Diese Parametervariation ermöglicht auf einfache
- 10 Weise, die Abhängigkeit zwischen Höhenvariation und Längsposition zu erfassen (bzw. zu ermitteln) und bei einer anlagentypischen Standardabweichung der Höhenposition (insbesondere Montage-Genauigkeit) einen optimalen Längsabstand vorzugeben. Somit kann eine vergleichsweise komplexe Analyse auf eine handliche, anschauliche Parametervariation reduziert werden.
- 15 Beispielsweise erfolgt eine rechnergestützte Bestimmung bzw. Vorgabe einer Ausfall-Zahl (Ausfall-Wahrscheinlichkeits-Parameter) für die Tragrollen, insbesondere bei vorgegebener/vordefinierbarer Betriebsdauer (beispielsweise 30.000 oder 50.000 Stunden), insbesondere in Bezug auf eine vorgegebene Längserstreckung des
- 20 Förderbandes von z.B. 1.000m, und als Funktion des Längsabstandes der Tragrollen relativ zueinander. Diese Analyse erleichtert eine Risikoabschätzung und ermöglicht auch auf einfache Weise, einen vernünftigen Kompromiss aus Anlagenkosten und Betriebssicherheit bzw. Lebensdauer zu finden.
- 25 Im Folgenden wird die Erfindung durch beispielhafte Bezugnahme auf die Anwendung von mathematischen und physikalischen Zusammenhängen und basierend auf anwendbaren bzw. implementierbaren Formeln und Parametern beschrieben.
- 30 Die (eher theoretische, nicht den praktischen Einzelfall berücksichtigende) Bestimmung der zu erwartenden Lebensdauer von Lagern für Tragrollen kann beispielsweise wie folgt erfolgen, insbesondere auch basierend auf

Berechnungsschemata (insbesondere vorgegeben durch Normen oder Lager-Hersteller) weitgehend unabhängig vom spezifischen Einsatzfall:

$$L_{h10,B} = \left(\frac{C}{X \cdot F_R + Y \cdot F_A} \right)^p \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60} [h]$$

5

$$X \approx IF \left(F_A / F_R > 0.4 + 0.2 \cdot \lg \left(\frac{f_0 \cdot F_A}{C_0} \right), 0.46, 1.0 \right),$$

$$Y \approx IF \left(F_A / F_R > 0.4 + 0.2 \cdot \lg \left(\frac{f_0 \cdot F_A}{C_0} \right), 1.4 - \frac{1}{2} \cdot \lg \left(\frac{f_0 \cdot F_A}{C_0} \right), 0 \right),$$

$$f_0 \approx 11.4 + \frac{d + D}{100}.$$

Dabei können die folgenden Kennzahlen oder Berechnungsgrößen insbesondere durch den Lebensdauer-Parameter P7 abgebildet werden:

- | | | |
|----|-------------|--|
| 10 | $L_{h10,B}$ | rechnerische Lagerlebensdauer (für 90% der Lager); |
| | X, Y, f_0 | Platzhalter für Fallstudie gemäß obiger Formel;
bzw. lagerspezifische Kennzahl (gemäß Hersteller);
bezüglich dieser Kennzahlen ist auf den entsprechenden
Einzelfall bzw. auf das jeweils untersuchte Lager Bezug zu
nehmen; |
| 15 | d, D | innere und äußere Durchmesser der Lager; |

Der Exponent p kann speziell bei dieser Formel für einen jeweiligen Einzelfall vorgegeben bzw. gewählt werden. Beispielsweise liegt der Exponent p bei 3.

20

F_A und F_R betreffen dabei die axiale und radiale Lagerkraft. C bzw. C_0 betrifft die dynamische Tragzahl des Lagers, wobei n die Drehzahl betrifft.

Die Bestimmung des Durchhangs (Delta-Z Δ_Z bzw. Delta-BL Δ_{BL}) des Förderbandes kann beispielsweise wie folgt erfolgen, insbesondere auch basierend auf der Norm DIN 22101:

$$\Delta_{BL} = \frac{(\omega_M + \omega_B) \cdot S^2}{2 \cdot T}$$

Unter der Berücksichtigung von der Querbiegesteifigkeit ($E_{BC} \cdot I_{BC}$) des gemuldeten Fördergurtes ergibt sich auch folgende Formel:

10

if $M = 0$:

$$\Delta_{BL} = \frac{(\omega_M + \omega_B) \cdot S^2}{2 \cdot T} \left[1 - \frac{2 \cdot E_{BC} \cdot I_{BC}}{T \cdot S^2} \cdot \left\{ 1 - 1/\cosh \left(S \cdot \sqrt{T/(E_{BC} \cdot I_{BC})} \right) \right\} \right]$$

Bezüglich der in diesen beiden Formeln aufgeführten Bezugsgrößen wird für weitere Details auch auf die Norm DIN 22101 verwiesen. Dabei können die entsprechenden Kennzahlen oder Berechnungsgrößen erfindungsgemäß insbesondere durch den Förderband-Parameter P1 abgebildet werden. Speziell in dieser Formel bezeichnet die Kennzahl T die örtliche Gurtzugkraft (Zugkraft im Band), und S bezeichnet den Abstand Δx zwischen den Längspositionen oder zwischen einer Tragrolle und einem maximalen Durchhang des Bandes.

20

Für eine Korrelation von Höhenposition bzw. Höhenabweichung und Belastung kann eine erweiterte Bestimmung der Stützkraftänderung als Funktion der Höhenposition der einzelnen Tragrollen (bzw. deren Abweichung aufgrund von Montage-Toleranzen) beispielsweise wie folgt erfolgen, insbesondere auch unter Bezugnahme auf der Richtlinie VDI 2341:

25

$$F_{HD} = 2 \cdot T \cdot \sin \frac{\delta}{2} = \frac{2 \cdot \Delta_{HD,rel} \cdot T}{S}$$

F_{HD} betrifft dabei eine erforderliche Stützkraftänderung der Tragrollen bzw. Tragrollengruppe, die unter Berücksichtigung der relativen Höhendifferenz ($\Delta_{HD,rel}$) der benachbarten Tragrollen bzw. Tragrollengruppen ermittelt ist. Vereinfacht dargestellt lässt sich diese Stützkraftänderung als Funktion der relativen

5 Höhendifferenz ($\Delta_{HD,rel}$), der mittleren (zu erwartenden) Tragrollenstützkraft (F_0), des Fördergurtdurchhangs (Δ_{BL}) und der örtlichen Fördergurt-, Stahlbau- und Tragrollendeformation (Δ_{BI}) infolge der mittleren Stützkraft wie folgt ermitteln:

$$F_{HD} \approx \begin{cases} \Delta_{HD,rel} \cdot F_0 / (\Delta_{BL} + \Delta'_{BI}) & \text{if } \Delta_{HD,rel} \geq -(\Delta_{BL} + \Delta'_{BI}) \\ -F_0 & \text{if } \Delta_{HD,rel} < -(\Delta_{BL} + \Delta'_{BI}) \end{cases}$$

with

$$F_0 = (\omega_M + \omega_B) \cdot S + F_{VC}$$

$$\Delta_{BL} = f(F_0, T, S, E_{BC}, I_{BC});$$

10 $\Delta'_{BI} = f(F_0, t_{R,BI}, E_{BR}, d_I, L_{CZ}, d_C, s_C) / \cos \lambda$

Bezüglich der in diesen drei vorhergehenden Formeln für F_{HD} aufgeführten Bezugsgrößen wird für weitere Details auch auf die Norm DIN 22101 und auf die VdI-Richtlinie 2341 verwiesen. Der Index BI bezieht sich dabei auf einen

15 Deformationsanteil der jeweiligen Tragrolle (insbesondere Deformation der Tragrolle, der Tragrollenhalterung und der elastischen Oberfläche bzw. Fördergurtlaufschicht im Kontaktbereich zur Tragrolle), welcher Deformationsanteil ebenfalls bei der Tragrollenabstützung insbesondere bei einer mittleren (zu erwartenden) Tragrollenstützkraft (F_0) zwischen dem Fördergurt und der Tragrollenabstützung

20 entsteht. Auch ein solcher (vergleichsweise geringer) Effekt auf die Höhenposition kann berücksichtigt werden. Dabei können die entsprechenden Kennzahlen oder Berechnungsgrößen erfindungsgemäß insbesondere durch den Positions-und/oder Ausrichtungs-Parameter P3, P4 abgebildet werden.

Insbesondere in Hinblick auf eine Montagetoleranz in Höhenrichtung kann eine Bestimmung von Wahrscheinlichkeiten p für unbelastete Tragrollen (Wahrscheinlichkeit, dass Tragrollen über einen längeren Zeitraum bei vordefinierten Belastungen/Beladungen des Förderbandes kontaktlos bleiben) beispielsweise wie

5 folgt erfolgen:

$$p_s \approx P(0, F_0 - \Delta F_0, \sigma_F) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_F} \int_{-\infty}^0 \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{t - F_0 + \Delta F_0}{\sigma_F}\right)^2\right) dt, \quad [\%]$$

$$\sigma_F = F_0 \cdot \frac{\sigma_{HD,rel}}{\Delta_{BL} + \Delta_{BI}}, \quad \Delta F_0 = \sigma_F \cdot NORMINV\left(\frac{1 - P(0, F_0, \sigma_F)}{2}\right)$$

Dabei bezieht sich p (kleiner Buchstabe) speziell in obiger Formel auf berechnete Prozentanteile bei vorgegebenen Randbedingungen, und P (großer Buchstabe)

10 bezieht sich allgemein auf die Abbildung von Wahrscheinlichkeiten. Dabei bedeutet *NORMINV* eine Bezugnahme auf einen Referenzwert (vergleiche auch Fig. 7). Die Standardabweichung für die Belastung (Sigma F, also σ_F) kann dabei aus der Standardabweichung der Lagetoleranzen hergeleitet werden. Bezüglich der Anwendung dieser Formeln und des Anwendungsbereiches für die einzelnen

15 Parameter sei des Weiteren auch auf die entsprechenden Normen und Richtlinien, insbesondere VDI-Richtlinie VDI 2341 hingewiesen.

Dabei können die entsprechenden Kennzahlen oder Berechnungsgrößen (unabhängig von deren Benennung bzw. unabhängig von der hier gewählten

20 Bezeichnung) erfindungsgemäß insbesondere durch einen Korrelations-Parameter P5, P6 und/oder durch den Lebensdauer-Parameter P7 abgebildet werden.

FIGURENBESCHREIBUNG

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung

25 wenigstens eines Ausführungsbeispiels anhand von Zeichnungen, sowie aus den Zeichnungen selbst. Dabei zeigt

- Fig. 1 in schematischer Darstellung eine Tragrollenanordnung gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- Fig. 2 in geschnittener Seitenansicht ein beispielhaftes Querschnittsprofil eines Förderbandes, bezüglich welchem die Anordnung der Tragrollen gemäß einem der Ausführungsbeispiele optimierbar ist;
- 5 Fig. 3, 4, 5, 6 jeweils in geschnittener Seitenansicht eine Tragrollenanordnung, auf welche die vorliegende Erfindung anwendbar ist;
- Fig. 7, 8 jeweils eine Parameterstudie hinsichtlich der Abhängigkeit von Belastung (Kraft), Höhenposition und resultierender
- 10 Ausfallwahrscheinlichkeit gemäß einem Ausführungsbeispiel.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

Bei Bezugszeichen, die nicht explizit in Bezug auf eine einzelne Figur beschrieben werden, wird auf die anderen Figuren verwiesen.

15

Die Figuren werden zwecks leichteren Verständnisses zunächst zusammen unter Bezugnahme auf alle Bezugszeichen beschrieben. In den jeweiligen Figuren gezeigte Einzelheiten oder Besonderheiten werden individuell beschrieben. Relative/absolute Abstandsangaben und Positionsangaben oder -koordinaten der

20 einzelnen Tragrollen beziehen sich dabei insbesondere auf deren Rotationsachsen.

20

Eine Förderbandanlage 10 umfasst wenigstens eine Tragrollenanordnung 20 zum Fördern von Material 1, insbesondere Schüttgut, auf wenigstens einem Förderband 21, das über eine Vielzahl von Tragrollen 23 geführt und darauf auch abgestützt ist.

25

Die Tragrollen 23 weisen jeweils wenigstens ein Lager 24 auf, und eine Kraftmesseinrichtung kann an einzelne Tragrollen, Lager und/oder an das Förderband gekoppelt sein, zum Erfassen von Belastungszuständen in einer oder mehreren Raumrichtungen (x, y, z). Ferner können Positionsmesseinrichtungen und Messeinheiten für Banddurchhang oder dergleichen Kenngrößen für das Förderband

30 und die einzelnen Tragrollen vorgesehen sein. Wahlweise kann auch der relative Abstand zwischen den Tragrollen und dem Förderband ermittelt bzw. erfasst werden. Eine Logikeinheit und eine Steuerungs-/Regelungseinrichtung können für

30

erfindungsgemäße Optimierungs-Maßnahmen genutzt werden, insbesondere bei online-Maßnahmen im Betrieb, oder auch bei rein simulativen Parameterstudien oder Design-Review-Maßnahmen für eine konstruktive Optimierung, Auslegung oder Anpassung. Aktuator bzw. Aktoren ermöglichen Stellbewegungen, insbesondere auch Lage-/Positions-Korrekturen, insbesondere von einzelnen Tragrollen. Auf die Tragrollen bzw. Lager wird je nach Belastungszustand eine Kraft F ausgeübt, welche in den Figuren auch in einzelne Kraftvektoren gemäß den Raumrichtungen ausgesplittet sein kann. Die einzelnen Tragrollen 1 bis n sind in den Längspositionen $x_1, \dots, x_n$ angeordnet/anordenbar, jeweils mit einem relativen Längsabstand Δx (beispielsweise unter Bezugnahme auf Zwischenpositionen i zwischen der ersten und letzten Tragrolle eines Förderbandes), und die Höhenpositionen der Tragrolle sind durch die Bezugswerte $z_1, \dots, z_n$ gekennzeichnet. Dabei ist die Längsposition x_n beispielsweise als zweite, dritte oder weitere Längsposition zu verstehen (mit „ n “ oder wahlweise „ i “ als Platzhalter für alle Längs-/Höhenpositionen ungleich der ersten Längs-/Höhenposition).

Die erfindungsgemäßen Optimierungs-Maßnahmen können insbesondere im Zusammenhang mit folgenden Parametern ermittelt, vorgegeben, simuliert bzw. realisiert werden:

- 20 P Parameter (allgemein) für Längspositions-Vorgabe bzw. für Lebensdauer-Parameterstudie;
- P0 Eingangs-Parameter (Randbedingung), insbesondere Soll-Verlaufskontur des Förderbandes, Soll-Positionsdaten der Tragrollen, zulässige Lagerbelastung, Lagergröße, und/oder Lagerlebensdauer gemäß Herstellerangaben oder Norm-Berechnung;
- 25 P1 Förderband-Parameter, insbesondere Durchhang und/oder Steifigkeit;
- P2 Kraft-Parameter, insbesondere momentane Kraft oder zeitlich gemittelte Kraft oder Stützkraftänderung (insbesondere als Funktion der Position);
- P3 Positions-Parameter, insbesondere Längs-, Höhen- und Querposition;
- 30 P4 Ausrichtungs-Parameter (Fehler-Parameter), insbesondere Soll-Ist-Abweichung in Positionsdaten;

- P5 erster Korrelations-Parameter, insbesondere Verhältniszahl aus der Varianz der Kraftmesswerte und dem Längsabstand;
- P6 zweiter Korrelations-Parameter, insbesondere bezüglich Höhenposition und Stützkraft;
- 5 P7 Lebensdauer-Parameter bzw. Ausfall-Wahrscheinlichkeits-Parameter;

Beispielsweise stützt sich jede Tragrolle mindestens über ein Rollenlager definierter Größe und Lagertyp auf einem Förderbandgerüst ab, insbesondere in einem derart engen Toleranzbereich bezüglich der Soll-Position, dass eine minimale rechnerische Lebensdauerwahrscheinlichkeit für alle Rollenlager der Förderbandanlage insbesondere unter Berücksichtigung von durchschnittlichen Lagerbelastungen und Tragrollendrehzahl darstellbar ist. Insbesondere kann eine gewünschte (maximale) Lagerbelastung bei rechnerischem Nachweis einer Lebensdauerwahrscheinlichkeit unter Berücksichtigung von statistischer Varianz der installierten Lager hinsichtlich Höhen-, und/oder Seiten-, und/oder Längsposition der einzelnen Tragrollen bei der Montage eines Förderbandgerüsts mit für den Stahlbau üblichen Toleranzen berücksichtigt werden. Erfindungsgemäß kann die Anlage so konzipiert und montiert werden, dass die Lagerbelastung in einem Toleranzbereich gemäß der gewünschten Mindest-Lebensdauer gehalten wird.

20

Die Fig. 1 zeigt rein beispielhaft eine Förderbandanlage 10 in stark vereinfachter, schematischer Darstellung (Schnitt insbesondere längs durch die Mitte des Förderbandes; Abstützung der Tragrollen nicht explizit illustriert). Die sichtbaren Tragrollen 23 sind in y-Richtung quer zur Längsachse x des Förderbandes ausgerichtet und sind in einem relativen Längsabstand Δx relativ zueinander angeordnet (Längspositionen $x_1, \dots, x_n$) und zudem in einer jeweils spezifischen Höhenposition ($z_1, \dots, z_n$) abgestützt. Das Förderband 21 ist gemuldet, weist also nicht nur einen unteren Querschnittsflächenabschnitt auf, sondern auch seitliche Abschnitte (Tragrollen für seitliche Abschnitte sind nicht explizit dargestellt; vergleiche Fig. 2).

30

Mittels der Steuerungs-/Regelungseinheit und Aktuatoren kann die jeweilige Position millimetergenau einstellbar sein, insbesondere basierend auf Vorgaben der Logikeinheit, welche optional kontinuierlich mit Daten der einzelnen Messeinrichtungen gespeist werden kann (insbesondere momentan erfasste
5 Messwerte).

In Fig. 1 ist auch ein exemplarisch gezeigtes Federelement 42 (z.B. Gummipuffer) dargestellt, welches eine Kraftänderung an der jeweiligen Tragrolle infolge vertikaler Abweichung der Höhenposition verringern kann, wodurch auch mittels
10 vergleichsweise einfacher vorrichtungstechnischer Maßnahmen eine Lebensdauererhöhung (L_{h10} bzw. Parameter P7) oder eine Vergrößerung des Tragrollenabstandes ermöglicht wird.

Die Fig. 2 zeigt ein Förderband, das in der jeweiligen Längsposition durch drei
15 Tragrollen abgestützt wird, die jeweils eine individuelle Ausrichtung aufweisen (Winkel-Pfeil an linker Tragrolle; ca. 30° Neigung gegenüber Horizontalebene). Die Tragrollen 23 weisen jeweils zwei Lager 24 auf, die in einem vordefinierten Abstand relativ zueinander an der Achse der Tragrolle angeordnet sind, insbesondere vordefiniert durch die Länge der Tragrolle. Die beiden seitlichen Tragrollen sind in
20 einem Winkel von ca. 20 bis 30° relativ zur mittleren (unteren) Tragrolle ausgerichtet. Das Förderband ist leicht gemuldet, und die auf dem Förderband transportierte Schüttung erstreckt sich dachförmig mit einem Winkel im Bereich von z.B. 10 bis 30° relativ zur Horizontalebene.

25 Fig. 3 veranschaulicht die Berücksichtigung eines Gurtdurchgang-Parameters P1, wobei der Gurt bzw. das Band in der Mitte zwischen den beiden im Querschnitt gezeigten benachbarten Tragrollen mit doppeltem Tragrollenabstand (Δx bzw. hier betragsmäßig entsprechend $2\Delta x$) den maximalen Durchhang aufweist (fehlende Tragrollenabstützung in der Mitte). Auf das Förderband wirkt eine Zugkraft, und an
30 den Tragrollen wirken Momente um die Achsen der Tragrollen, beispielsweise aufgrund dynamischer Belastungsänderungen. Das zu transportierende Fördergut (Einsatzmaterial; Schüttung) übt eine im Idealfall möglichst homogene Belastung auf

das Förderband aus (vergleiche die gleichverteilten kleinen Pfeile). Die an den Tragrollen dargestellten Pfeile veranschaulichen entsprechende Kräfte und Momente, die an den Tragrollen wirken.

- 5 Fig. 4 veranschaulicht die Berücksichtigung eines Positions- bzw. Ausrichtungs-Parameters P3, P4. Der Verlauf des Förderbandes wird in diesem Ausführungsbeispiel durch eine (wahlweise zwischengeschaltete) Tragrolle 23 verändert, welche eine höhere Höhenposition aufweist als die benachbarten Tragrollen, oder aber bei der zwischengeschalteten Tragrolle 23 handelt es sich um
10 eine Tragrolle, deren Höhenposition extrem von der Soll-Höhenposition abweicht (insbesondere aufgrund eines Montagefehlers oder einer sehr großen Montagetoleranz). Durch eine derartige Parameterstudie können z.B. auch Auswirkungen von (gegebenenfalls zu großen) Montage-Toleranzen ermittelt und quantifiziert werden. Insbesondere veranschaulicht Fig. 4 eine Simulation von
15 Stützkraftänderungen als Funktion der jeweiligen Höhenposition. Es dürfte basierend auf der vorliegenden Offenbarung nun ersichtlich sein, dass die mittlere Tragrolle in dieser erhöhten Position vergleichsweise stark belastet wird.

- Am Beispiel der Fig. 5 wird eine Umrechnung einer Variation der Höhenposition in
20 einen relativen Ausrichtungsfehler (P4) erläutert (bzw. eine Abhängigkeit zwischen einem Höhenpositions-Parameter und einem Ausrichtungs-Parameter). Dabei wird auch die relative Höhenposition der jeweiligen Tragrolle bezüglich der Tragrollen der benachbarten Längspositionen beachtet. Fig. 5 veranschaulicht dabei auch, dass in den Parameter P4 jeweils auch eine Höhenabweichung der jeweiligen Tragrolle
25 eingehen kann, insbesondere auch unter Berücksichtigung der relativen Längsposition und eines ansteigenden oder fallenden Verlaufes des Förderbandes.

- Am Beispiel der Fig. 6 wird eine Bestimmung von Wahrscheinlichkeiten von in der Höhenposition zu stark von der Soll-Position abweichenden Tragrollen erläutert
30 (Ausrichtungs-Parameter P4 bzw. Vergleichsparameter), wobei als Randbedingung eine nicht messbare Stützkraft unterstellt wird (Stützkraft = null). Mittels Fig. 6 kann ein tatsächlicher Zustand einer Anlage oder auch eine Simulation illustriert werden,

bei welchem/welcher die entsprechende Tragrolle (hier: die mittlere Tragrolle) zu tief angeordnet ist (kein Kontakt zum Förderband; Kontaktkraft = null). Effekt: Die auf die beiden anderen Tragrollen ausgeübte Kraft ist sehr groß, möglicherweise zu groß, insbesondere bei Dauerbelastung zu groß. Die Lebensdauer dieser überlasteten

5 Tragrollen wird daher zu klein sein. Unter Bezugnahme auf das erfinderische Konzept kann Fig. 6 auch wie folgt gedeutet werden: Für einen vordefinierten Längsabstand der Tragrollen ist die Montagetoleranz in diesem Beispiel zu groß, da nicht vermieden werden kann, dass einzelne Tragrollen kontaktlos werden. Insofern kann eine Optimierungsmaßnahme z.B. darin bestehen, die Tragrollen in einem

10 größeren Längsabstand anzuordnen (unter Beachtung struktureller Eigenkompensations-Effekte der Anlage), und/oder die Montagetoleranz in Höhenrichtung enger/kleiner zu definieren.

Fig. 6 veranschaulicht auch, dass der Ausrichtungs-Parameter P4 auch Schwellwerte

15 für eine minimale oder maximale Höhenposition einer jeweiligen Tragrolle umfassen kann (z.B. Schwellwerte, die bezüglich Montage-Toleranzen definiert werden). Diese Schwellwerte können insbesondere auch als Funktion eines gewählten oder empfohlenen Längsabstandes vorgegeben werden, und/oder als Funktion der Variation der Beladung des Förderbandes. Eine Optimierungsmaßnahme kann dabei

20 je nach Anwendungsfall in Hinblick auf eine vordefinierbare Belastung der jeweiligen Tragrolle oder aber auch in Hinblick auf eine gegen Null gehende Belastung (kein Kontakt) vorgenommen werden.

In Fig. 7 und 8 wird am Beispiel von Parameterstudien betreffend die Belastung und

25 die Höhenposition der Tragrollen eine Anwendung erfindungsgemäßer Verfahren im Zusammenhang mit einer Grenzwertbetrachtung hinsichtlich Ausfallwahrscheinlichkeiten und/oder Lebensdauern beschrieben, insbesondere unter Bezugnahme auf einzelne Gruppen von Tragrollen in vordefinierbaren Längs- und/oder Höhenpositionen. Die jeweiligen drei Graphen veranschaulichen für einen

30 beispielhaften positionsabhängigen Kraftverlauf den Zusammenhang zwischen der Belastung und der Lebensdauer bzw. der Ausfallwahrscheinlichkeit von Tragrollen. Dabei bezieht sich p (kleiner Buchstabe) auf konkret für einen jeweiligen Einzelfall

berechnete Prozentanteile bei vorgegebenen Randbedingungen, und P (großer Buchstabe) bezieht sich allgemein auf die (Ausfall-)Wahrscheinlichkeit bestimmter Tragrollentypen (Ausfall-Charakteristik, z.B. abhängig von den verwendeten Lagern), beispielsweise als Funktion der relativen Anordnung/Position oder als Funktion der Belastung.

Die Linien bzw. Kurven in Fig. 7 spiegeln eine Tragrollenlast-Abhängigkeit (Graph unten links) von der Höhenposition z und eine entsprechende Umrechnung dieser Kurve in die Kraftverteilung auf die Tragrollen wider (Graph oben rechts), insbesondere unter Berücksichtigung der Höhenpositionsverteilung (Wahrscheinlichkeit, insbesondere statistisch) der Tragrollen infolge von Montage-Toleranzen (Graph oben links).

Der Prozentanteil p_0 bezieht sich auf den (statistischen) Anteil der Tragrollen ohne Last infolge fehlender Berührung zwischen Tragrolle und Förderband bei ursprünglicher und bei optimierter Anordnung der Tragrollen. Der Parameter p_{crit} beschreibt dabei den Anteil der kritisch belasteten bzw. überlasteten Tragrollen mit zu hohen Traglasten; dieser Prozentanteil von Tragrollen unterliegt in der Praxis mit hoher Wahrscheinlichkeit insbesondere einer zu starken Biegung der Tragrollenachse und einem frühzeitigen Versagen (bzw. Defekt der Lager).

Der in Fig. 7 linke unterer Graph (geradliniger Verlauf) beschreibt einen beispielhaft linearen Verlauf der von der jeweiligen Tragrolle aufgenommenen Kraft F in Abhängigkeit von einer Höhenposition z , wobei die Kurve bei einer maximalen Höhenabweichung nach unten startet (tiefste Relativposition der Tragrolle; maximaler Banddurchhang und negative Höhenvariation aufgrund etwaiger Höhenpufferung der Tragrollen), und wobei die Kurve die Ordinate bei einer gemäß Soll-Höhenposition vorgesehenen bzw. zu erwartenden mittleren Belastung F_0 schneidet. Für den Startpunkt ergibt sich die Wahrscheinlichkeit p_0 (kleines P) für unbelastete Tragrollen ($F = 0$) mit einer maximal zulässigen Höhenabweichung (Δz_{min}) der Tragrolle nach unten.

Der in Fig. 7 linke obere Graph beschreibt eine Wahrscheinlichkeit P als Funktion von der Abweichung der Höhenposition (insbesondere aufgrund von Montagetoleranzen in z-Richtung), und der rechte obere Graph beschreibt eine Wahrscheinlichkeit P als Funktion von der Belastung bzw. Kraft F an der jeweiligen Tragrolle. Die Art und Weise einer Korrelation zwischen Kraft und Höhenposition kann anlagenspezifisch sein. Für eine beliebige Positionsänderung ergibt sich demnach eine Belastung F_i (für die beispielhafte Höhenposition i). Insofern kann auch ein Parameter p_{crit} definiert werden, welcher einen maximalen Prozentanteil von Tragrollen abbildet, die in einem kritischen Belastungsbereich belastet werden (dürfen). Die Kraft F_{krit} kann dabei einen Kraftbetrag definieren, welcher nicht überschritten werden soll, wenn vorausgesetzt wird, dass maximal mit der Wahrscheinlichkeit p_{crit} einzelne der Tragrollen überlastet werden. Dabei kann mittels der Größe F_{krit} eine maximal zulässige Höhenabweichung Δz_{krit} der Tragrolle bestimmt werden, die aufgrund von Montagetoleranzen oder anderweitig begründete Positionsänderungen in Z-Richtung auftreten dürfen. Je größer die Belastbarkeit der verwendeten Tragrollen oder die zulässige Höhenabweichung, desto kleiner wird für eine gegebene Parameterstudie die Wahrscheinlichkeit p_{crit} für eine Überlastung. Insofern kann der Fachmann auch den Tragrollentyp auswählen bzw. die Tragrolle dimensionieren.

Für die jeweilige Parameterstudie kann unter Bezugnahme auf spezifische Anlagenkonfigurationen ein Parameter p_0' definiert werden, welcher insbesondere unter Berücksichtigung der Steifigkeit bzw. Eigenkompensationsfähigkeit der Abstützstruktur einen Prozentanteil von gar nicht belasteten Tragrollen abbildet (kontaktfreie Tragrollen, insbesondere aufgrund einer von der Soll-Position zu stark abweichenden tatsächlichen Höhenposition).

Der Fachmann kann ausgehend von Erkenntnissen aus derartigen Parameterstudien entscheiden, inwieweit es zweckdienlich ist, die Längsposition der Tragrollen und/oder deren Montage-Genauigkeit in Höhenrichtung und/oder deren Belastbarkeit bzw. Größe für den jeweils individuellen Anwendungsfall anzupassen.

- In Fig. 8 ist eine weitere Parameterstudie bezüglich der Effekte eines größeren Längsabstandes der Tragrollen und/oder einer verbesserten Eigenkompensation (insbesondere Federeffekt) der konstruktiven Abstützung der Tragrollen veranschaulicht. Dabei bleibt die Montagetoleranz der Tragrollen (linker oberer Graph) gleich wie in Fig. 7, aber der linke untere gestrichelte Verlauf (Strichlinie mit beispielhaftem linearen Verlauf der von der jeweiligen Tragrolle aufgenommenen Kraft F in Abhängigkeit von einer Höhenposition z) wird deutlich flacher als die durchgehende Linie (übernommen aus der Fig.7), was gleichzeitig zur Erhöhung der mittleren Tragrollenbelastung (F_0') und der maximal zulässigen Höhenabweichung der Tragrolle sowohl nach unten ($\Delta z_{min}'$) als auch nach oben ($\Delta z_{krit}'$) führt. Bedingt durch den größeren Längsabstand zwischen den Tragrollen erhöht sich der Gurtdurchhang, bildlich gesprochen wird die Gurtsteifigkeit geringer. Die durchgehende Linie im rechten oberen Graphen entspricht der Referenzkurve aus Fig. 7, und die Strichlinie entspricht einer/der alternativen Anordnung der Tragrollen mit größerem Längsabstand. Die durchgehende Linie aus dem Diagramm $F(\Delta z)$ korreliert dabei mit der durchgehenden Linie aus dem Diagramm $P(F)$, und die Strichlinie aus dem Diagramm $F(\Delta z)$ korreliert mit der Strichlinie aus dem Diagramm $P(F)$.
- Es ist ersichtlich, dass die Kurve (Strichlinie) bzw. der Verlauf der kraftabhängigen Ausfallwahrscheinlichkeit $P(F)$ in dieser spezifischen Parameterstudie im Graphen oben rechts steiler wird als im Vergleich zur Fig. 7. Anders ausgedrückt: Die Ausfallwahrscheinlichkeit ist, zumindest bei besonders hohen Belastungen (F), bei einer Anlagenkonfiguration gemäß Fig. 8 sensibler bezüglich der auf die Tragrollen wirkenden Belastung (Kraft). Bei vergleichsweise niedrigen Belastungen hingegen kann die Ausfallwahrscheinlichkeit gesenkt werden, was dadurch begründet werden kann, dass die Tragrollen auch bei fehlerhafter Montage homogener belastet werden als bei einer Anordnung der Tragrollen mit kleinerem Längsabstand. Für eine durchschnittliche Wahrscheinlichkeit P (hier beispielsweise 50%) bzw. für eine durchschnittliche Montage- und Positionsgenauigkeit kann unter Bezugnahme auf den beispielhaften Kurvenverlauf der durchgehenden Linie und der Strichlinie demnach eine Erhöhung der mittleren Belastung ΔF_0 erwartet werden, wobei die

durchgehende Linie als Referenzlinie für die jeweils betrachtete Anlage bezeichnet werden kann.

- Die Parameterstudie gemäß Fig. 7 und 8 zeigt auch, dass eine Anlage flexibler wird
5 bzw. eine vorteilhaftere Eigenkompensation aufweist, wenn die Tragrollen in
Abhängigkeit der erwartungsgemäßen Belastung in vorteilhaften Relativpositionen
angeordnet werden, sei es aufgrund der Konstruktion, sei es durch geschickte Wahl
der Tragrollenlängsabstände. Am Beispiel einer Förderbandanlage kann dies auch
wie folgt beschrieben werden: Speziell im Bereich von großen Belastungen, z.B.
10 wenn das Förderband voll beladen ist mit Material hoher Dichte, kann sich eine
Eigenkompensation der Anlage und/oder ein vergleichsweise großer Längsabstand
der Tragrollen besonders positiv auswirken, insbesondere da die Tragrollen allesamt
vergleichsweise homogen belastet werden. Freilich hängt der Effekt auch vom Typ
und von der Dimensionierung der Tragrollen ab, und nicht zuletzt auch vom
15 dauerhaften Belastungszustand bzw. diesbezüglichen Variationen. Diese
Parameterstudie kann also illustrieren, dass bei dem untersuchten Anlagentyp
insbesondere dank Eigenkompensation von Belastungsspitzen ein guter
Sicherheitsfaktor und eine gute Betriebssicherheit sichergestellt werden können.
- 20 Im Vergleich zur Fig. 7 ist in Fig. 8 im linken unteren Graphen mittels der Strichlinie
ein flacherer Verlauf gezeigt, also eine kleinere Steigung der Kraftänderung in
Reaktion auf eine Variation der Höhenposition. Die kleinere Steigung beschreibt
beispielsweise eine kleinere Positions-Sensitivität (bei Höhenvariation kleinerer
Belastungseffekt) oder eine relativ flexiblere Struktur, also eine Abstützung mit
25 besserer Eigenkompensation und größerer Elastizität. Beispielsweise ist die
Belastung der einzelnen Tragrollen weniger sensibel hinsichtlich einer
Höhenpositionsänderung, wenn die Tragrollen in Längsrichtung vergleichsweise weit
auseinander positioniert sind (dann nämlich gibt es mehr Möglichkeiten für
strukturelle Eigenkompensation).
- 30 Die gemäß Fig. 8 untersuchte Förderbandanlage kann also auch für eine
vergleichsweise sensible Abhängigkeit der Belastung von der Höhenposition eine

geringere Ausfallwahrscheinlichkeit p_{krit} sicherstellen. Dabei wird mittels der Größen F_{krit} und Δz_{krit} auf die kritischen Kraftbeträge (Belastungen) und Montagetoleranzen oder anderweitig begründete Positionsänderungen in Z-Richtung Bezug genommen.

5

Basierend auf den in den Figuren beschriebenen Anordnungen und Abhängigkeiten können Optimierungs-Maßnahmen vorgenommen werden, insbesondere hinsichtlich maximaler Lebensdauer der Tragrollenanordnung, insbesondere hinsichtlich einer möglichst homogenen Verteilung der Lasten auf alle Tragrollen, insbesondere auch
10 betreffend die Anzahl der Tragrollen (Minimierung insbesondere aus Kostengründen), deren Längsabstand (Maximierung insbesondere aus Kostengründen), und/oder deren Höhenposition (Montage-Anforderungen). Die Optimierungs-Maßnahmen können an der Anlage selbst vorgenommen werden (insbesondere aktives Positionieren oder Nachjustieren gemäß vorgegebener Soll-
15 Positionen) oder auch rein simulativ ermittelt bzw. vorgeschlagen werden und hinsichtlich spezifischer Vorteile für eine jeweilige Anlagenkonfiguration gewichtet und priorisiert werden. So kann der Fachmann die einzelnen Maßnahmen gegeneinander abwägen und einen sinnvollen Kompromiss wählen.

Bezugszeichenliste:

	1	Material, insbesondere Schüttgut
	10	Förderbandanlage
	20	Tragrollenanordnung
5	21	Förderband
	23	Tragrolle
	24	Lager
	42	Federelement
	F	Kraft
10	P	Parameter (allgemein) für Längspositions-Vorgabe bzw. für Lebensdauer-Parameterstudie
	P0	Eingangs-Parameter (Randbedingung), insbesondere Soll-Verlaufskontur des Förderbandes, Soll-Positionsdaten der Tragrollen, zulässige Lagerbelastung, Lagergröße, Lagerlebensdauer gemäß Herstellerangaben oder Norm-Berechnung
15	P1	Förderband-Parameter, insbesondere Durchhang oder Steifigkeit
	P2	Kraft-Parameter, insbesondere Stützkraftänderung
	P3	Positions-Parameter, insbesondere Längs-, Höhen- und Querposition
	P4	Ausrichtungs-Parameter (Fehler-Parameter), insbesondere Soll-Ist-Abweichung in Positionsdaten
20	P5	erster Korrelations-Parameter, insbesondere Verhältniszahl aus der Varianz der Kraftmesswerte und dem Längsabstand
	P6	zweiter Korrelations-Parameter, insbesondere bezüglich Höhenposition und Stützkraft
25	P7	Lebensdauer-Parameter bzw. Ausfall-Wahrscheinlichkeits-Parameter
	$x_1, \dots, x_n$	Längsposition Tragrolle 1 bis n (erste und weitere Längsposition)
	Δx	relativer Längsabstand zu benachbarter Tragrolle
	$z_1, \dots, z_n$	Höhenposition Tragrolle 1 bis n (erste und weitere Höhenposition)

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Vorgeben des Längsabstandes von wenigstens drei Tragrollen, die unterhalb eines Förderbandes (21) einer Förderbandanlage (10) angeordnet sind/werden, wobei die Längsposition (x_1) einer ersten Tragrolle (23) relativ zu einer
5 Längsposition (x_n) von wenigstens zwei weiteren Tragrollen (23) vorgegeben wird, wobei die in der jeweiligen Längsposition vom Förderband auf die Tragrolle(n) ausgeübte Belastung, insbesondere Druckkraft (F), ermittelt oder zumindest rechnerisch berücksichtigt wird, wobei eine Mehrzahl von längspositionsabhängigen Belastungsparametern für die Belastung der jeweiligen Tragrolle in Bezug auf eine
10 Mehrzahl von unterschiedlichen tatsächlichen oder rechnerisch vorgegebenen Längsabständen zwischen den Tragrollen ermittelt wird, und wobei diese längspositionsabhängigen Belastungsparameter derart mit einer Vertikalkoordinate der jeweiligen Tragrolle oder mit einer Montagetoleranz in vertikaler Richtung korreliert werden, dass eine statistische Varianz einer/der positionsabhängig auf die Tragrollen
15 wirkenden Belastung bzw. Zusatzbelastung als Parameter zum Vorgeben eines/des belastungsoptimierten Längsabstandes der Tragrollen berücksichtigt wird oder berücksichtigbar ist.
2. Verfahren nach dem vorhergehenden Verfahrensanspruch, wobei ein erster
20 statistischer längspositionsabhängiger Belastungsparameter für die Belastung der jeweiligen Tragrolle in Bezug auf einen ersten Längsabstand zwischen den Tragrollen ermittelt wird, wobei ein zweiter statistischer längspositionsabhängiger Belastungsparameter für die Belastung der Tragrollen in Bezug auf einen zweiten Längsabstand zwischen den Tragrollen größer dem ersten Längsabstand ermittelt wird,
25 wobei der erste und zweite Belastungsparameter jeweils mit einer Vertikalkoordinate der jeweiligen Tragrolle oder mit einer Montagetoleranz in vertikaler Richtung korreliert werden.
3. Verfahren nach dem vorhergehenden Verfahrensanspruch, wobei die
30 Längsposition der jeweiligen Tragrolle gemäß dem zweiten Längsabstand als Funktion der Vertikalkoordinate oder Montagetoleranz in vertikaler Richtung vorgegeben wird, wenn der zweite Belastungsparameter der jeweiligen Tragrolle eine geringere Belastung korreliert als der erste Belastungsparameter.

4. Verfahren zum Vorgeben einer ersten Längsposition (x_1) einer Tragrolle (23) relativ zu einer zweiten Längsposition (x_n) wenigstens einer weiteren Tragrolle (23) jeweils unterhalb eines Förderbandes (21) einer Förderbandanlage (10), wobei die in der
5 jeweiligen Längsposition vom Förderband auf die Tragrolle(n) ausgeübte Kraft (F) ermittelt wird, und wobei basierend auf den ermittelten Kraftwerten ein Längsabstand (Δx) zwischen den einzelnen Längspositionen vorgegeben wird; wobei die jeweilige Längsposition in Abhängigkeit sowohl von den längspositionsspezifischen Kraftwerten (F) als auch von wenigstens einer Raumkoordinate (z_1, z_n) der jeweiligen Tragrolle (23)
10 in relativem Längsabstand (Δx) zu wenigstens einer benachbarten Längsposition und in wenigstens einer Raumrichtung (z) quer zur Längserstreckung (x) des Förderbandes vorgegeben wird, insbesondere derart belastungsoptimiert, dass die Tragrollen (23) in einer Anordnung mit maximaler Lebensdauer der Tragrollen (23) und/oder minimaler Ausfallwahrscheinlichkeit vorgesehen werden, insbesondere indem der Längsabstand
15 als Funktion der längspositionsspezifischen Kraft antiproportional zum Kraftbetrag definiert wird.

5. Verfahren zum Vorgeben der Längsposition ($x_1, \dots, x_n$) einer oder mehrerer Tragrollen (23) eines Förderbandes (21) einer Förderbandanlage (10), wobei die in der
20 jeweiligen Längsposition vom Förderband auf die Tragrolle(n) ausgeübte Kraft (F) basierend auf einem ersten zunächst angenommenen Längsabstand (Δx) bis zur benachbarten Tragrolle ermittelt wird, und wobei eine gewünschte oder erforderliche minimale Lebensdauer der Tragrollen, insbesondere von Tragrollenlagern, unter Bezugnahme auf den ersten zunächst angenommenen Längsabstand rechnerisch
25 nachgewiesen wird, wobei die längspositionsspezifische Kraft bzw. Belastung (F) der jeweiligen Tragrolle (23) unter Berücksichtigung von Installations- oder Montagetoleranzen der Tragrollen in wenigstens einer Raumrichtung (y, z) quer zur Längserstreckung (x) des Förderbandes als statistisch verteilte Größe in Abhängigkeit von einem zweiten, alternativ angenommenen Längsabstand (Δx) bis zur benachbarten
30 Tragrolle, insbesondere einem größeren Längsabstand als dem ersten angenommenen Längsabstand, derart bestimmt wird und/oder wobei die Tragrollenlängsabstände (Δx) derart optimiert werden, dass für die gesamte Förderbandanlage (10) oder für eine vordefinierte Förderbandstrecke eine/die Ausfallwahrscheinlichkeit der Tragrollen (23) bei in Längsrichtung (x) optimierter Tragrollenanordnung minimiert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei die jeweilige Längsposition in Abhängigkeit von einer vordefinierbaren Installations- oder Montagepositionstoleranz bezüglich wenigstens einer Raumrichtung (x, y, z) vorgegeben wird; und/oder wobei die Kraft in der jeweiligen Längsposition in
5 wenigstens zwei oder in allen drei Raumrichtungen ermittelt/erfasst wird; und/oder wobei die jeweilige Position der jeweiligen Tragrollen (23) nicht nur in Längsrichtung, sondern auch in wenigstens einer weiteren Raumrichtung vorgegeben wird, nämlich auch in einer Richtung (z) orthogonal zur Längsrichtung und/oder zumindest annähernd parallel zur Schwerkraftrichtung.

10

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei die Kraftwerte mehrerer Tragrollen (23) einer jeweiligen Längsposition ermittelt/erfasst und relativ zueinander korreliert werden, insbesondere bezüglich an einzelnen Längspositionen gebildeten Tragrollen-Gruppen umfassend wenigstens drei Tragrollen
15 mit jeweils individueller räumlicher Ausrichtung; und/oder wobei ein Stützkraftänderungs-Parameter (P2) in einer jeweiligen Längsposition mit einer jeweiligen Gruppe von Tragrollen (23) korreliert wird, insbesondere bezüglich der Höhenposition der Tragrollen oder in Abhängigkeit von relativen Höhenpositionsänderungen bezüglich weiterer Tragrollen oder Gruppen.

20

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei ein Banddurchhang ermittelt/erfasst oder vorgegeben wird und wobei ein Banddurchhang-Parameter (P1) mit dem jeweiligen relativen Längsabstand korreliert wird; und/oder wobei eine Bandquersteifigkeit ermittelt/erfasst wird und wobei ein Bandquersteifigkeits-
25 Parameter (P1) mit dem jeweiligen relativen Längsabstand korreliert wird, insbesondere auf proportionale Weise.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei eine Abweichung der Anordnung der Tragrollen (23) an den einzelnen Längspositionen im
30 Vergleich zu einem ermittelten oder momentanen messtechnisch erfassten Verlauf des Förderbandes (21) ermittelt/erfasst wird, insbesondere bezüglich der Unterseite des Förderbandes, insbesondere bezüglich wenigstens eines Positionsparameters (P3) umfassend eine Raumrichtung quer zur Längserstreckung des Förderbandes, insbesondere auch in Schwerkraftrichtung; und/oder wobei ein
35 Relativpositionsparameter (P3, P4) bestimmt wird, mittels welchem die Höhen- oder Querposition einer jeweiligen Kraft mit dem betragsmäßigen Kraftwert null korreliert

wird; und/oder wobei beim Vorgeben der Position eine Wahrscheinlichkeit berücksichtigt wird, welche einen Betrag einer Abweichung einer Höhenposition einer jeweiligen Tragrolle (23) von der Soll-Position und eine Stützkraft gleich null korreliert.

- 5 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei die Tragrollen in Gruppen von wenigstens zwei oder wenigstens drei Tragrollen (23) je Längsposition in wenigstens 10, 20, 30 oder 50 Gruppen mit einem Längsabstand von jeweils mindestens 1m, insbesondere mindestens 1,5m entlang der Längserstreckung des Förderbandes (21) angeordnet sind/werden, insbesondere auch bezüglich
- 10 wenigstens einer Raumrichtung quer zur Längserstreckung; und/oder wobei eine Position der jeweiligen Tragrolle basierend auf Soll-Positionsdaten für eine Gruppe von wenigstens zwei oder drei Tragrollen mit demselben Stützkraftmittelwert vorgegeben wird, insbesondere bei Tragrollen mit derselben Höhenposition oder derselben Höhenpositions-Abweichung.

- 15
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei die Tragrollen in Längsrichtung positioniert werden oder deren Längsposition variiert wird, insbesondere jeweils einzeln relativ zueinander, insbesondere durch Translation, insbesondere mittels wenigstens eines von einer Steuerungs-/Regelungseinrichtung der
- 20 Förderbandanlage angesteuerten Aktuators; und/oder wobei die Tragrollen in wenigstens einer Richtung quer zur Längsrichtung positioniert werden oder zumindest deren Höhenposition variiert wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei die
- 25 jeweilige Längsposition für wenigstens ein Lager der jeweiligen Tragrolle (23) vorgegeben wird, insbesondere indem die entsprechenden Messwerte oder Parameter (P) in ein für die Bestimmung der Lagerlebensdauer standardmäßig vorgesehenes Berechnungsschema implementiert werden.

- 30 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei ein Toleranzbereich für die Höhenposition einer jeweiligen Tragrolle (23) definiert wird, basierend auf welchem Toleranzbereich eine Lebensdauer prognostiziert oder eine/die Förderbandanlage für eine vordefinierbare Soll-Mindestlebensdauer eingestellt wird, insbesondere bezüglich Raumkoordinaten einer jeweiligen Tragrolle umfassend eine
- 35 Längsposition oder einen Längsabstand zu wenigstens einer weiteren Tragrolle.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei ein Lebensdauer-Parameter (P7) zumindest basierend auf den folgenden Schritten in der folgenden Abfolge ermittelt wird:

- 5 -Erfassen oder Vorgeben eines Banddurchhangs und Korrelieren eines Banddurchhang-Parameters (P1) mit dem jeweiligen relativen Längsabstand;
- Erfassen eines zeitlichen Verlaufs der Kraftwerte und Korrelieren der Kraftwerte mit spezifischen Höhenpositionen der einzelnen Tragrollen;
- Korrelieren einer vorgegebenen Höhenpositions-Toleranz mit einem Ausrichtungs-Parameter (P4) zum Ermitteln eines relativen Ausrichtungsfehlers, insbesondere je
- 10 Längsposition;
- Ermitteln der Stützkraft-Varianz (P2) als Funktion von der Höhenpositions-Toleranz;
- Ermitteln einer Wahrscheinlichkeit (P6) für kontaktlose unbelastete Tragrollen basierend auf dem Ausrichtungs-Parameter, insbesondere in Abhängigkeit der Höhenpositions-Toleranz;
- 15 -Ermittlung einer Belastung oder einer Verteilung der Belastung auf Tragrollen einzelner Gruppen;
- Ermittlung der Lebensdauer oder eines/des Lebensdauer-Parameters (P7) für die Tragrollen, insbesondere für alle Tragrollen einer jeweiligen Förderbandanlage.

- 20 15. Verwendung einer Logikeinheit zum Korrelieren von längspositionsspezifischen Kraftwerten (F) einzelner Tragrollen (23) einer Förderbandanlage (10) mit dem Längsabstand (Δx) der Tragrollen relativ zueinander, insbesondere bei einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei beim Korrelieren eine Verhältniszahl aus der Varianz der Kraftwerte und dem Längsabstand gebildet wird, und
- 25 wobei ein Soll-Längsabstand zwischen den Tragrollen proportional oder zumindest gleichläufig zur Größe der Varianz vorgegeben wird, und wobei der Längsabstand als Funktion von Positionsdaten der jeweiligen Tragrolle in wenigstens einer weiteren Raumrichtung (z) quer zur Längserstreckung (x) des Förderbandes (21) vorgegeben wird, insbesondere derart, dass eine Lebensdauer der Förderbandanlage (10)
- 30 maximiert wird und/oder eine Ausfallwahrscheinlichkeit von Tragrollen minimiert wird.

16. Computerprogrammprodukt eingerichtet zum Vorgeben einer ersten Längsposition (x_1) einer Tragrolle (23) relativ zu einer zweiten Längsposition (x_n) einer weiteren Tragrolle (23) jeweils unterhalb eines Förderbandes (21) einer Förderbandanlage (10),
- 35 insbesondere eingerichtet zum Ausführen eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wenn das Verfahren zum Vorgeben oder

Optimieren von Positionskoordinaten (x , z) von Tragrollen (23) auf einem Computer ausgeführt, wobei Tragrollen-spezifische Kraftwerte (F) und Positionsdaten (x , z) der Tragrollen jeweils umfassend wenigstens zwei Raumkoordinaten, insbesondere alle drei Raumkoordinaten der jeweiligen Tragrolle, derart korreliert werden, dass ein Lebensdauer-Parameter ($P7$) für eine jeweilige Tragrolle (23) oder für eine gesamte Förderbandanlage (10) als Funktion des relativen Längsabstandes (Δx) der Tragrollen ermittelbar ist, insbesondere zwecks Vorgabe eines belastungsoptimierten Längsabstandes (Δx) für maximale Lebensdauer und/oder minimale Ausfallwahrscheinlichkeit durch Ermitteln eines vom Längsabstand und wenigstens einer weiteren Positionscoordinate, insbesondere Höhencoordinate, abhängigen Lebensdauer-Parameters ($P7$).

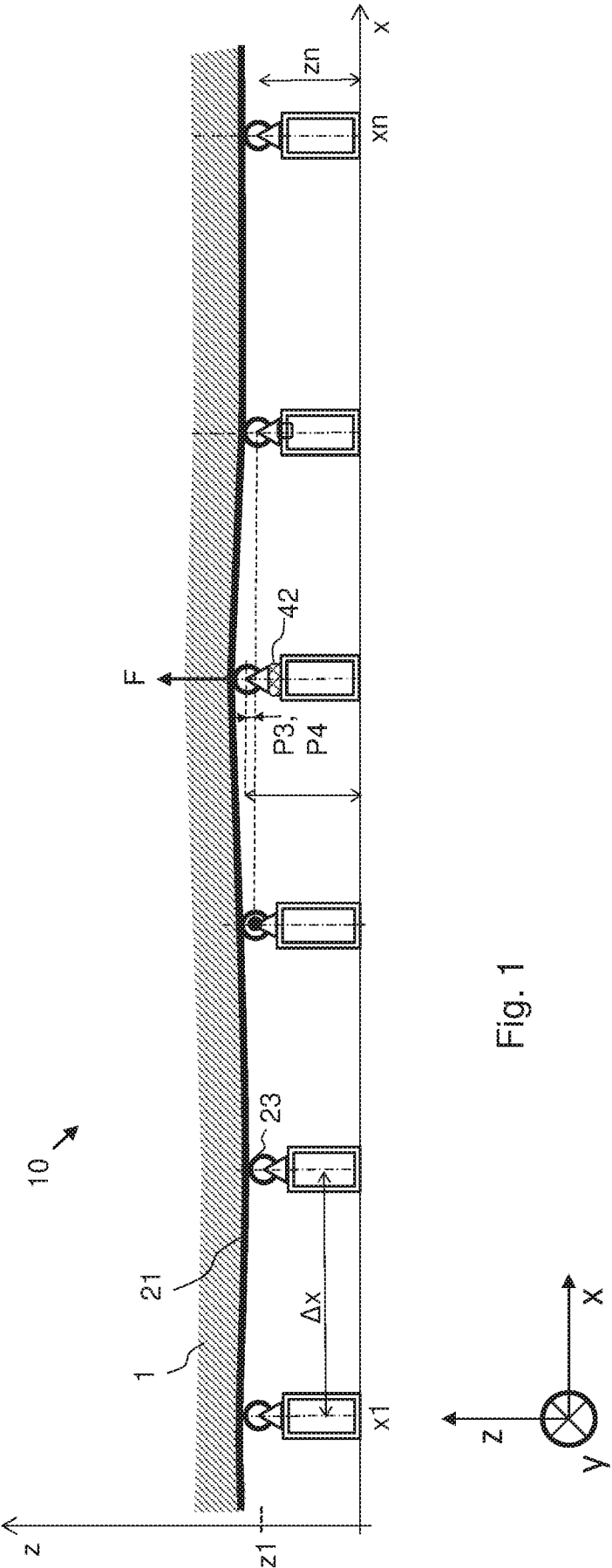
17. Förderbandanlage (10) mit Tragrollenanordnung (20), eingerichtet zum Transportieren von Material (1), insbesondere Schüttgut, über eine Längserstreckung von vielen Metern oder gar einem oder mehreren Kilometern, mit:

- wenigstens einem Förderband (21);
- einer Mehrzahl von Tragrollen (23), von denen jeweils wenigstens eine Tragrolle jeweils an einer vorgegebenen/vorgebbaren Längsposition (x_1 , x_n) des Förderbandes unterhalb und/oder seitlich vom Förderband zum Abstützen des Förderbandes positioniert ist/sind;
- wenigstens einer Kraftmesseinrichtung eingerichtet zum Erfassen der in einer/der jeweiligen Längsposition vom Förderband auf die Tragrolle(n) ausgeübten Kraft (F);
- einer an die Kraftmesseinrichtung gekoppelten Logikeinheit eingerichtet zum Korrelieren der einzelnen Kraftmesswerte in Bezug auf die jeweilige Position;

wobei die Förderbandanlage eingerichtet ist zum Ermitteln von Positionsdaten einer jeweiligen Tragrolle in wenigstens zwei Raumrichtungen;

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die jeweilige Längsposition in Abhängigkeit von den Kraftmesswerten vorgegeben/vorgebbar ist, wobei die jeweilige Längsposition in relativem Längsabstand (Δx) zu wenigstens einer benachbarten Längsposition vorgegeben/vorgebbar ist, und wobei der Längsabstand als Funktion sowohl der längspositionsspezifischen Kraft (F) als auch wenigstens einer Raumcoordinate (z_1 , z_n) der jeweiligen Tragrolle (23) in wenigstens einer Raumrichtung quer zur Längserstreckung (x) des Förderbandes definiert ist, insbesondere in Höhenrichtung, insbesondere antiproportional zum Kraftbetrag.

18. Förderbandanlage (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Förderbandanlage (10) eingerichtet ist zum Ausführen eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, insbesondere indem die Tragrollen (23) in Längs- und Höhenrichtung in Abhängigkeit von einem maximierten Lebensdauerparameter und/oder einem minimierten Ausfallwahrscheinlichkeits-Parameter angeordnet sind/werden.
- 5



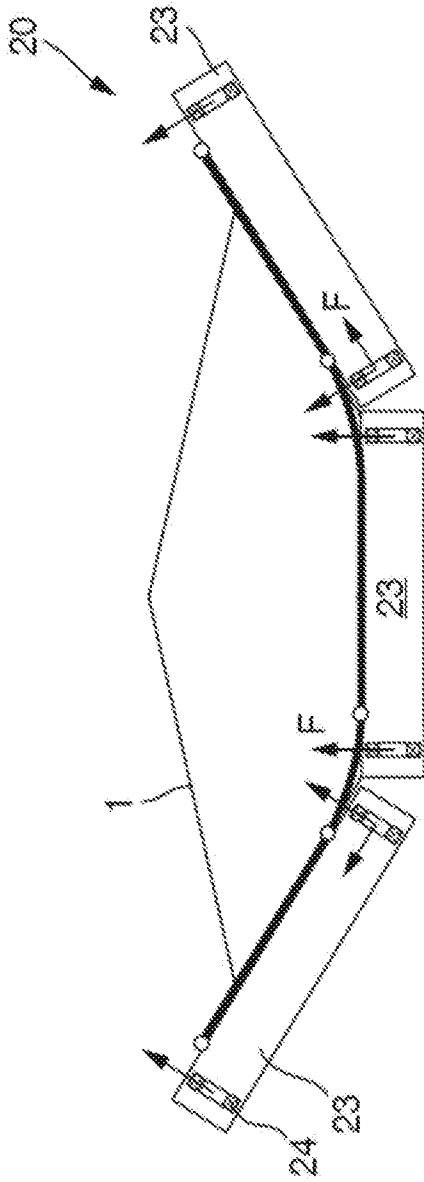


Fig. 2

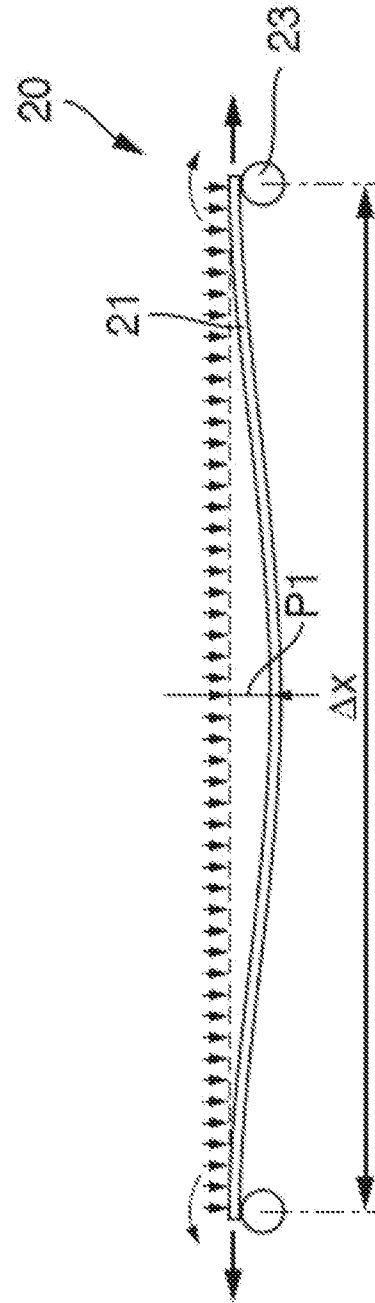
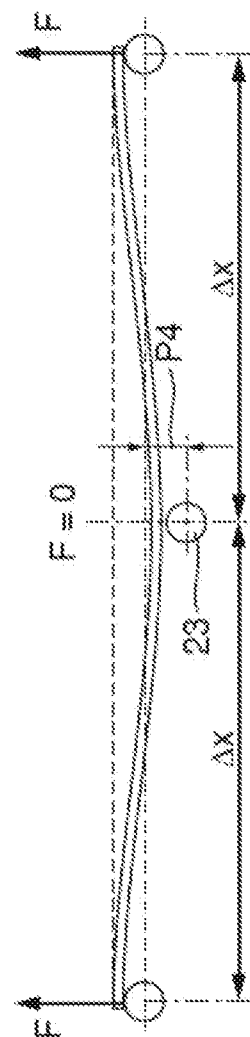
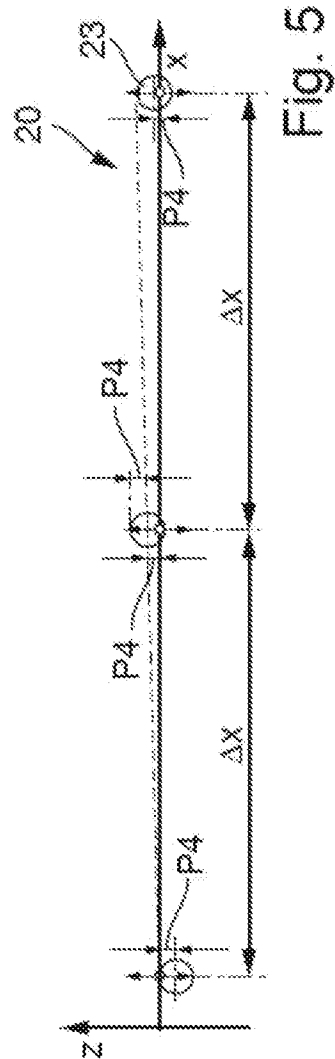
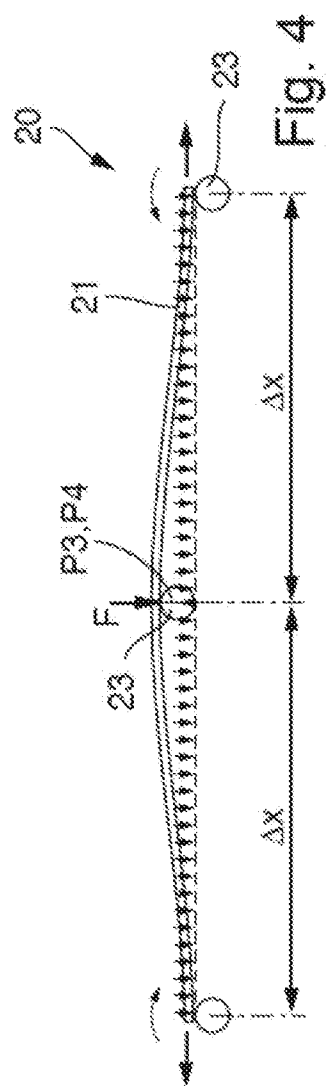


Fig. 3



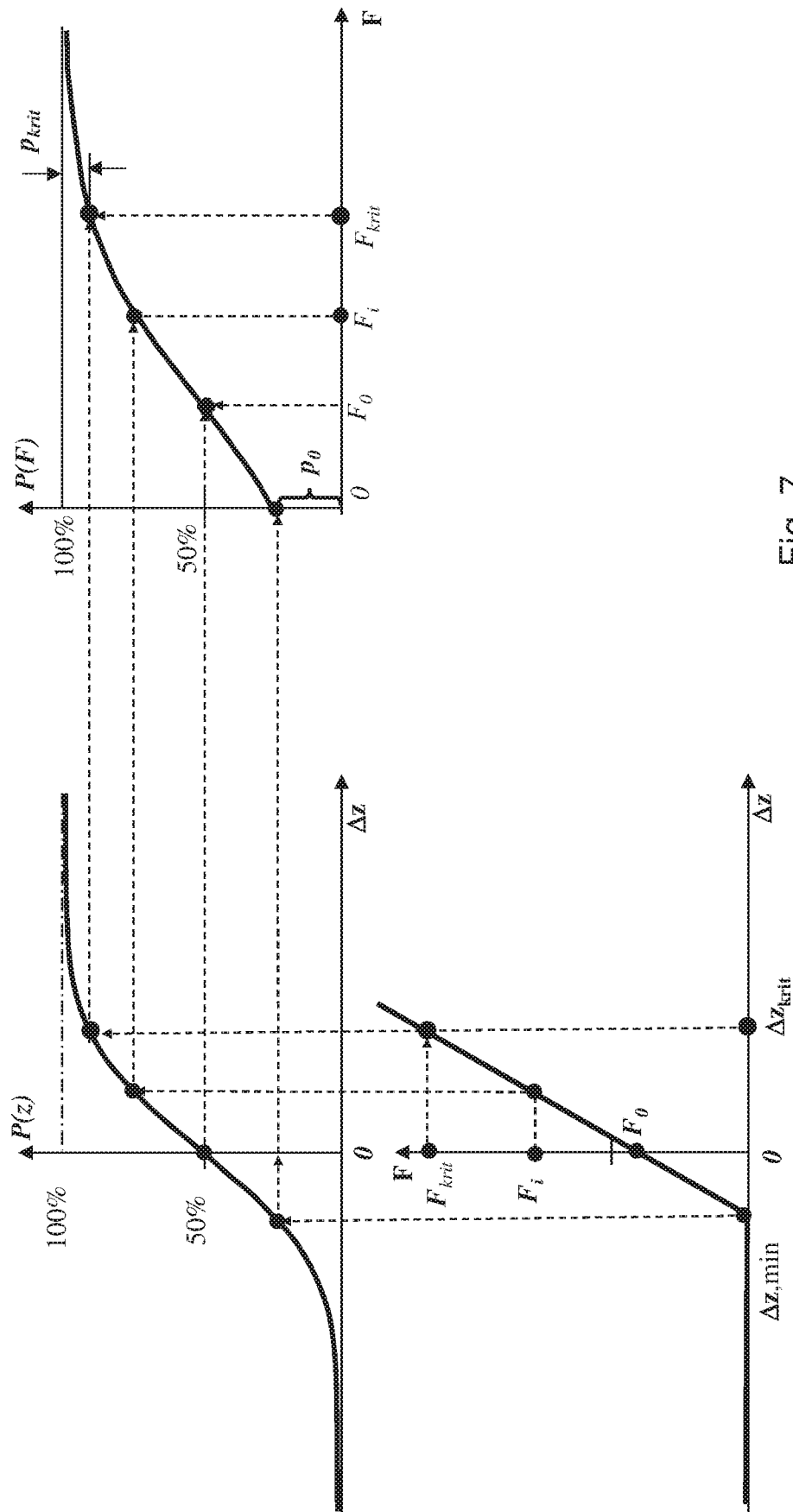


Fig. 7

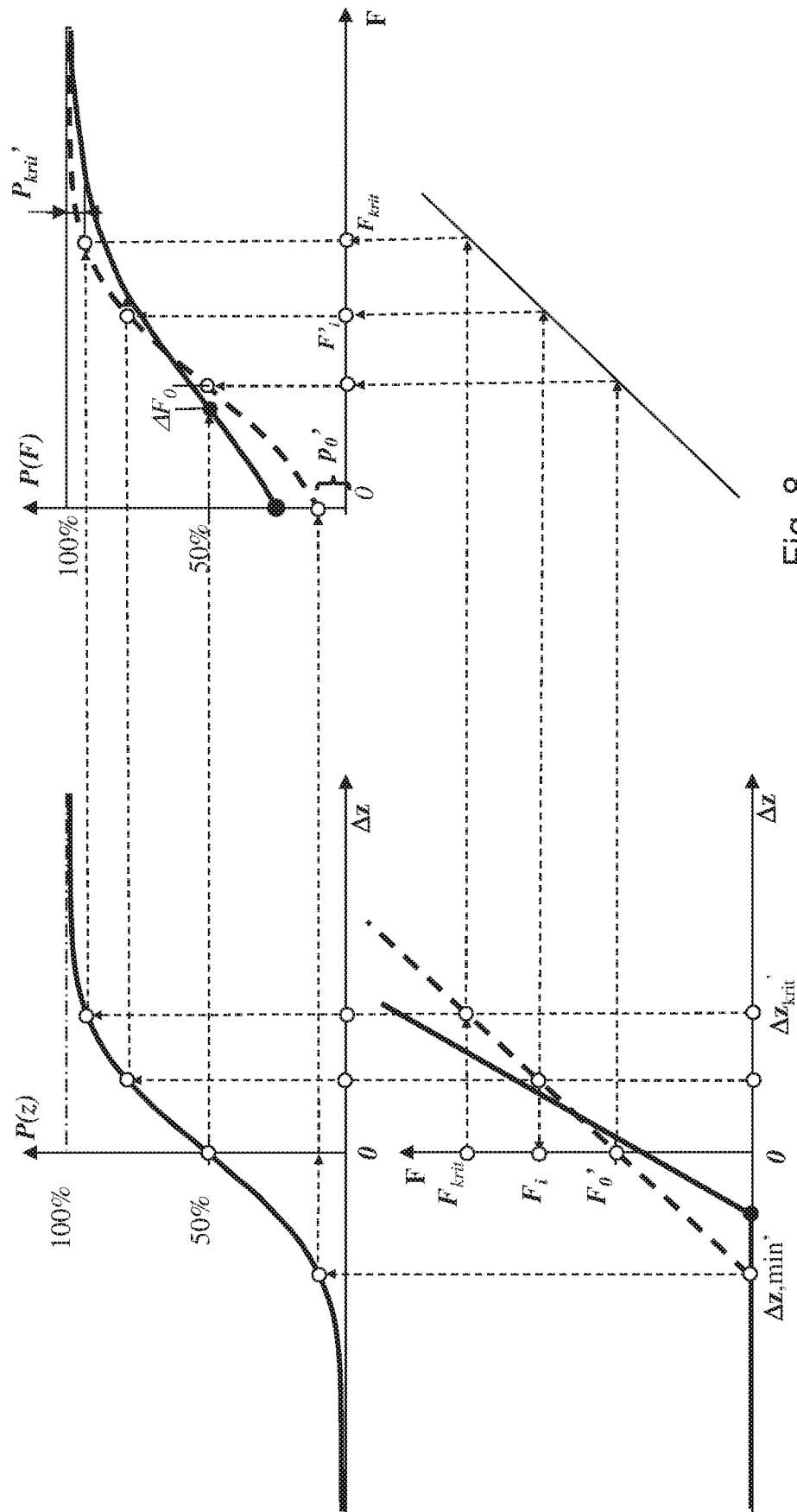


Fig. 8

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

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

KENNZEICHNUNG DER NATIONALEN ANMELDUNG	AKTENZEICHEN DES ANMELDERS ODER ANWALTS 190753P00BE
Nationales Aktenzeichen 202005034	Anmeldedatum 17-01-2020
Anmeldeland	Beanspruchtes Prioritätsdatum
Anmelder (Name) thyssenkrupp Industrial Solutions AG, et al	
Datum des Antrags auf eine Recherche Internationaler Art 22-02-2020	Nummer, die die internationale Recherchenbehörde dem Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat SN75575
I. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (treffen mehrere Klassifikationssymbole zu, so sind alle anzugeben)	
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC Siehe Recherchenbericht	
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE	
Recherchierter Mindestprüfstoff	
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
IPC	Siehe Recherchenbericht
Recherchierte, nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen	
III. ☐ EINIGE ANSPRÜCHE HABEN SICH ALS NICHT RECHERCHIERBAR ERWIESEN (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)	
IV. ☐ MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B65G15/60 B65G43/02
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 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 VERÖFFENTLICHUNGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2005/139456 A1 (KITAMURA MAKOTO [JP]) 30. Juni 2005 (2005-06-30)	4,17,18
A	* Absätze [0008], [0032], [0035], [0040], [0041] * * Absatz [0081] - Absatz [0090] * * Abbildungen 1-5,14-16 *	1-3,5-16
A	WO 2012/021059 A1 (CCM BEHEER BV [NL]; BELTMAN AREND-JAN JOHAN [NL] ET AL.) 16. Februar 2012 (2012-02-16) * Seite 4, Zeile 6 - Zeile 9 * * Seite 7, Zeile 16 - Zeile 25 * * Seite 8, Zeile 22 - Zeile 31 * * Seite 12, Zeile 34 - Seite 13, Zeile 23 * * Seite 15, Zeile 8 - Zeile 26 * * Abbildungen 1-3 * ----- -/-	1-18



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des tatsächlichen Abschlusses der Recherche internationaler Art

30. September 2020

Absendedatum des Berichts über die Recherche internationaler Art

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

He, Alexander

C.(Fortsetzung). ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2015 008219 A1 (TEXMAG GMBH VERTRIEBSGESELLSCHAFT [CH]) 29. Dezember 2016 (2016-12-29) * Absätze [0002], [0003], [0029], [0030] *	1-18
A	----- EP 2 377 787 A1 (VOEGELE AG J [DE]) 19. Oktober 2011 (2011-10-19) * Absätze [0008], [0020] - [0022]; Abbildungen *	1

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche

BE 202005034

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005139456	A1	30-06-2005	JP 3910173 B2 25-04-2007
			JP 2005189702 A 14-07-2005
			US 2005139456 A1 30-06-2005

WO 2012021059	A1	16-02-2012	BR 112013004068 A2 05-07-2016
			CN 103201200 A 10-07-2013
			EP 2603445 A1 19-06-2013
			ES 2536527 T3 26-05-2015
			IL 224669 A 30-04-2018
			JP 5756177 B2 29-07-2015
			JP 2013535387 A 12-09-2013
			NL 2005222 C2 14-02-2012
			US 2013284567 A1 31-10-2013
			WO 2012021059 A1 16-02-2012

DE 102015008219	A1	29-12-2016	KEINE

EP 2377787	A1	19-10-2011	CN 102858660 A 02-01-2013
			EP 2377787 A1 19-10-2011
			JP 5886829 B2 16-03-2016
			JP 2013527098 A 27-06-2013
			PL 2377787 T3 30-08-2013
			US 2013092512 A1 18-04-2013
			WO 2011128112 A1 20-10-2011



SCHRIFTLICHER BESCHEID

Dossier Nr. SN75575	Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 17.01.2020	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)	Anmeldung Nr. BE202005034
Internationale Patentklassifikation (IPK) INV. B65G15/60 B65G43/02			
Anmelder thyssenkrupp Industrial Solutions AG, et al			

Dieser Bescheid enthält Angaben und entsprechende Seiten zu folgenden Punkten:

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

Formblatt BE237A (Deckblatt) (Januar 2007)	Prüfer He, Alexander
--	-------------------------

SCHRIFTLICHER BESCHEID

Anmeldung Nr.
BE202005034

Feld Nr. I Grundlage des Bescheids

1. Dieser Bescheid wurde auf der Grundlage des vor dem Beginn der Recherche eingereichten Satzes von Ansprüchen erstellt.
2. Hinsichtlich der **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz**, die in der Anmeldung offenbart wurde, ist der Bescheid auf folgender Grundlage erstellt worden:
 - a. Art des Materials:
 - ☐ Sequenzprotokoll
 - ☐ Tabelle(n) zum Sequenzprotokoll
 - b. Form des Materials:
 - ☐ in Papierform
 - ☐ in elektronischer Form
 - c. Zeitpunkt der Einreichung:
 - ☐ in der eingereichten Anmeldung enthalten
 - ☐ zusammen mit der Anmeldung in elektronischer Form eingereicht
 - ☐ nachträglich eingereicht
3. ☐ Wurden mehr als eine Version oder Kopie eines Sequenzprotokolls und/oder einer dazugehörigen Tabelle eingereicht, so sind zusätzlich die erforderlichen Erklärungen, dass die Information in den nachgereichten oder zusätzlichen Kopien mit der Information in der Anmeldung in der eingereichten Fassung übereinstimmt bzw. nicht über sie hinausgeht, vorgelegt worden.
4. Zusätzliche Bemerkungen:

SCHRIFTLICHER BESCHEID

Anmeldung Nr.
BE202005034

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

1. Feststellung

Neuheit	Ja: Ansprüche 1-3, 5-16 Nein: Ansprüche 4, 17, 18
Erfinderische Tätigkeit	Ja: Ansprüche 1-3, 5-16 Nein: Ansprüche 4, 17, 18
Gewerbliche Anwendbarkeit	Ja: Ansprüche: 1-18 Nein: Ansprüche:

2. Unterlagen und Erklärungen:

siehe Beiblatt

Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung

siehe Beiblatt

Zu Punkt V

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

Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1 US 2005/139456 A1 (KITAMURA MAKOTO [JP]) 30. Juni 2005
(2005-06-30)

1 Unabhängiger Anspruch 4

Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand des Anspruchs 4 nicht neu ist.

D1 zeigt:

Verfahren zum Vorgeben einer ersten Längsposition (Abs.41) einer Tragrolle (6) relativ zu einer zweiten Längsposition wenigstens einer weiteren Tragrolle (5) jeweils unterhalb eines Förderbandes (4) einer Förderbandanlage (Fig.1), wobei die in der jeweiligen Längsposition vom Förderband auf die Tragrolle(n) ausgeübte Kraft ermittelt wird (Abs.87), und wobei basierend auf den ermittelten Kraftwerten ein Längsabstand zwischen den einzelnen Längspositionen vorgegeben wird (Abs.88: Durch die Rotation der Tragrolle (6) wird auch dessen Längsposition verändert); wobei die jeweilige Längsposition in Abhängigkeit sowohl von den längspositionsspezifischen Kraftwerten als auch von wenigstens einer Raumkoordinate der jeweiligen Tragrolle (6) in relativem Längsabstand zu wenigstens einer benachbarten Längsposition und in wenigstens einer Raumrichtung quer zur Längserstreckung des Förderbandes vorgegeben wird (Durch die rotation der Tragrolle (6) ändert sich auch deren Ausrichtung in vertikaler und lateraler Richtung der Anlage, vgl. Abs.88) , ~~insbesondere derart belastungsoptimiert*~~, dass die Tragrollen (23) in einer Anordnung mit maximaler Lebensdauer der Tragrollen (23) und/oder minimaler Ausfallwahrscheinlichkeit vorgesehen werden (durch die Ausrichtung der Tragrolle (6) wird die Kraft auf dieselbe verringert und dadurch die Lebensdauer erhöht, vgl. Abs.88), ~~insbesondere indem der Längsabstand als Funktion der längspositionsspezifischen Kraft antiproportional zum Kraftbetrag definiert wird*~~.

* optionale Merkmale wurden gestrichen

Die abhängigen Ansprüche 6 bis 14 sind nicht klar. Den Ansprüchen fehlen die Mittel, um die beanspruchten Methoden durchzuführen. Es wird für den Fachmann beispielsweise nicht klar, wie die Kraft in drei Richtungen bestimmt oder wie der Banddurchhang festgestellt wird. Weiterhin sind vielfach mehrere und/oder-Kombinationen in den Ansprüchen enthalten, so dass nicht deutlich genug gemacht wird, was der begehrte Schutzzumfang ist.

2 Ansprüche 17,18

2.1 Unabhängiger Anspruch 17

Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand des Anspruchs 4 nicht neu ist.

D1 zeigt:

Förderbandanlage (Abb.1) mit Tragrollenanordnung (5,6,7), eingerichtet zum Transportieren von Material, insbesondere Schüttgut, über eine Längserstreckung von vielen Metern oder gar einem oder mehreren Kilometern, mit:

- wenigstens einem Förderband (4);
- einer Mehrzahl von Tragrollen (5,6,7), von denen jeweils wenigstens eine Tragrolle jeweils an einer vorgegebenen/vorgebbaren Längsposition des Förderbandes unterhalb (Fig.1) und/oder seitlich vom Förderband zum Abstützen des Förderbandes positioniert ist/sind;
- wenigstens einer Kraftmesseinrichtung (25) eingerichtet zum Erfassen der in einer/der jeweiligen Längsposition vom Förderband auf die Tragrolle(n) ausgeübten Kraft (Abs.87);
- einer an die Kraftmesseinrichtung gekoppelten Logikeinheit (Abs.88: eine Logikeinheit muss implizit vorhanden sein) eingerichtet zum Korrelieren der einzelnen Kraftmesswerte in Bezug auf die jeweilige Position; wobei die Förderbandanlage eingerichtet ist zum Ermitteln von Positionsdaten einer jeweiligen Tragrolle in wenigstens zwei Raumrichtungen *; und wobei die jeweilige Längsposition in Abhängigkeit von den Kraftmesswerten vorgegeben/vorgebbar ** ist, wobei die jeweilige Längsposition in relativem Längsabstand zu wenigstens einer benachbarten Längsposition vorgegeben/vorgebbar ** ist, und wobei der Längsabstand als Funktion sowohl der längspositionsspezifischen Kraft als auch wenigstens einer

Raumkoordinate der jeweiligen Tragrolle (23) in wenigstens einer Raumrichtung quer zur Längserstreckung des Förderbandes definiert ist, ~~*** insbesondere in Höhenrichtung, insbesondere antiproportional zum Kraftbetrag.~~

Anmerkungen:

* Der Anspruch entspricht nicht dem Erfordernis der Klarheit, da der Gegenstand des Schutzbegehrens nicht klar definiert ist. In dem Anspruch wird versucht, den Gegenstand durch das zu erreichende Ergebnis zu definieren; damit wird aber lediglich die zu lösende Aufgabe angegeben, ohne die für die Erzielung dieses Ergebnisses notwendigen technischen Merkmale zu nennen. Konkret wird nicht klar, welche technischen Merkmale die Ermittlung der Positionsdaten einer Tragrolle möglich machen.

** Grundsätzlich ist jede Längsposition vorgebbar, da dies lediglich bedeutet, dass sie vorgegeben werden kann. In der D1 wird der Längsabstand tatsächlich mit Hilfe der Feder (11) vorgegeben wird, vgl. Abs.41,45.

*** Wie bereits bezüglich Anspruch 1 analysiert, verändert sich aufgrund der Kraftmessung die vertikale Position der Rolle (6) und dadurch auch der Längsabstand zu den übrigen Rollen (5,7), vgl. Abs.85-88.

2.2 Anspruch 18

Die Förderbandanlage ist selbstverständlich eingerichtet zum Ausführen des Verfahrens nach Anspruch 4, vgl. Analyse Abs.1 oben. Der Anspruch ist nicht neu.

2.3 Anspruch 1

D1 wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand des Anspruchs 1 angesehen. Es offenbart:

Verfahren zum Vorgeben des Längsabstandes von wenigstens drei Tragrollen (5,6,7), die unterhalb eines Förderbandes (4) einer Förderbandanlage (Fig.1) angeordnet sind/werden, wobei die Längsposition einer ersten Tragrolle (6) relativ zu einer Längsposition von

wenigstens zwei weiteren Tragrollen (5,7) vorgegeben wird, wobei die in der jeweiligen Längsposition vom Förderband auf die Tragrolle(n) ausgeübte Belastung, insbesondere Druckkraft, ermittelt (Abs.87) oder zumindest rechnerisch berücksichtigt wird.

Der Gegenstand des Anspruchs 1 unterscheidet sich somit von dem bekannten Verfahren dadurch, dass:

- eine Mehrzahl von längspositionsabhängigen Belastungsparametern für die Belastung der jeweiligen Tragrolle in Bezug auf eine Mehrzahl von unterschiedlichen tatsächlichen oder rechnerisch vorgegebenen Längsabständen zwischen den Tragrollen ermittelt wird, und wobei diese längspositionsabhängigen Belastungsparameter derart mit einer Vertikalkoordinate der jeweiligen Tragrolle oder mit einer Montagetoleranz in vertikaler Richtung korreliert werden, dass eine statistische Varianz einer/der positionsabhängig auf die Tragrollen wirkenden Belastung bzw. Zusatzbelastung als Parameter zum Vorgeben eines/des belastungsoptimierten Längsabstandes der Tragrollen berücksichtigt wird oder berücksichtigbar * ist,

und ist daher neu.

* Anmerkung:

Der Anspruch ist allerdings nicht klar, da keine wirksame Belastungsoptimierung vorgenommen werden kann, wenn der Parameter lediglich berücksichtig**bar** ist und nicht tatsächlich berücksichtigt wird. Die unterstrichene Passage sollte daher gestrichen werden.

Die mit der vorliegenden Erfindung zu lösende Aufgabe kann darin gesehen werden, eine verbesserte Belastungsanalyse und damit erhöhte Lebensdauer zu finden.

Die in Anspruch 1 der vorliegenden Anmeldung für diese Aufgabe vorgeschlagene Lösung beruht aus den folgenden Gründen auf einer erfinderischen Tätigkeit:

Die D1 offenbart nicht und legt auch nicht nahe, dass eine **Mehrzahl** von Parametern ausser der gemessenen Druckkraft genutzt werden könnte, um eine Belastungsoptimierung zu verwirklichen. Ausserdem findet keinerlei Korrelation mit einer Vertikalkoordinate statt. Zumindest eine Korrelation von längspositionsabhängigen Belastungsparameter mit einer Vertikalkoordinate wird auch in keinem vorliegenden Dokument des Standes der Technik offenbart oder nahe gelegt.

Die Ansprüche 2-14 sind vom Anspruch 1 abhängig und erfüllen damit ebenfalls die Erfordernisse in Bezug auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit.

2.4 Anspruch 5

D1 wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand des Anspruchs 1 angesehen. Es offenbart:

Verfahren zum Vorgeben der Längsposition (Abs.44,45) einer oder mehrerer Tragrollen (5,6,7) eines Förderbandes (4) einer Förderbandanlage (Fig.1), wobei die in der jeweiligen Längsposition vom Förderband auf die Tragrolle(n) ausgeübte Kraft basierend auf einem ersten zunächst angenommenen Längsabstand bis zur benachbarten Tragrolle ermittelt wird (Abs.87,88).

Der Gegenstand des Anspruchs 1 unterscheidet sich somit von dem bekannten Verfahren dadurch, dass:

- eine gewünschte oder erforderliche minimale Lebensdauer der Tragrollen unter Bezugnahme auf den ersten zunächst angenommenen Längsabstand rechnerisch nachgewiesen wird *, wobei die längspositionsspezifische Kraft bzw. Belastung (F) der jeweiligen Tragrolle (23) unter Berücksichtigung von Installations- oder Montagetoleranzen der Tragrollen in wenigstens einer Raumrichtung (y, z) quer zur Längserstreckung (x) des Förderbandes als statistisch verteilte GröÙe in Abhängigkeit von einem zweiten, alternativ angenommenen Längsabstand (Ax) bis zur benachbarten Tragrolle derart bestimmt wird **und/oder** wobei die Tragrollenlängsabstände (Ax) derart optimiert werden, dass für die

gesamte Förderbandanlage (10) oder für eine vordefinierte
Förderbandstrecke eine/die Ausfallwahrscheinlichkeit der Tragrollen (23)
bei in Längsrichtung (x) optimierter Tragrollenanordnung minimiert wird. **

und ist daher neu.

*, ** Anmerkung:

Der Anspruch ist allerdings nicht klar. Aus der unterstrichenen Passage wird für den Fachmann nicht klar, wie der rechnerische Nachweis erfolgen soll. Mit anderen Worten wird nicht klar, wie aus einem Längsabstand der rechnerische Nachweis für eine bestimmte Lebensdauer erbracht werden soll. In dem Anspruch wird somit versucht, den Gegenstand durch das zu erreichende Ergebnis zu definieren. Dies gilt ebenso für die zweite unterstrichene Passage **. Auch hier wird nicht klar, wie eine angestrebte Minimierung der Ausfallwahrscheinlichkeit erreicht werden soll.

Die mit der vorliegenden Erfindung zu lösende Aufgabe kann darin gesehen werden, eine verbesserte Belastungsanalyse und damit erhöhte Lebensdauer zu finden.

Die in Anspruch 5 der vorliegenden Anmeldung für diese Aufgabe vorgeschlagene Lösung beruht aus den folgenden Gründen auf einer erfinderischen Tätigkeit:

Die D1 offenbart nicht und legt auch nicht nahe, dass eine längspositionsspezifische Kraft bzw. Belastung einer Tragrolle unter Berücksichtigung von Installations- oder Montagetoleranzen der Tragrollen in wenigstens einer Raumrichtung quer zur Längserstreckung des Förderbandes als statistisch verteilte Größe in Abhängigkeit von einem zweiten, alternativ angenommenen Längsabstand bis zur benachbarten Tragrolle zu bestimmt wird und diese zur Reduzierung der Ausfallwahrscheinlichkeit herangezogen wird.

Die Ansprüche 2-14 sind vom Anspruch 5 abhängig und erfüllen damit ebenfalls die Erfordernisse in Bezug auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit.

Die Ansprüche 15 und 16 sind nicht klar.

Wie bereits sinngemäss in den Klarheitsanmerkungen zu den Ansprüchen 1 und 17 diskutiert, wird dem Fachmann nicht offenbart, wie die Erfindung ausgeführt werden soll bzw. wie der gewünschte Effekt erreicht werden soll. Anspruch 15 offenbart lediglich, dass gewisse mathematische Grössen bestimmt werden sollen, ohne einen technische Effekt zu kreieren. Die Maximierung der Lebensdauer ist lediglich optional beansprucht. Aber selbst wenn diese zwingend im Anspruch enthalten wäre, so wäre nicht klar, wie der Effekt der Lebensdauermaximierung erreicht wird. Dies trifft sinngemäss auch auf Anspruch 16 zu. In Anspruch 16 fehlen weiterhin die technischen Mittel um beispielsweise die Kraftwerte zu bestimmen.