



(19)

(11)

EP 4 408 783 B1

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**30.04.2025 Patentblatt 2025/18**

(21) Anmeldenummer: **23777279.3**(22) Anmeldetag: **27.09.2023**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B66B 7/12 (2006.01)**      **B66D 1/54 (2006.01)**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**B66B 7/1215; B66D 1/54**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2023/076663**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2024/083463 (25.04.2024 Gazette 2024/17)**

**(54) VERFAHREN ZUR ERMITTlung EINES VERSCHLEISSZUSTANDS, INSbesondere ZUR VORHERSAGE EINER RESTLEBENSDAUER UND/ODER EINER RESTBETRIEBSDAUER, MINDESTENS EINES LAUFENDEN STRANGS EINER DEN MINDESTENS EINEN LAUFENDEN STRANG ZU DEREN BESTIMMUNGSGEMÄSSER VERWENDUNG NUTZENDEN VORRICHTUNG UND VORRICHTUNG**

METHOD FOR ASCERTAINING THE WEAR STATE, IN PARTICULAR IN ORDER TO PREDICT THE REMAINING SERVICE LIFE AND/OR THE REMAINING OPERATING DURATION, OF AT LEAST ONE RUNNING STRAND OF A DEVICE WHICH USES THE AT LEAST ONE RUNNING STRAND FOR ITS INTENDED USE AND DEVICE

PROCÉDÉ DE VÉRIFICATION DE L'ÉTAT D'USURE, EN PARTICULIER POUR PRÉDIRE LA DURÉE DE VIE RESTANTE ET/OU LA DURÉE DE FONCTIONNEMENT RESTANTE, D'AU MOINS UN RUBAN MOBILE D'UN DISPOSITIF QUI UTILISE LEDIT RUBAN MOBILE POUR SON UTILISATION PRÉVUE ET DISPOSITIF

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL  
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **19.10.2022 LU 502921**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**07.08.2024 Patentblatt 2024/32**

(73) Patentinhaber: **KV R&D Center GmbH  
66497 Contwig (DE)**

(72) Erfinder: **ELIG, Marco  
66509 Rieschweiler-Mühlbach (DE)**

(74) Vertreter: **Zeiner, Johannes Michael  
AAA-Patent  
Heinrich-Barth-Straße 20  
66115 Saarbrücken (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-B3- 102004 063 709 JP-A- 2020 040 801  
US-A1- 2017 045 493**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung eines Verschleißzustands, insbesondere zur Vorhersage einer Restlebensdauer und/oder einer Restbetriebsdauer, mindestens eines laufenden Strangs einer den mindestens einen laufenden Strang zu deren bestimmungsgemäßer Verwendung nutzenden Vorrichtung, bei dem im Betrieb der Vorrichtung eine Position von Strangsegmenten des mindestens einen laufenden Strangs ermittelt wird., wobei für jedes Strangsegment des mindestens einen laufenden Strangs bei Änderung einer Lastposition  $L_i$  einer mit der Vorrichtung bewegten Last in eine darauffolgende Lastposition  $L_{i+1}$  zumindest ein Verschleißparameter bestimmt wird, aus dem der Verschleißzustand des mindestens einen laufenden Strangs ermittelt wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung, die mindestens einen laufenden Strang sowie ein Strangführungsmittel für den mindestens einen laufenden Strang und eine Sensoreinrichtung zur Erfassung einer Bewegungsgeschwindigkeit des Strangführungsmittels und/oder einer auf den mindestens einen Strang wirkenden Kraft aufweist.

**[0002]** Ein laufender Strang ist ein Strang einer Vorrichtung, der bei bestimmungsgemäßer Verwendung der Vorrichtung, also bei deren Betrieb, über Strangführungsmittel bewegt und dadurch umgelenkt, das heißt gebogen wird (siehe zum Beispiel die deutsche VDI-Richtlinie 2358 aus 2012, dort Abschnitt 5.1).

**[0003]** Eine solche Vorrichtung kann beispielsweise eine Hubvorrichtung oder eine Verschlussvorrichtung sein.

**[0004]** Eine Hubvorrichtung ist eine Vorrichtung, die zur Bewegung einer Last, insbesondere zu deren Anheben oder Absenken, eingerichtet ist. Eine Hubvorrichtung kann ein Lastkran wie ein Turmdrehkran, ein Hafenkran, ein Raupenkran, ein Wippkran oder ein Aufzug sein, der als Personen- oder Lastenaufzug ausgebildet sein kann. Es versteht sich, dass ein Aufzug lediglich zur Bewegung einer Aufzugskabine mit oder entgegen einer Wirkrichtung der Schwerkraft vorgesehen ist.

**[0005]** Ein laufender Strang einer Hubvorrichtung kann als Hubstrang oder als Verstellstrang ausgebildet sein. Durch den Hubstrang kann eine Bewegung einer mit der Hubvorrichtung zu bewegenden Last in oder entgegen einer Wirkrichtung der Erdanziehungskraft, das heißt nach oben oder unten, erfolgen, während durch den Verstellstrang eine Bewegung von verstellbaren, beispielsweise verschwenkbaren Hubvorrichtungselementen wie Auslegern oder sogenannten Katzen oder Trolleys von Kränen möglich ist.

**[0006]** Eine Verschlussvorrichtung kann zum Öffnen eines Wehrs oder einer Schleuse vorgesehen sein, bei dem bzw. bei der Verschlusstore, die auch als Schütze bezeichnet werden, beispielsweise durch laufende Ketten geöffnet oder verschlossen werden können. Insbesondere können die Verschlusstore horizontal bewegbar sein, das heißt aus einer Geschlossenposition in einer

Offenposition oder umgekehrt.

**[0007]** Strangführungsmittel sind alle Mittel, die den laufenden Strang bei seiner Bewegung führen und können beispielsweise als Scheiben wie Seilscheiben, als Rollen wie Seilrollen, oder als Trommeln wie Seiltrommeln, auf die der laufende Strang aufgewickelt oder von denen der laufende Strang abgewickelt werden kann, ausgebildet sein.

**[0008]** Laufende Stränge können als Seil, beispielsweise als Drahtseil, Faserseil, Hybridseil, Lastband, Lastgurt oder Lastkette ausgebildet sein.

**[0009]** Während laufende Seile wie Drahtseile insbesondere für Lastkräne verwendet werden, werden Lastgurte oder Lastbänder beispielsweise für Personen- oder Lastaufzüge benutzt. Lastketten werden beispielsweise bei Verschlussvorrichtungen wie Schleusen oder Wehren verwendet.

**[0010]** Ein Strangsegment ist ein Abschnitt des mindestens einen laufenden Strangs, der eine Länge von zumindest 0,20 mm, vorzugsweise 0,50 bis 5,00 mm aufweist. Der Erfinder hat festgestellt, dass eine Strangsegmentlänge zwischen 0,5 mm und 5,00 mm zur Ausbildung eines besonders genauen Verfahrens führt, bei dem selbst bei sehr langen Strängen wie Kranseilen überraschenderweise nur ein unerheblicher rechnerischer Mehraufwand entsteht, insbesondere wenn das Verfahren als computerimplementiertes Verfahren oder Simulationsverfahren ausgebildet ist. Die Summe der Länge aller Strangsegmente entspricht einer Gesamtlänge  $L$  des mindestens einen laufenden Strangs.

**[0011]** Die Strangsegmente können auch mehrere Zentimeter oder mehrere Meter lang sein. Obwohl die Strangsegmente unterschiedlich groß, das heißt insbesondere unterschiedlich lang sein können, sind die Strangsegmente vorzugsweise gleich groß.

**[0012]** Gemäß Abschnitt 11 der deutschen VDI-Richtlinie 2358 aus 2012 ist die Gesamtbetriebsdauer eines Strangs als "Zeit zwischen dem Auflegen des [Strangs] und dem Erreichen eines der in den Normen festgelegten Ablegekriterien" definiert, während die Gesamtlebensdauer als "Zeit zwischen dem Auflegen und dem Bruch des [Strangs]" definiert ist. Die Gesamtbetriebsdauer ist also diejenige Zeit, die der Strang betriebssicher in der Vorrichtung verwendbar ist, während die Gesamtlebensdauer diejenige Zeit ist, die der Strang bis zum Ausfall nutzbar ist. Es versteht sich, dass die Gesamtbetriebsdauer kleiner ist als die Gesamtlebensdauer. Als abgereift wird ein Strang bezeichnet, der aufgrund von Verschleiß gewechselt werden muss, um die Vorrichtung, insbesondere eine Hubvorrichtung, weiter sicher betreiben zu können (siehe hierzu beispielsweise ISO 4309 aus 08/2021).

**[0013]** Der Verschleißzustand eines laufenden Strangs im Sinne der vorliegenden Erfindung kann beispielsweise dessen Restbetriebsdauer oder dessen Restlebensdauer sein. Die Restbetriebsdauer und die Restlebensdauer berechnen sich aus der für den laufenden Strang vorgegebenen Gesamtbetriebsdauer oder

der Gesamtlebensdauer abzüglich einer bereits erfolgten benutzungs- und lastabhängigen Benutzungsdauer.

**[0014]** Insbesondere kann die Restbetriebsdauer oder die Restlebensdauer als Anzahl verbleibender Biegewechsel des mindestens einen laufenden Strangs angegeben werden, anhand der abgeschätzt werden kann, wie lange die Vorrichtung noch betrieben werden kann, das heißt wieviele Biegewechsel noch erfolgen können, bis die Gesamtbetriebsdauer oder die Gesamtlebensdauer erreicht ist.

**[0015]** Ein Verschleißparameter kann die dem Fachmann bekannte, sogenannte Biegewechselzahl sein. Eine Krümmung des mindestens einen laufenden Strangs durch ein Strangführungsmittel bewirkt einen Biegewechsel, wobei ein voller Biegewechsel eine Krümmung von gerade zu gebogen zu gerade ist. Ein voller Biegewechsel hat die Biegewechselzahl 1,0.

**[0016]** Einen vollen Biegewechsel erfährt beispielsweise ein Strangsegment, das vollständig über ein Strangführungsmittel geführt und dadurch zwei Mal gebogen wird, einmal von gerade zu gebogen beim Übergang in das Strangführungsmittel und ein zweites Mal von gebogen zu gerade beim Verlassen des Strangführungsmittels.

**[0017]** Ein halber Biegewechsel wäre eine einzige Krümmung von gerade zu gebogen oder umgekehrt und hätte die Biegewechselzahl 0,5.

**[0018]** Verschiedene Arten von Biegewechseln sowie deren zugehörige Biegewechselzahl sind in der VDI-Richtlinie 2358 aus 2012 beispielsweise auf S. 12 (Abschnitt Kurzzeichen) beschrieben.

**[0019]** Weitere Verschleißparameter können geometrische Parameter des Strangführungsmittels der Vorrichtung sein, geometrische Parameter des mindestens einen laufenden Strangs wie dessen Durchmesser oder dessen Machart und/oder eine auf den mindestens einen Strang wirkende Kraft, insbesondere eine in einer Längsrichtung des mindestens einen Strangs wirkende Kraft. Es werden solche Parameter herangezogen, die verschleißrelevant sind, und die durch entsprechende Sensoren wie Gewichts- oder Kraftsensoren einfach zu bestimmen sind.

**[0020]** Die Machart eines Drahtseils wird beispielsweise durch eine Anzahl an Litzen sowie eine Anzahl an Litzenlagen bestimmt (s. hierzu ISO 4309 aus 08/2021). Die Machart eines Seils kann auch als Seilkategorie bezeichnet werden (s. z. B. DIN EN 12385-2 aus 2008).

**[0021]** Außerdem kann eine Rillengröße eines Strangführungsmittels wie einer Strangführungsscheibe einen Einfluss auf den Strangverschleiß haben, wenn der Strang beispielsweise unter Zugbeanspruchung in die Rille hineingequetscht wird und dadurch durch Querkräfte belastet wird.

**[0022]** Ein Durchmesser des Strangführungsmittels, durch das ein Krümmungsradius des Strangs bei dessen Führung festgelegt ist, ist ferner verschleißrelevant.

**[0023]** Denkbar ist, dass aus vorgenannten Verschleißparametern weitere Verschleißparameter ermit-

telt werden, beispielsweise sogenannte Biegewechselfaktoren, die wiederum von einer Strangbiegelänge und/oder einem Strangdurchmesser abhängen.

**[0024]** Anhand der Verschleißparameter kann der Verschleißzustand des laufenden Strangs bestimmt werden. Hierzu bestehen Vorhersagemodelle, die beispielsweise aus "Drahtseile - Bemessung, Betrieb, Sicherheit" (Klaus Freyer, 3. Auflage, Vieweg Verlag, ISBN 978-3-642-54295-4) oder der ISO 4309 (Fassung: August 2021) bekannt sind.

**[0025]** Es versteht sich, dass die Übertragung der Vorhersagemodelle auf andere Seilarten wie Faserseile oder Hybridseile den Fachmann nicht vor Probleme stellt. Weitere Vorhersagemodeel sind insbesondere

aus "Zur Abschätzung der Lebensdauer von laufenden hochmodularen Faserseilen" (Gregor Novak, Dissertation; Berichte aus dem Institut für Fördertechnik und Logistik, Universität Stuttgart; November 2017) und aus "Beitrag zur Untersuchung des Lebensdauerverhaltens von Drahtseilen unter einer kombinierten Beanspruchung aus Zug, Biegung und Torsion" (Tobias Weber, Dissertation; Berichte aus dem Institut für Fördertechnik und Logistik, Universität Stuttgart; September 2013) bekannt.

**[0026]** Zudem in der vorliegenden Anmeldung genannten Definitionen wird außerdem auf die dem Fachmann bekannte deutsche VDI-Richtlinie 2358 aus 2012 sowie darin zitierte Normen, insbesondere die ISO 4309, verwiesen.

**[0027]** Aus DE 10 2013 017 110 A1 sind ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zu Bestimmung der Ablegereife eines Faserseils eines im Betrieb befindlichen Turmdrehkrans anhand von einer Veränderung der Drehsteifigkeit des Faserseils bekannt. Grundlage dieses Verfahrens ist die Erkenntnis, dass die Drehsteifigkeit eines Faserseils mit zunehmender Lastzahl zunimmt. Wird ein Grenzwert überschritten, wird einem Kranführer ein akustisches oder optisches Signal angezeigt, wonach das Seil ablegereift ist.

**[0028]** Aus DE 10 2013 014 265 A1 sind eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der Restlebensdauer eines Faserseils eines Krans bekannt. Die Kenngröße, anhand der eine Seillebensdauer ermittelt wird, ist eine Veränderung einer Biegesteifigkeit des Faserseils.

**[0029]** CN 103112781 A beschreibt ein Verfahren zur Echtzeitbestimmung einer Seillebensdauer eines Drahtseils, welches in einem Kran eingesetzt wird, anhand einer Biegewechselverteilung. Dadurch, dass jedes Seil nur eine bestimmte Anzahl an Biegewechselbelastungen bis zur Ablegereife erreichen darf, kann in Echtzeit ermittelt werden, wann das Seil auszutauschen ist. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass die Ablegereife lediglich anhand der Biegewechselverteilung ermittelt wird und weitere verschleißrelevante Faktoren, insbesondere ein Gewicht einer bewegten Last, nicht berücksichtigt werden. Dadurch ist das aus CN 103112781 A bekannte Verfahren sehr ungenau. Auch werden in CN

103112781 A keine Wechselwirkungen eines Hubstrangs mit einem Verstellstrang berücksichtigt.

**[0030]** DE 20 2011 001 846 U1 beschreibt ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Bestimmung einer verbleibenden Faserseil Lebensdauer eines in einem Kran benutzten Faserseils. Dazu werden mehrere Parameter herangezogen, insbesondere ein sogenanntes Indikatorprofil, welches in den Kern einer Litze oder zwischen Fasersträngen eingebettet sein kann und das schneller als die Faserseile oder Faserstränge des Faserseils Veränderungen bei Belastung zeigt. Von einer Erfassungseinrichtung werden mehrere magnetische, mechanische, optische und/oder elektronische Seilkenngrößen, beispielsweise ein zurückgelegter Seilweg oder die Dehnung eines Seilabschnitts erfasst. Durch eine Auswerteeinheit wird anhand der Seilkenngrößen bestimmt, ob das Faserseil ablegereif ist.

**[0031]** Ein Verfahren zur Bestimmung des Verschleißes an einem Windeseil einer Pistenraupe sowie zur Bestimmung einer Restbetriebsdauer ist aus DE 10 2011 080 466 A1 bekannt. Dazu erfassen Sensoren verschiedene Seilparameter, teilweise mittelbar anhand einer Stellung eines Windenarmes oder einer GPS-Position der Pistenraupe.

**[0032]** Verfahren zur Ermittlung eines Verschleißzustands eines Drahtseils sind ferner aus DE 10 2004 063 709 B3, US 2017/045493 A1 und JP 2020 040801 A bekannt.

**[0033]** Aus dem Stand der Technik ist außerdem bekannt, dass bei Annahme bestimmter Lastfälle die Lebensdauer eines laufenden Seils abschätzbar ist. Da diese Annahmen in der Praxis häufig fehlerbehaftet sind, ist eine solche Lebensdauervorhersage, die als statische Lebensdauervorhersage bezeichnet wird, ungenau. Nachteilig sind häufige Sichtprüfungen erforderlich.

**[0034]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, durch das eine genauere Bestimmung des Verschleißzustandes eines laufenden Strangs einer Vorrichtung, die eine Hub- oder eine Verschlussvorrichtung sein kann, möglich ist, insbesondere in Echtzeit.

**[0035]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass benachbarte Strangsegmente des mindestens einen laufenden Strangs mit gleicher Biegewechselzahl zu einem eine Strangsegmentgruppe bildenden Strangabschnitt zusammengefasst und innerhalb einer jeden Strangsegmentgruppe werden Belastungsklassen gebildet, wobei Strangsegmente gleicher Verschleißbeanspruchung, insbesondere über gleich große Strangführungsmittel geführte und/oder mit gleicher Längskraft belastete Strangsegmente, eine Belastungsklasse bilden.

**[0036]** Vorteilhaft wird durch Bildung von Strangsegmentgruppen ein effizientes Verfahren geschaffen, da nicht für jedes Strangsegment ein eigener Verschleißzustand berechnet werden muss, sondern lediglich für Strangsegmentgruppen. Weist ein laufender Strang beispielsweise 100 Strangsegmente auf, die zu drei Strang-

segmentgruppen zusammenfasst werden können, muss der Verschleißzustand dreimal bestimmt werden und eben keine 100 Mal. Insbesondere können die Strangsegmente unmittelbar benachbart sein.

**5 [0037]** Bei einem laufenden Strang einer Hubvorrichtung sind beispielsweise eine auf den Strang bzw. dessen Strangsegmente wirkende Längskraft, eine Anzahl an Biegewechseln und ein Durchmesser eines Strangführungsmittels diejenigen relevanten Verschleißparameter, die zur Bestimmung einer Restlebensdauer und/oder Restbetriebsdauer relevant sind. Eine Hinzuziehung weiterer relevanter Verschleißparameter wie einer Rillentiefe eines Strangführungsmittels ist denkbar.

**[0038]** Strangsegmente gleicher Verschleißbeanspruchung sind insbesondere solche einer Strangsegmentgruppe, die mit gleicher Längskraft beansprucht wurden und/oder über gleich große Strangführungsmittel geführt wurden, insbesondere über solchen mit gleichem Durchmesser und gleicher Rillentiefe. Eine Heranziehung anderer Verschleißparameter wie einer Strangführungsmittelrillentiefe ist denkbar.

**[0039]** Durch Bildung von Strangsegmentgruppen kann ein computerunterstützter Rechenaufwand zur Bestimmung des Verschleißzustands erheblich reduziert werden.

**[0040]** Durch Bildung von Belastungsklassen innerhalb einer Strangsegmentgruppe wird ein besonders genaues Verfahren geschaffen, da nicht nur eine Anzahl an Biegewechseln zur Bestimmung des Verschleißzustands berücksichtigt wird, sondern außerdem weitere relevante Verschleißparameter, die als Korrekturen wirken, durch die eine Restlebensdauer oder Restbetriebsdauer bei gleicher Biegewechselzahl herabgesetzt wird.

**[0041]** Wird ein Strangsegment beispielsweise über ein Strangführungsmittel mit einem Durchmesser  $d_1$  geführt, so ist dessen Verschleiß bei gleicher Biegewechselzahl höher als bei Führung über ein Strangführungsmittel mit einem Durchmesser  $d_2$ , wobei  $d_1 < d_2$  ist.

**[0042]** Insbesondere ein Verschleißzustand solcher Strangsegmente, die zwar weniger Biegewechsel erfahren als andere Strangsegmente, jedoch höher belastet sind als diese, da die Biegewechsel durch Strangführungsmittel erfolgt sind, die beispielsweise einen besonders kleinen Durchmesser aufweisen, kann durch ein erfindungsgemäßes Verfahren ermittelt werden, so dass ein Verschleißzustand des gesamten laufenden Strangs besonders präzise ermittelbar ist.

**[0043]** Es ist vorteilhaft und benutzerfreundlich, wenn eine Restlebensdauer oder eine Restbetriebsdauer in einer Anzahl verbleibender Biegewechsel ermittelt und einem Benutzer angezeigt wird. Denkbar ist, dass die Restlebensdauer oder die Restbetriebsdauer einem Benutzer einer Hubvorrichtung als Anzahl verbleibender Lasthübe angegeben wird.

**[0044]** Durch Bildung von Strangsegmentgruppen mit Belastungsklassen wird außerdem sichergestellt, dass selbst bei großen Lastpositionsänderungen eine genaue Bestimmung der Restlebensdauer und Restbetriebs-

dauer des laufenden Strangs möglich ist, da auch Zwischenabschritte erfasst werden können.

**[0045]** Die Lastpositionen  $L_i$  und  $L_{i+1}$  betrifft eine räumliche Anordnung einer Last, die durch die Vorrichtung aus einer ersten Position  $L_i$  in eine darauffolgende Position  $L_{i+1}$  bewegt wird.

**[0046]** Wird eine Hublast beispielsweise von einem Kran um 10 m angehoben, wäre dies eine Änderung einer ersten Lastposition  $L_1$ , in dem die Hublast an einen Kranhaken angebracht wird, in eine Lastposition  $L_2$ , in der die Hublast um 10 m angehoben ist.

**[0047]** Werden Schleusentore einer Schleuse geöffnet, wäre dies eine Änderung einer Lastposition  $L_1$ , das heißt einer geschlossenstellungs der Schleusentore, in eine Lastposition  $L_2$ , das heißt eine offenstellung der Schleusentore. Durch eine beispielsweise horizontale Bewegung der Schleusentore würde ein laufender Strang, durch den die Öffnung bewirkt wird, verschleißbeansprucht.

**[0048]** Ein erstes Strangsegment kann dasjenige Strangsegment sein, durch das der laufende Strang mit einem Strangführungsmittel wie einer Seiltrommel verbunden ist, während ein letztes Strangsegment dasjenige sein kann, das beispielsweise mit einem Lastaufnahmemittel wie einem Kranhaken verbunden ist.

**[0049]** Zweckmäßigerweise wird für jedes der Strangsegmente der mindestens eine Verschleißparameter, insbesondere eine Biegewechselzahl und/oder eine auf das Strangsegment wirkende Längskraft, ermittelt, und daraus wird für jedes Strangsegmente eine Restlebensdauer und/ oder eine Restbetriebsdauer ermittelt.

**[0050]** Bei laufenden Strängen wie Drahtseilen für Hubvorrichtungen, beispielsweise Kräne, sind relevante Verschleißparameter beispielsweise eine Biegewechselzahl, eine auf das Seil wirkende Längskraft, die durch ein Gewicht einer Hublast bestimmt wird, und ein Durchmesser von Strangführungsmitteln, über die der laufende Strang geführt wird.

**[0051]** Dadurch, dass für jedes Strangsegment eine Restlebensdauer und/oder eine Restbetriebsdauer ermittelt wird, wird vorzugsweise ein besonders genaues Vorhersageverfahren geschaffen. Hierzu hat der Erfinder erkannt, dass dasjenige Strangsegment oder diejenigen Strangsegmente, das oder die die geringste Restlebensdauer oder Restbetriebsdauer aufweisen, der Restbetriebsdauer bzw. die Restlebensdauer des laufenden Strangs entsprechen. Nur diejenigen Strangsegmente müssen einer Inspektion wie einer Sichtprüfung unterzogen werden müssen, so dass ein Inspektionsaufwand für einen laufenden Strang durch das erfindungsgemäße Verfahren erheblich reduziert wird.

**[0052]** Es ist denkbar, dass ein Korrekturfaktor berechnet wird, durch den eine als Anzahl verbleibender Biegewechsel ausgedrückte Betriebsdauer und/oder Restlebensdauer verringert wird. Ein solcher Korrekturfaktor, der kleiner 1 und größer Null ist, kann beispielsweise dann berechnet werden, wenn ein laufender Strang mit unterschiedlich schweren Lasten benutzt wird, oder

wenn einige Strangsegmente eines laufenden Strangs eine gleiche Anzahl an Biegewechseln wie andere Strangsegmente aufweisen, jedoch über ein Strangführungsmittel geführt wurden, das einen geringeren Durchmesser aufweist als dasjenige, über das die anderen Strangsegmente geführt wurden. Je höher die Last oder je kleiner ein Strangführungsmitteldurchmesser, desto höher ist ein Verschleiß eines laufenden Strangs bzw. der betroffenen Strangsegmente und desto geringer ist die

5 Restbetriebsdauer oder die Restlebensdauer des laufenden Strangs.

**[0053]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann ein Verschleißzustand für jede Änderung einer Lastposition  $L_i$  ermittelt werden. Vorteilhaft wird ein dynamisches 10 Verfahren ausgebildet, das die tatsächlichen Änderungen von Lastpositionen berücksichtigt und dadurch im Gegensatz zu aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren eine genauere Bestimmung des Verschleißzustands ermöglicht.

**[0054]** Zweckmäßigerweise wird die Position eines jeden Strangsegments des mindestens einen laufenden Strangs anhand einer Position eines den mindestens einen laufenden Strang führenden Strangführungsmittels und/oder einer Bewegungsgeschwindigkeit eines 25 den mindestens einen laufenden Strang führenden Strangführungsmittels bei der Änderung der Lastposition  $L_i$  in die darauffolgende Lastposition  $L_{i+1}$  ermittelt.

**[0055]** Dazu kann von einer Sensoreninstellung, mit der die Vorrichtung versehen ist, und die einen Sensor zur Bestimmung einer Bewegungsgeschwindigkeit eines 30 Strangführungsmittels umfasst, bei Änderung der Lastposition  $L_i$  in die darauffolgende Lastposition  $L_{i+1}$  nach festgelegten Zeitschritten  $\Delta t$  zu Zeiten  $t_j$  jeweils eine Position der Strangsegmente ermittelt werden, indem 35 bekannte geometrische Parameter des Strangführungsmittels und/oder eine Drehgeschwindigkeit des Strangführungsmittels herangezogen werden.

**[0056]** Beispielsweise wird bei einem Turmdrehkran 40 ein Hubweg, um den eine Last angehoben wird, durch eine Anzahl an Umdrehungen einer Seiltrommel, auf die ein eine Hublast tragendes Hubseil beim Anheben aufgewickelt wird, und deren Durchmesser sowie weitere 45 geometrische Parameter festgelegt. Dadurch kann für jedes Strangsegment dessen Position zu jedem Zeitpunkt  $t_j$  bei der Änderung der Hublastposition  $L_i$  in die darauffolgende Hublastposition  $L_{i+1}$  bestimmt werden.

**[0057]** In einer Ausgestaltung der Erfindung wird eine 50 Belastungsklassenrestlebensdauer und/oder eine Belastungsklassenrestbetriebsdauer für jede Belastungsklasse ermittelt, und daraus wird eine Restlebensdauer und/oder eine Restbetriebsdauer der Strangsegmentgruppe ermittelt.

**[0058]** Vorteilhaft kann innerhalb einer Strangsegmentgruppe festgestellt werden, welche Belastungsklasse die Restlebensdauer und/oder eine Restbetriebsdauer der Strangsegmentgruppe maßgeblich bestimmt. Vorteilhaft ist eine Korrektur einer ausschließlich 55 auf einer Biegewechselzahlbestimmung basierenden

Restlebensdauer und/oder eine Restbetriebsdauer möglich. Es wird ein besonders genaues Verfahren geschaffen, bei dem der Verschleißzustand einem Benutzer verständlich anzeigbar ist.

**[0059]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird der Verschleißzustand des mindestens einen laufenden Strangs in der Lastposition  $L_{i+1}$  ausgehend von der Lastposition  $L_i$  ermittelt. Zur Bestimmung des Verschleißzustandes des mindestens einen laufenden Strangs wird lediglich eine Veränderung gegenüber einem bestehenden Verschleißzustand betrachtet. Vorteilhaft wird ein besonders effizientes Verfahren ausgebildet.

**[0060]** Beispielsweise kann ein Verschleißzustand in der Lastposition  $L_i$  eine verbleibende Anzahl an Biegewechseln bis zum Erreichen der sogenannten Ablegereife des laufenden Strangs sein. Eine verbleibende Anzahl an Biegewechseln bis Erreichen der Ablegereife in der Lastposition  $L_{i+1}$  ergäbe sich aus derjenigen in der Lastposition  $L_i$  abzüglich einer Anzahl an Biegewechseln, die durch Verschleiß bei der Änderung der Lastposition  $L_i$  in die darauffolgende Lastposition  $L_{i+1}$  ermittelt wird.

**[0061]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird der Verschleißzustand des mindestens einen laufenden Strangs anhand einer Schadenshypothese ermittelt, für die eine Bewegung des mindestens einen laufenden Strangs sowie eine auf den mindestens einen laufenden Strang wirkende Kraft bei der Änderung der Lastposition  $L_i$  in die darauffolgende Lastposition  $L_{i+1}$  berücksichtigt werden.

**[0062]** Eine Schadenshypothese kann eine Gleichung sein, in die Werte ermittelter Verschleißparameter eingesetzt werden und die eine Restlebensdauer oder eine Restbetriebsdauer als Funktion der Verschleißparameter ausgibt. Beispiele für Schadenshypotesen finden sich beispielsweise im zuvor genannten Buch von Klaus Feyrer, "Drahtseile - Bemessung, Betrieb, Sicherheit", dort insbesondere in Kapitel 3.4 - Allgemeine Berechnungsmethode für Seiltriebe.

**[0063]** Je nach Anwendungsfall können komplexere Schadenshypotesen, die zusätzlich tatsächlich auf den laufenden Strang wirkende Kräfte für jedes Strangsegment berücksichtigen. Diese Kräfte können Reibungskräfte zwischen dem Strang und einem Strangführungsmittel sein, oder Querkräfte, die aufgrund einer Strangführung durch das Strangführungsmittel auftreten. Denkbar ist, dass durch Hinzunahme geometrischer Parameter der Strangführungsmittel wie deren Durchmesser oder eine Rillentiefe und/oder -breite Korrekturfaktoren ermittelt werden, die den Verschleißzustand maßgeblich bestimmen, das heißt insbesondere eine Restbetriebsdauer und/oder eine Restlebensdauer herabsetzen.

**[0064]** Zweckmäßigerweise wird der Verschleißzustand des mindestens einen laufenden Strangs im Betrieb der Vorrichtung fortlaufend ermittelt.

**[0065]** Vorteilhaft kann sich eine mit einer Wartung

oder Inspektion des mindestens einen laufenden Strangs befasste Person auf diejenigen Strangabschnitte konzentrieren, die besonders verschlossen wurden. Weiter vorteilhaft wird ein Echzeitverfahren zur Bestimmung eines Verschleißzustandes des mindestens einen laufenden Strangs ausgebildet.

**[0066]** Im Gegensatz zu aus dem Stand der Technik bekannten, statischen Verfahren, wo Annahmen über mögliche Lastpositionen getroffen werden müssen, um eine Restbetriebsdauer oder Restlebensdauer eines laufenden Strangs zu bestimmen, ermöglicht eine kontinuierliche Echtzeitermittlung des Verschleißzustands vorteilhaft eine genauere Lebensdauer- oder Betriebsdauervorhersage sowie die Möglichkeit, solche Strangabschnitte zu identifizieren, die besonders verschlossen sind. Diese können beispielsweise zusätzlich intensiv sichtgeprüft werden.

**[0067]** In einer Ausgestaltung der Erfindung wird für jeden laufenden Strang einer Hubvorrichtung, die mehrere laufende Stränge aufweist, ein Verschleißzustand eines Hubstrangs und/oder eines Verstellstrangs der Hubvorrichtung in der Lastposition  $L_{i+1}$  bestimmt, vorzugsweise derart, dass Wechselwirkungen der mehreren laufenden Stränge berücksichtigt werden.

**[0068]** Bei einer Hubvorrichtung ist eine Lastposition eine räumliche Anordnung einer Hublast.

**[0069]** Ein laufender Strang kann ein Hubstrang sein, während ein weiterer laufender Strang ein Verstellstrang der Hubvorrichtung sein kann.

**[0070]** Derzeit bekannte Verfahren zur Bestimmung eines Verschleißzustands mindestens eines laufenden Strangs betreffen üblicherweise ausschließlich den Verschleißzustand des Laststrangs ohne Berücksichtigung von Verschleiß, den der Hubstrang aufgrund einer Bewegung des Verstellstrangs erfährt. Der Verstellstrang wird üblicherweise bei den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren nicht betrachtet und lediglich einer regelmäßigen, zeitintensiven Sichtprüfung unterzogen, während der die Hubvorrichtung nicht benutzbar ist.

**[0071]** Wechselwirkungen von Strängen treten beispielsweise dann auf, wenn durch eine erste Bewegung eines Verstellstrangs ein Strangführungsmittel, das einen Hubstrang führt, seine räumliche Position derart verändert, dass der Hubstrang beispielsweise durch eine zweite Bewegung, die eine vertikale Hublastbewegung sein kann, mehr Biegewechsel erfährt als ohne Berücksichtigung der ersten, horizontalen Bewegung des Strangführungsmittels.

**[0072]** Ein Verschleißzustand des Hubstrangs in der Lastposition  $L_{i+1}$  kann durch Überlagerung von Verschleißzuständen, die durch die beiden Bewegungen, die unabhängig voneinander betrachtet werden können, ermittelt werden.

**[0073]** Es versteht sich, dass mehr als zwei unabhängige Bewegungen denkbar sind.

**[0074]** Vorteilhaft ist eine besonders genaue Bestimmung eines Verschleißzustands der laufenden Stränge der Hubvorrichtung möglich und damit eine besonders

zuverlässige Bestimmung einer Restlebensdauer und/oder einer Restbetriebsdauer, nach der ein Austausch des zumindest einen Strangs erfolgen muss.

**[0075]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere für solche Hubvorrichtungen vorteilhaft, die beispielsweise mehrere angetriebene Strangtrommeln wie Seiltrommeln aufweisen, beispielsweise Turmdrehkräne, Wipp-, Mobil-, Raupen- oder Containerverladekräne.

**[0076]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das Verfahren als computerimplementiertes Verfahren ausgebildet.

**[0077]** Dazu kann der Computer eine Datenbank aufweisen, in der Positionen von Strangführungsmitteln, die veränderbaren Positionen der Strangsegmente, sowie geometrische Parameter des benutzten laufenden Strangs und der Strangführungsmittel hinterlegt sind.

**[0078]** Bei Änderung der Lastposition  $L_i$  in die darauf folgende Lastposition  $L_{i+1}$  kann anhand der in der Datenbank hinterlegten Daten eine Positionsänderung eines jeden Strangsegments bereits während der Positionsänderung bestimmt werden. Es kann außerdem eine Veränderung einer räumlichen Position eines Strangführungsmittels berücksichtigt werden.

**[0079]** Wird bei dieser Positionsänderung beispielsweise eine verschleißrelevante Bewegung eines der Strangsegmente, beispielsweise über ein Strangführungsmittel, festgestellt, erfolgt für dieses Strangsegment ein Eintrag in die Datenbank in einen Strangsegmentdatensatz. Beispielweise kann für ein Aufwickeln eines Strangsegments auf eine Trommel der Strangsegmentdatensatz um eine Biegewechselzahl von 0,5 ergänzt werden.

**[0080]** Für die Strangsegmente oder für Strangschnitte, die Strangsegmente mit gleichen Verschleißparametern aufweisen, wird ein Verschleißzustand berechnet und ein Ausgangssignal erzeugt und ausgegeben. Dazu können verschiedene Verschleißparameter sowie Berechnungsmethoden zur Bestimmung des Verschleißzustands, beispielsweise Schadenshypothesen, anhand der Verschleißparameter in der Datenbank hinterlegt sein.

**[0081]** Es versteht sich, dass verschleißrelevante geometrische Parameter eines der Strangführungsmittel, die ein Strangsegment bei der Änderung der Lastposition  $L_i$  in die darauffolgende Lastposition  $L_{i+1}$  passiert hat, den Strangsegmentdatensatz ergänzen können.

**[0082]** Es versteht sich außerdem, dass Strangsegmentgruppen und/oder Belastungsklassen gebildet und in der Datenbank hinterlegt werden können, wobei ein Parameter des Strangsegmentdatensatzes dessen Zugehörigkeit zu einer Strangsegmentgruppe und/oder einer Belastungsklasse ist.

**[0083]** Das Ausgangssignal kann eine verbleibende Biegewechselzahl bis zum Erreichen der Ablegeregire oder eines Strangversagens oder eine verbleibende Anzahl an Lasthüben sein. Zweckmäßigerverweise wird der mindestens eine Verschleißparameter und/oder der Ver-

schleißzustand des mindestens einen laufenden Strangs grafisch über eine Länge des laufenden Strangs auf einem Anzeigebildschirm angezeigt, vorzugsweise während oder nach einer jeden Änderung der Lastposition  $L_i$  in die darauffolgende Lastposition  $L_{i+1}$ .

**[0084]** Eine solche grafische Darstellung kann ein Diagramm sein, bei dem der mindestens eine Verschleißparameter und/oder der Verschleißzustand als Funktion einer Strangposition zwischen 0 und einer Gesamtlänge  $L$  des laufenden Strangs angezeigt wird.

**[0085]** Denkbar ist, dass eine Anzeige als Funktion der Strangsegmente erfolgt, wobei ein erstes Strangsegment an der Position 0 beginnt ein letztes Strangsegment an der Position  $L$  (Gesamtlänge des Strangs) endet.

**[0086]** Vorteilhaft ist eine Echtzeitüberwachung des laufenden Strangs möglich, bei der weiter vorteilhaft besondere belastete Strangbereiche leicht erkennbar sind.

**[0087]** In einer Ausgestaltung der Erfindung wird eine Veränderung des mindestens einen Verschleißparameters und/oder des Verschleißzustands des mindestens einen laufenden Strangs während der Änderung der Lastposition  $L_i$  in die darauffolgende Lastposition  $L_{i+1}$  grafisch über eine Länge des laufenden Strangs kontinuierlich auf einem Anzeigebildschirm angezeigt.

**[0088]** Eine solche grafische Darstellung kann ein sich nach einem jeden Zeitschritt  $\Delta t$  veränderndes Diagramm sein, bei dem der mindestens eine Verschleißparameter und/oder der Verschleißzustand als Funktion einer Strangposition zwischen 0 und einer Gesamtlänge  $L$  des laufenden Strangs angezeigt wird.  $\Delta t$  ist ein Zeitschritt, nach dem eine Positionsbestimmung von Strangsegmenten während einer Änderung der Lastposition  $L_i$  zu  $L_{i+1}$  erfolgt.

**[0089]** Vorteilhaft kann Verschleiß in Echtzeit bereits während der Änderung einer Lastposition verfolgt werden.

**[0090]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das Verfahren als Simulationsverfahren ausgebildet ist, bei dem eine Vorhersage eines Verschleißzustands eines laufenden Strangs bei Änderung einer Lastposition  $L_i$  einer bewegten Last in eine darauffolgende Lastposition  $L_{i+1}$  erfolgt.

**[0091]** Ist ein erfindungsgemäßes Verfahren als Simulationsverfahren ausgebildet, kann ein Konstrukteur einer Hub- oder Verschlussvorrichtung verschiedene Lastfälle simulieren und einen Verschleißzustand eines laufenden Strangs der Hub- oder Verschlussvorrichtung ermitteln. Anhand eines Simulationsergebnisses ist denkbar, dass eine Konstruktion der Hub- oder Verschlussvorrichtung derart geändert wird, dass bei gleichen Lastfällen eine längere Restbetriebsdauer oder eine längere Restlebensdauer des laufenden Strangs erreicht wird. Dazu können zum Beispiel Strangführungsmittel wie Seilscheiben geometrisch verändert werden, oder deren räumliche Position innerhalb der Hub- oder Verschlussvorrichtung kann verändert werden.

**[0092]** Vorteilhaft ist durch ein als Simulationsverfah-

ren ausgebildetes erfindungsgemäßes Verfahren eine auf Strangverschleiß optimierte Auslegung einer Hub- oder Verschlussvorrichtung möglich.

**[0093]** Eine erfindungsgemäße Vorrichtung, die insbesondere eine Hubvorrichtung oder eine Verschlussvorrichtung ist, ist dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens eine Antriebseinrichtung zur Bewegung des mindestens einen laufenden Strangs umfasst und zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist.

**[0094]** Eine Antriebseinrichtung ist zur Bewegung des mindestens einen laufenden Strangs vorgesehen und wäre beispielsweise bei einem Kran ein Trommelantrieb, das heißt eine angetriebene Seiltrommel, auf die ein laufendes Hubseil auf- und abgewickelt werden kann.

**[0095]** Es ist nicht erforderlich, dass die Vorrichtung selbst eine Auswerteinrichtung wie einen Computer aufweist. Denkbar ist, dass lediglich Sensordaten der Vorrichtung gesammelt und durch eine Übertragungseinrichtung drahtlos an die Auswerteinrichtung übermittelt werden, wobei die Auswerteinrichtung zur Bestimmung des Verschleißzustandes, der eine Restlebensdauer und/oder eine Restbetriebsdauer des mindestens einen laufenden Strangs sein kann, eingerichtet ist.

**[0096]** Vorteilhaft können Sensordaten verschiedener betriebener Vorrichtungen zentral gespeichert und verarbeitet werden. Insbesondere kann eine Datenbank vorgesehen sein, in der sämtliche Sensordaten gespeichert werden. Denkbar ist, dass historische Sensordaten zur Bestimmung des Verschleißzustandes des mindestens einen laufenden Strangs mit neuen oder bisher nicht verwendeten Vorhersagemodellen oder Schadenshypothesen benutzt werden. Vorteilhaft kann das erfindungsgemäße Verfahren im kontinuierlichen Betrieb der Vorrichtung derart angepasst werden, dass eine noch genauere Bestimmung des Verschleißzustandes möglich ist.

**[0097]** In einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Vorrichtung mindestens einen Verstellstrang und/oder mindestens einen Hubstrang auf. Vorteilhaft ist eine Bestimmung eines Verschleißzustands von laufenden Strängen selbst für komplexe Vorrichtungen mit vielen Strängen, beispielsweise für Kräne wie Turmdrehkräne, Containerverladekräne oder andere Hubvorrichtungen, zuverlässig möglich.

**[0098]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und der beigefügten, sich auf die Ausführungsbeispiele beziehenden Zeichnungen, näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Eine erfindungsgemäße Vorrichtung, die als Hubvorrichtung ausgebildet ist, in fünf verschiedenen Hublastpositionen  $L_1$  bis  $L_5$ ,

Fig. 2 Eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung, die als Hubvorrichtung ausgebildet ist, und die ein laufendes Verstellseil aufweist, in zwei Hublastpositionen  $L_1$  und  $L_2$ ,

Fig. 3 Verfahrensschritte eines erfindungsgemäßen

Verfahrens zur Ermittlung eines Verschleißzustands mindestens eines laufenden Strangs.

- 5   **[0099]** Eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Fig. 3 sowie eine Ermittlung einer Restlebensdauer und einer Restbetriebsdauer wird an in Fig. 1 und 2 gezeigten Ausführungsbeispielen, die einfache Hubvorrichtungen zeigen, erklärt.
- 10   **[0100]** Ein in Fig. 1 schematisch gezeigte, als Kran ausgebildete Hubvorrichtung 1 umfasst ein laufendes Hubseil 2 mit einer Gesamtlänge L, das über eine drehbare Seilscheibe 3 umgelenkt wird, wobei ein Umschlingungswinkel 90 Grad beträgt. Dies bedeutet, dass das Hubseil 2 durch die Seilscheibe 3 um 90 Grad umgelenkt wird. Das laufende Hubseil 2 ist in diesem Ausführungsbeispiel als geschlagenes Drahtseil ausgebildet.

## 20 Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung eines Verschleißzustands, insbesondere zur Vorhersage einer Restlebensdauer und/oder einer Restbetriebsdauer, mindestens eines laufenden Strangs (2; 2a, 18) einer den mindestens einen laufenden Strang zu deren bestimmungsgemäßer Verwendung nutzenden Vorrichtung (1; 1a), bei dem im Betrieb der Vorrichtung eine Position von Strangsegmenten (12; 12a, 23) des mindestens einen laufenden Strangs (2; 2a, 18) ermittelt wird, wobei für jedes Strangsegment (12; 12a, 23) des mindestens einen laufenden Strangs (2; 2a, 18) bei Änderung einer Lastposition  $L_i$  einer mit der Vorrichtung (1; 1a) bewegten Last (6, 9; 6a) in eine darauffolgende Lastposition  $L_{i+1}$  zumindest ein Verschleißparameter bestimmt wird, aus dem der Verschleißzustand des mindestens einen laufenden Strangs (2; 2a, 18) ermittelt wird, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** benachbarte Strangsegmente (12; 12a, 23) des mindestens einen laufenden Strangs (2; 2a, 18) mit gleicher Biegewechselzahl zu einem eine Strangsegmentgruppe (S1-S5) bildenden Strangabschnitt (13-17; 13a, 14a, 15a) zusammengefasst werden und innerhalb einer jeden Strangsegmentgruppe (S1-S5) Belastungsklassen (K1, K2) gebildet werden, wobei Strangsegmente (12; 12a, 23) gleicher Verschleißbeanspruchung, insbesondere über gleich große Strangführungsmitte geführte und/oder mit gleicher Längskraft belastete Strangsegmente, eine Belastungsklasse (K1, K2) bilden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** für jedes der Strangsegmente (12; 12a, 23) der mindestens eine Verschleißparameter, insbesondere eine Biegewechselzahl und/oder eine auf das Strangsegment wirkende Längskraft, ermittelt wird,

- und daraus für jedes Strangsegment (12; 12a, 23) eine Restlebensdauer und/oder eine Restbetriebsdauer ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** eine Belastungsklassenrestlebensdauer und/oder eine Belastungsklassenrestbetriebsdauer für jede Belastungsklasse (K1, K2) ermittelt wird, und daraus eine Restlebensdauer und/oder eine Restbetriebsdauer der Strangsegmentgruppe (S1-S5) ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Restlebensdauer und/oder die Restbetriebsdauer des laufenden Strangs (2; 2a, 18) anhand einer Restlebensdauer und/oder einer Restbetriebsdauer derjenigen Strangsegmentgruppe (S1-S5) mit der geringsten Strangsegmentrestlebensdauer und/oder der geringsten Strangsegmentrestbetriebsdauer ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Verschleißzustand des mindestens einen laufenden Strangs (2; 2a, 18) anhand einer Schadenshypothese ermittelt wird, für die eine Bewegung des mindestens einen laufenden Strangs (2; 2a, 18) und eine auf den mindestens einen laufenden Strang wirkende Kraft bei der Änderung der Lastposition  $L_i$  in die darauffolgende Lastposition  $L_{i+1}$  berücksichtigt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** für jeden laufenden Strang (2a, 18) einer Hubvorrichtung (1a), die mehrere laufende Stränge (2a, 18) aufweist, ein Verschleißzustand eines Hubstrangs (2a) und/oder eines Verstellstrangs (18) der Hubvorrichtung (1a) in der Lastposition  $L_{i+1}$  bestimmt wird, vorzugsweise derart, dass Wechselwirkungen der mehreren laufenden Stränge (2a, 18) berücksichtigt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Verfahren als computerimplementiertes Verfahren ausgebildet ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der mindestens eine Verschleißparameter und/oder der Verschleißzustand des mindestens einen laufenden Strangs (2; 2a, 18) grafisch über eine Länge des laufenden Strangs auf einem Anzeigebildschirm angezeigt wird, vorzugsweise während oder nach einer jeden Änderung der Lastposition  $L_i$
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** eine Veränderung des mindestens einen Verschleißparameters und/oder des Verschleißzustands des mindestens einen laufenden Strangs (2; 2a, 18) während der Änderung der Lastposition  $L_i$  in die darauffolgende Lastposition  $L_{i+1}$  grafisch über eine Länge des laufenden Strangs kontinuierlich auf einem Anzeigebildschirm angezeigt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Verfahren als Simulationsverfahren ausgebildet ist, bei dem eine Vorhersage eines Verschleißzustands eines laufenden Strangs während oder nach der Änderung der Lastposition  $L_i$  einer bewegten Last (6; 9; 6a) in die darauffolgende Lastposition  $L_{i+1}$  erfolgt.
11. Vorrichtung, insbesondere Hubvorrichtung (1; 1a) oder Verschlussvorrichtung, die mindestens einen laufenden Strang (2; 2a, 18), ein Strangführungsmitte (3; 5; 3a, 5a, 21, 22) für den mindestens einen laufenden Strang (2; 2a, 18) und eine zumindest einen Sensor (10, 11; 10a, 11a, 24) umfassende Sensoreinrichtung zur Erfassung einer Bewegungsgeschwindigkeit des Strangführungsmitte und/oder einer auf den mindestens einen Strang wirkenden Kraft aufweist,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Vorrichtung (1; 1a) mindestens eine Antriebeinrichtung (5; 5a, 22) zur Bewegung des mindestens einen laufenden Strangs (2; 2a, 18) umfasst und zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 eingerichtet ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Vorrichtung (1; 1a) mindestens einen Verstellstrang (18) und/oder mindestens einen Hubstrang (2; 2a) aufweist.

## Claims

- Method for determining a state of wear, in particular for predicting a remaining service life and/or a remaining operating time, of at least one running strand (2; 2a, 18) of an apparatus (1; 1a) using the at least one running strand for its intended use, in which, during operation of the apparatus, a position of strand segments (12; 12a, 23) of the at least one running strand (2; 2a, 18) is determined, wherein at least one wear parameter is determined for each strand segment (12; 12a, 23) of the at least one running strand (2; 2a, 18) when a load position  $L_i$

- of a load (6; 9; 6a) moved by the apparatus (1; 1a) is changed to a subsequent load position  $L_{i+1}$ , from which wear parameter the state of wear of the at least one running strand (2; 2a, 18) is determined,  
**characterized in that**
- adjacent strand segments (12; 12a, 23) of the at least one running strand (2; 2a, 18) with the same number of bending cycles are combined to form a strand section (13-17; 13a, 14a, 15a) forming a strand segment group (S1-S5), and load classes (K1, K2) are formed within each strand segment group (S1-S5), wherein strand segments (12; 12a, 23) with the same wear characteristics, in particular strand segments guided by strand guiding means of the same size and/or loaded with the same longitudinal force, form a load class (K1, K2).
2. Method according to claim 1,  
**characterized in that**  
for each of the strand segments (12; 12a, 23) the at least one wear parameter, in particular a number of bending cycles and/or a longitudinal force acting on the strand segment, is determined, and a remaining service life and/or a remaining operating time is determined therefrom for each strand segment (12; 12a, 23).
3. Method according to claim 2,  
**characterized in that**  
a load class residual service life and/or a load class residual operating time is determined for each load class (K1, K2), and a residual service life and/or a residual operating time of the strand segment group (S1-S5) is determined therefrom.
4. Method according to claim 3,  
**characterized in that**  
the remaining service life and/or the remaining operating time of the running strand (2; 2a, 18) is determined on the basis of a remaining service life and/or a remaining operating time of that strand segment group (S1-S5) with the lowest remaining strand segment service life and/or the lowest remaining strand segment operating time.
5. Method according to any one of claims 1 to 4,  
**characterized in that**  
the state of wear of the at least one running strand (2; 2a, 18) is determined on the basis of a damage hypothesis, for which a movement of the at least one running strand (2; 2a, 18) and a force acting on the at least one running strand are taken into account when the load position  $L_i$  is changed to the subsequent load position  $L_{i+1}$ .
6. Method according to any one of claims 1 to 5,  
**characterized in that**  
for each running strand (2a, 18) of a hoisting appa-
- ratus (1a) having a plurality of running strands (2a, 18), a wear state of a hoisting strand (2a) and/or of an adjusting strand (18) of the hoisting apparatus (1a) is determined in the load position  $L_{i+1}$ , preferably in such a way that interactions of the plurality of running strands (2a, 18) are taken into account.
7. Method according to any one of claims 1 to 6,  
**characterized in that**  
the method is designed as a computer-implemented method.
8. Method according to any one of claims 1 to 7,  
**characterized in that**  
the at least one wear parameter and/or the state of wear of the at least one running strand (2; 2a, 18) is displayed graphically over a length of the running strand on a display screen, preferably during or after each change of the load position  $L_i$  to the subsequent load position  $L_{i+1}$ .
9. Method according to any one of claims 1 to 8,  
**characterized in that**  
a change in the at least one wear parameter and/or the state of wear of the at least one running strand (2; 2a, 18) during the change of the load position  $L_i$  to the subsequent load position  $L_{i+1}$  is displayed graphically continuously on a display screen over a length of the running strand.
10. Method according to any one of claims 1 to 9,  
**characterized in**  
the method is designed as a simulation method in which a prediction of a state of wear of a running strand is carried out during or after the change of the load position  $L_i$  of a moving load (6; 9; 6a) to the subsequent load position  $L_{i+1}$ .
11. Apparatus, in particular hoisting apparatus (1; 1a) or closing apparatus, which has at least one running strand (2; 2a, 18), a strand guiding means (3; 5; 3a, 5a, 21, 22) for the at least one running strand (2; 2a, 18) and a sensor device comprising at least one sensor (10, 11; 10a, 11a, 24) for detecting a speed of movement of the strand guiding means and/or for detecting a force acting on the at least one strand,  
**characterized in that**  
the apparatus (1; 1a) comprises at least one driving device (5; 5a, 22) for moving the at least one running strand (2; 2a, 18) and is designed to carry out the method according to one of claims 1 to 9.
12. The apparatus according to claim 11,  
**characterized in that**  
the apparatus (1; 1a) has at least one adjusting strand (18) and/or at least one hoisting strand (2; 2a).

**Revendications**

1. Procédé pour déterminer l'état d'usure, en particulier pour prédire la durée de vie restante et/ou la durée de service restante, d'au moins un câble courant (2 ; 2a, 18) d'un appareil (1 ; 1a) utilisant au moins un câble courant pour l'usage prévu, dans lequel, pendant le fonctionnement de l'appareil, une position des segments de câble (12 ; 12a, 23) d'au moins un câble courant (2 ; 2a, 18) est déterminée, dans laquelle au moins un paramètre d'usure est déterminé pour chaque segment de câble (12 ; 12a, 23) du au moins un câble courant (2 ; 2a, 18) lorsqu'une une position de charge  $L_i$  d'une charge (6, 9 ; 6a) déplacée par l'appareil (1; 1a) passe à une position de charge suivante  $L_{i+1}$ , à partir de laquelle le paramètre d'usure est déterminé pour l'état d'usure du au moins un câble courant (2 ; 2a, 18),  
**caractérisé en ce que**  
des segments de câble adjacents (12 ; 12a, 23) du au moins un câble courant (2 ; 2a, 18) ayant le même nombre de cycles de flexion sont combinés pour former une section de câble (13- 17 ; 13a, 14a, 15a) formant un groupe de segments de câble (S1-S5), et des classes de charge (K1, K2) sont formées dans chaque groupe de segments de câble (S1-S5), dans lequel les segments de câble (12 ; 12a, 23) ayant les mêmes caractéristiques d'usure, en particulier des segments de câble guidés par des moyens de guidage de même taille et/ou chargés avec la même force longitudinale, forment une classe de charge (K1, K2).
2. Procédé selon la revendication 1,  
**caractérisé en ce que**  
pour chacun des segments de câble (12 ; 12a, 23), au moins un paramètre d'usure est déterminé, en particulier un nombre de cycles de flexion et/ou une force longitudinale agissant sur le segment de câble, et une durée de vie restante et/ou une durée de service restante pour chaque segment de câble (12 ; 12a, 23) est déduite.
3. Procédé selon la revendication 2,  
**caractérisée en ce que**  
pour chaque classe de charge (K1, K2), une durée de vie résiduelle de la classe de charge et/ou un temps de service résiduel de la classe de charge est déterminée, et une durée de vie résiduelle et/ou un temps de service résiduel du groupe de segments de câble (S1-S5) est en déduite.
4. Procédé selon la revendication 3,  
**caractérisé en ce que**  
la durée de vie restante et/ou la durée de service restante du câble (2 ; 2a, 18) est déterminée sur base de la durée de vie restante et/ou de la durée de service restante du groupe de segments de câble (S1-S5) dont la durée de vie restante et/ou la durée de service restante du segment de câble est la plus faible.
5. Méthode selon l'une des revendications 1 à 4,  
**caractérisé en ce que**  
l'état d'usure du au moins un câble courant (2 ; 2a, 18) est déterminé sur base d'une hypothèse d'endommagement, pour laquelle un mouvement du au moins un câble courant (2 ; 2a, 18) et une force agissant sur le au moins un câble courant sont prises en compte lors du passage de la position de charge  $L_i$  à la position de charge suivante  $L_{i+1}$ .
10. 6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5,  
**caractérisé en ce que**  
pour chaque câble courant (2a, 18) d'un appareil de levage (1a) comportant plusieurs câbles courants (2a, 18), un état d'usure d'un câble courant (2a) et/ou d'un câble de réglage (18) de l'appareil de levage (1a) est déterminé dans la position de charge  $L_{i+1}$ , de préférence de manière à prendre en compte les interactions de plusieurs câbles courants (2a, 18).
15. 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6,  
**caractérisée en ce que**  
le procédé est conçu comme un procédé mis en œuvre par ordinateur.
20. 8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7,  
**caractérisé en ce que**  
l'au moins un paramètre d'usure et/ou l'état d'usure d'au moins un câble courant (2 ; 2a, 18) est affiché graphiquement sur une longueur du câble courant sur un écran d'affichage, de préférence pendant ou après chaque passage de la position de charge  $L_i$  à la position de charge suivante  $L_{i+1}$ .
25. 9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8,  
**caractérisé en ce que**  
l'évolution d'au moins un paramètre d'usure et/ou l'état d'usure d'au moins un câble courant (2 ; 2a, 18) lors du passage de la position de charge  $L_i$  à la position de charge subséquente  $L_{i+1}$  est affichée graphiquement en continu sur un écran d'affichage sur une longueur du câble.
30. 10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9,  
**caractérisée en ce que**  
la méthode est conçue comme une méthode de simulation dans laquelle une prédiction de l'état d'usure d'un câble courant est effectuée pendant ou après le passage de la position de charge  $L_i$  d'une charge en mouvement (6, 9 ; 6a) à la position de charge suivante  $L_{i+1}$ .
35. 11. Appareil, en particulier appareil de levage (1 ; 1a) ou appareil de fermeture, qui comprend au moins un

câble courant (2 ; 2a, 18), un moyen de guidage de câble (3, 5 ; 3a, 5a, 21, 22) pour le au moins un câble courant (2 ; 2a, 18) et un dispositif de détection comprenant au moins un capteur (10, 11 ; 10a, 11a, 24) pour détecter une vitesse de déplacement 5 du moyen de guidage de câble et/ou pour détecter une force agissant sur le au moins un câble,

**caractérisé en ce que**

l'appareil (1 ; 1a) comprend au moins un dispositif d' entraînement (5 ; 5a, 22) pour déplacer le au moins 10 un câble courant (2 ; 2a, 18) et est conçu pour mettre en œuvre le procédé selon l'une des revendications 1 à 9.

12. L'appareil selon la revendication 11, 15

**caractérisé par le fait que**

l'appareil (1 ; 1a) comporte au moins un câble de réglage (18) et/ou au moins un câble de levage (2 ; 2a).

20

25

30

35

40

45

50

55

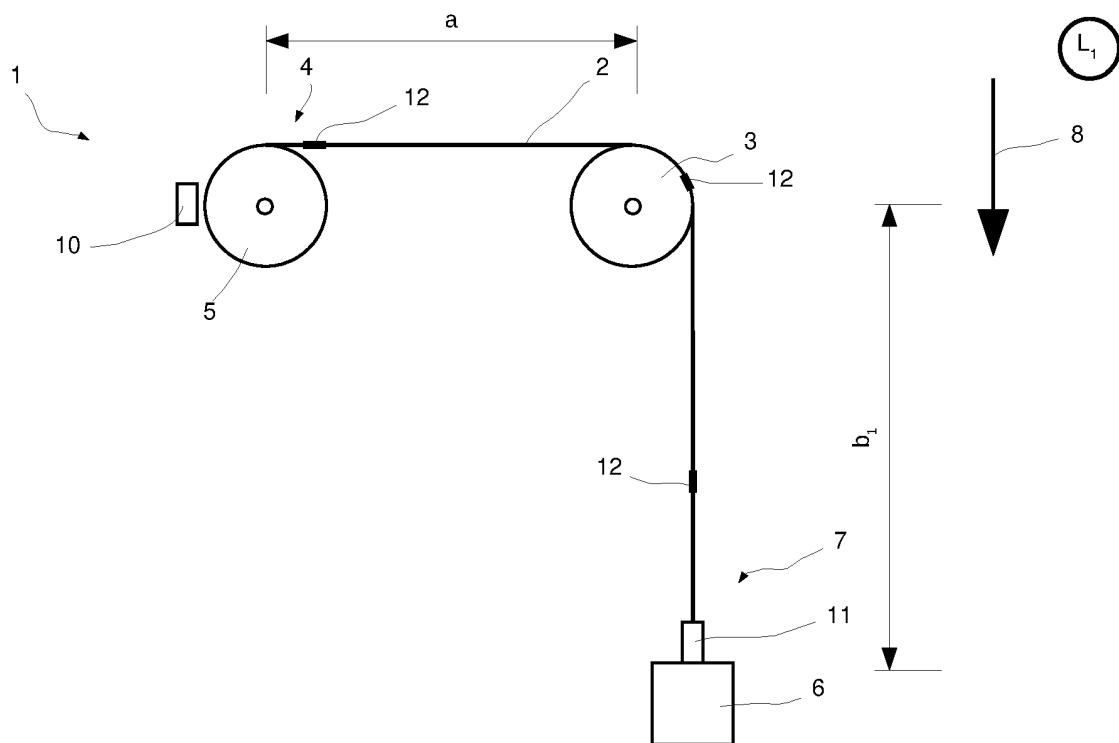


Fig. 1a

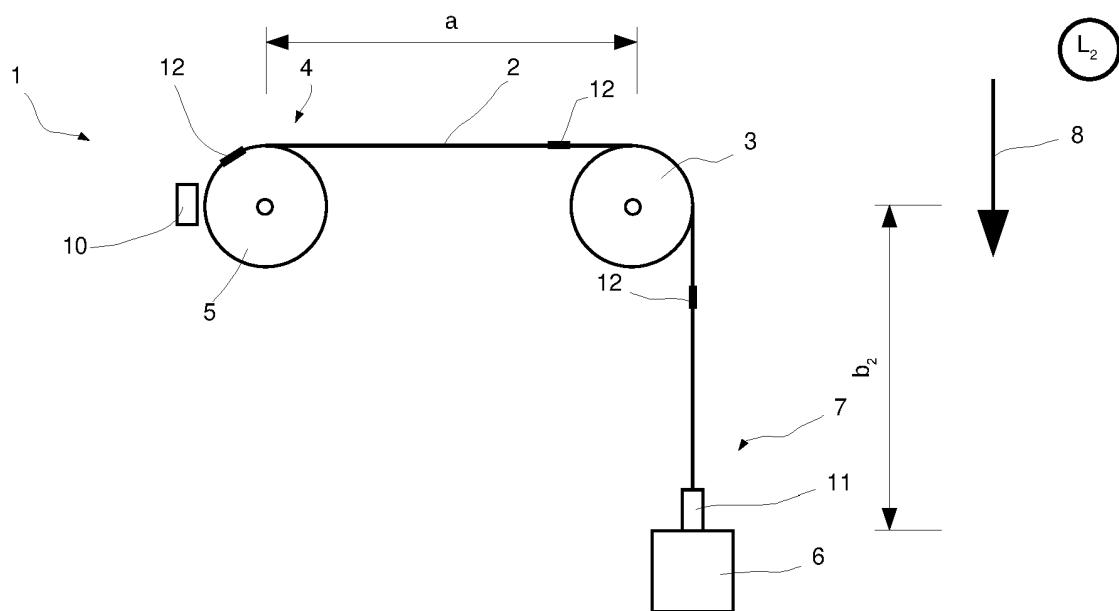


Fig. 1b

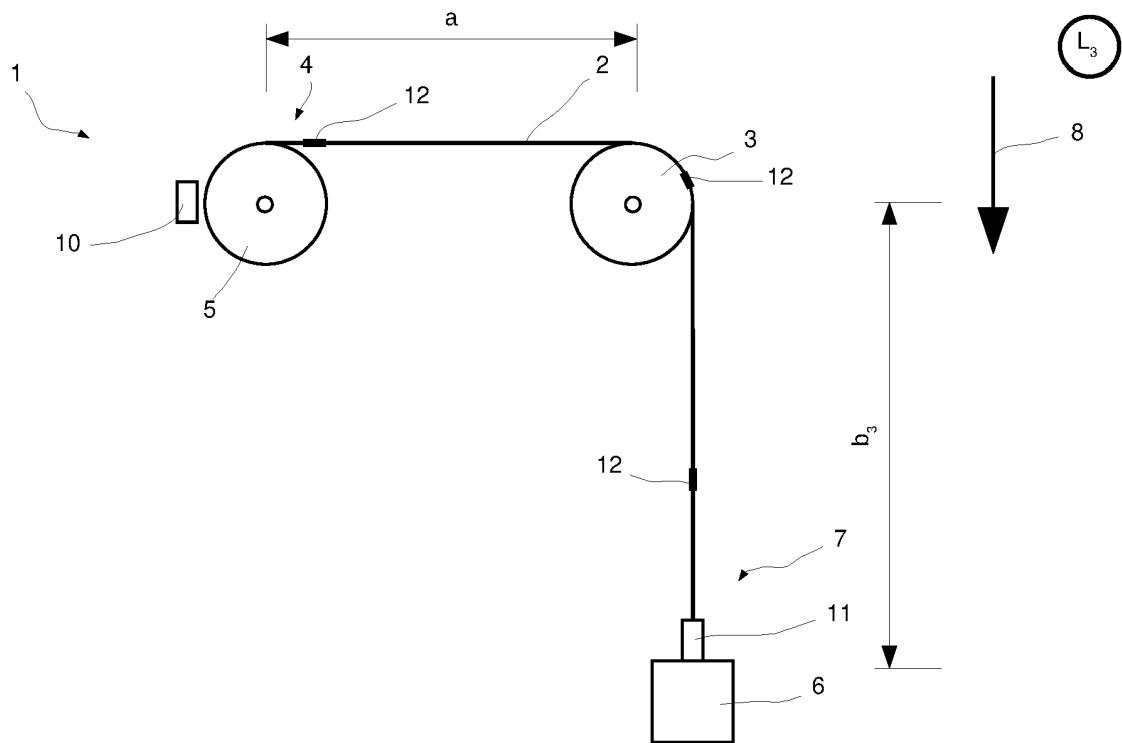


Fig. 1c

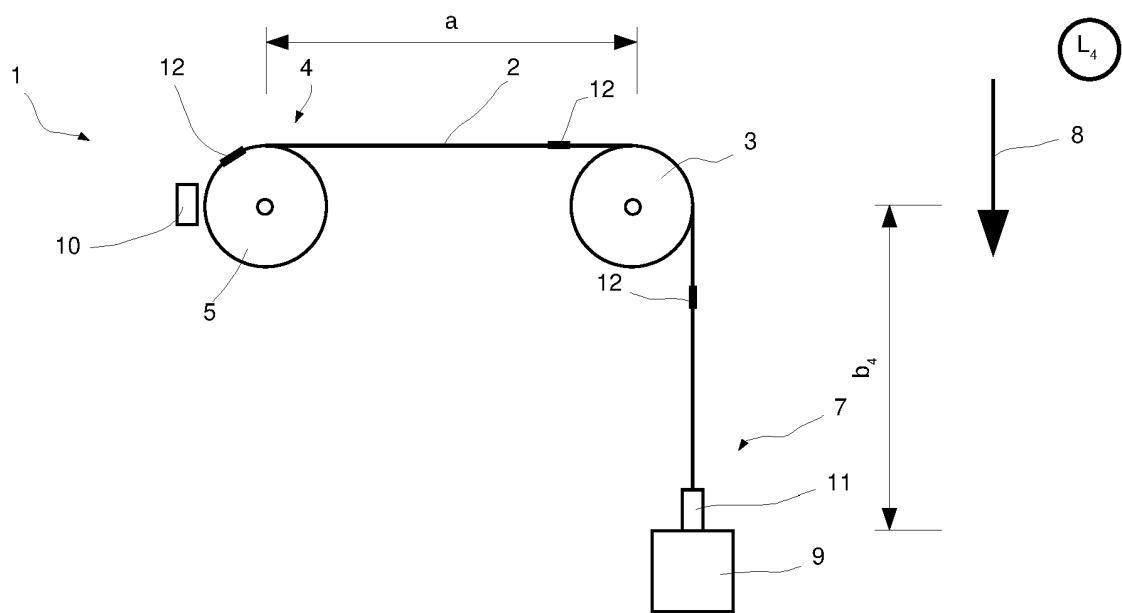


Fig. 1d

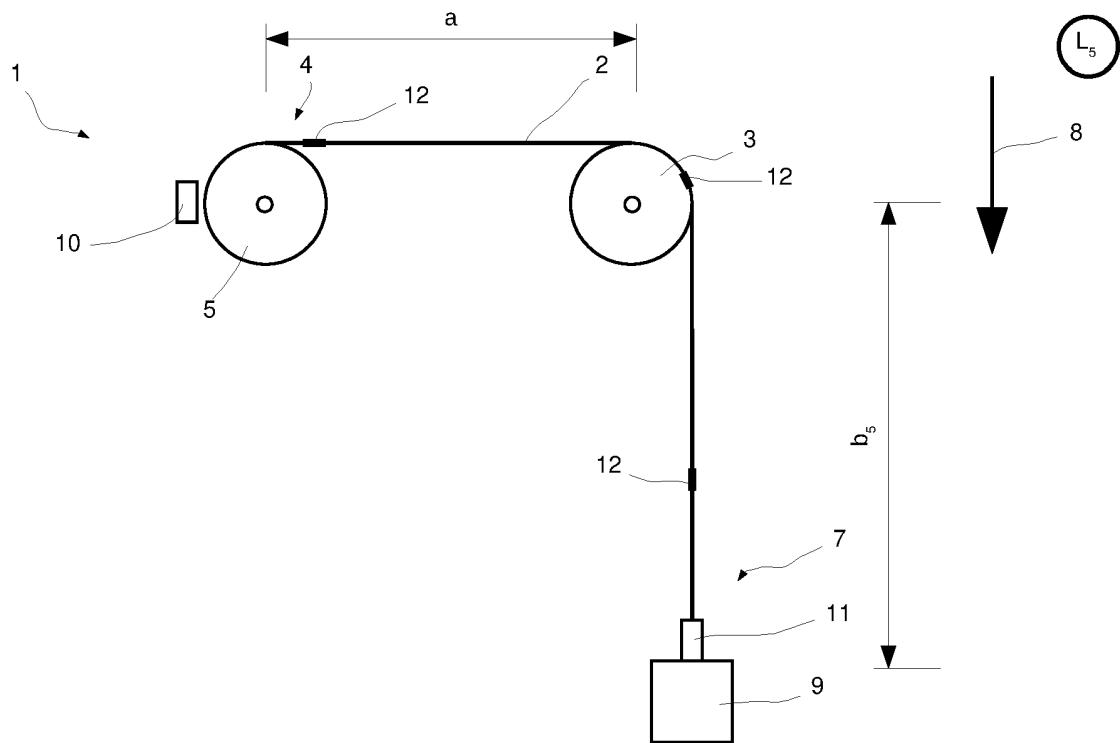


Fig. 1e

Biegewechselzahl

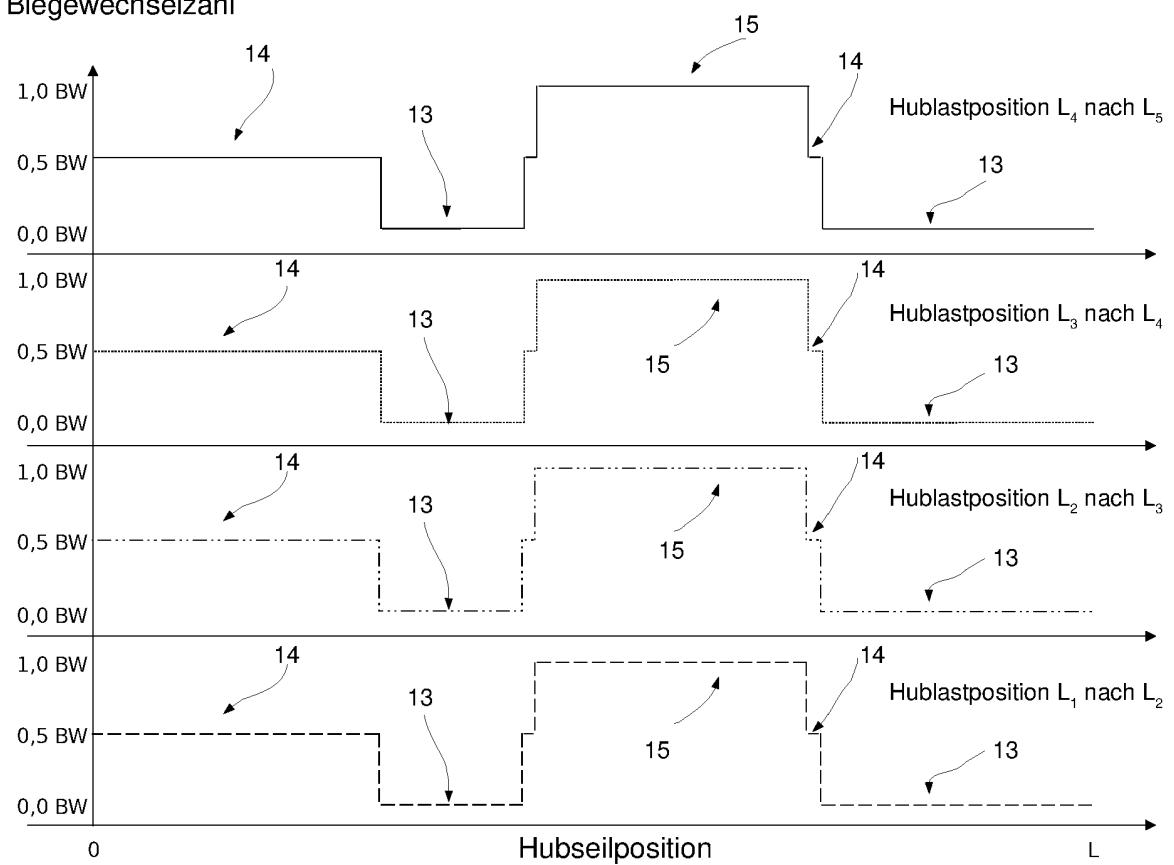


Fig. 1f

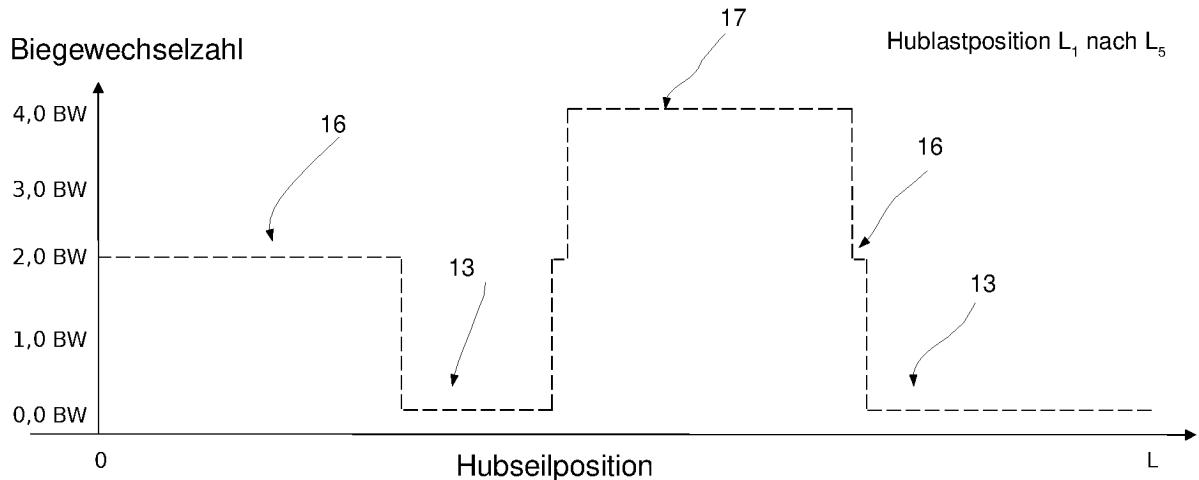


Fig. 1g

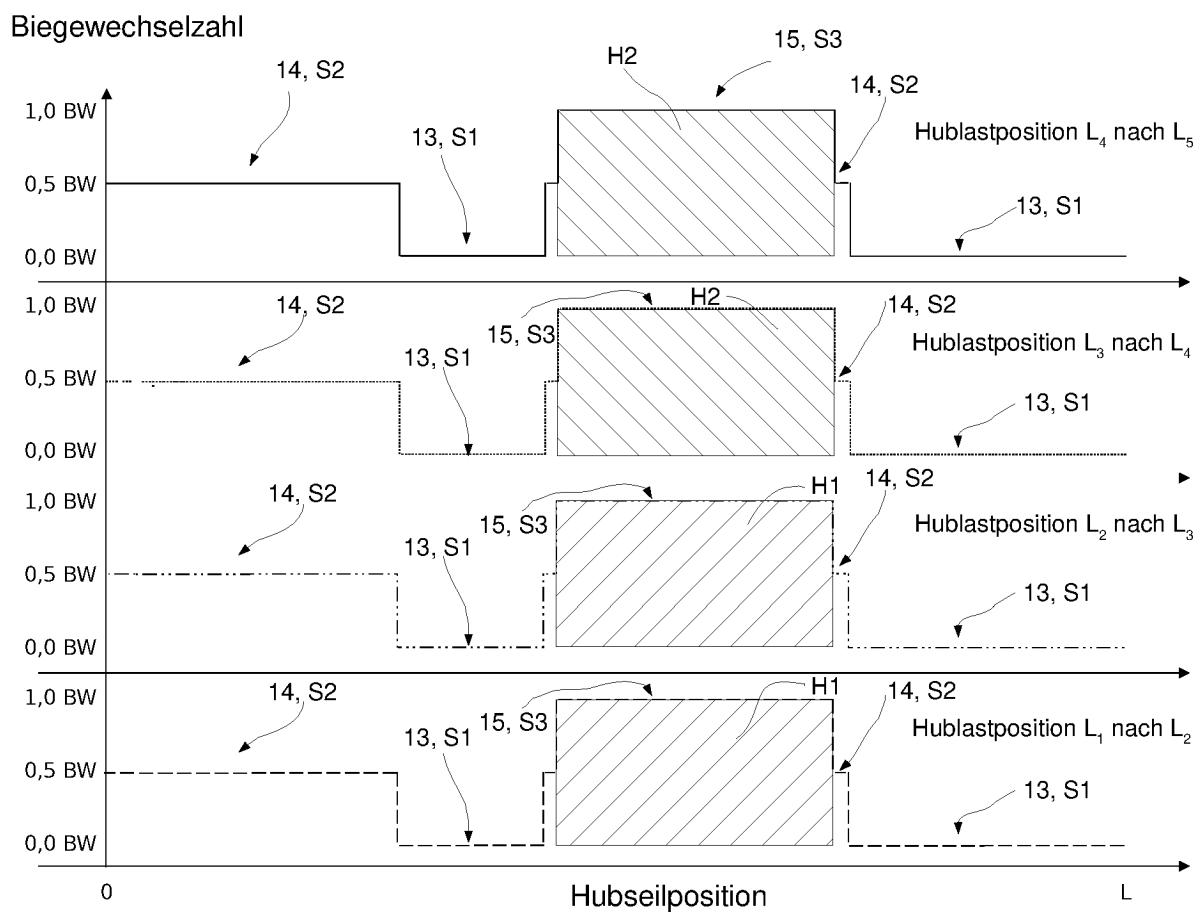


Fig. 1h

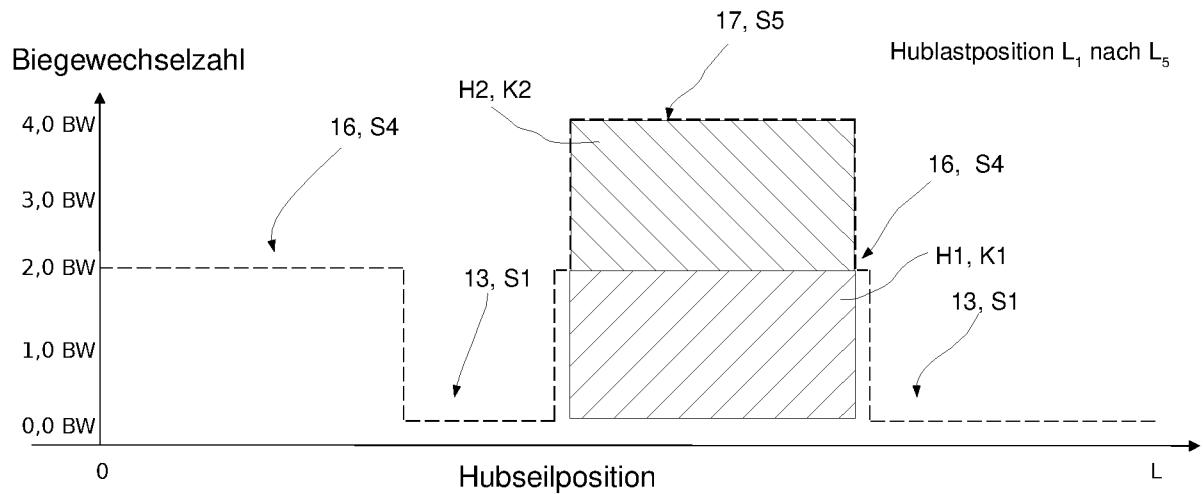


Fig. 1i

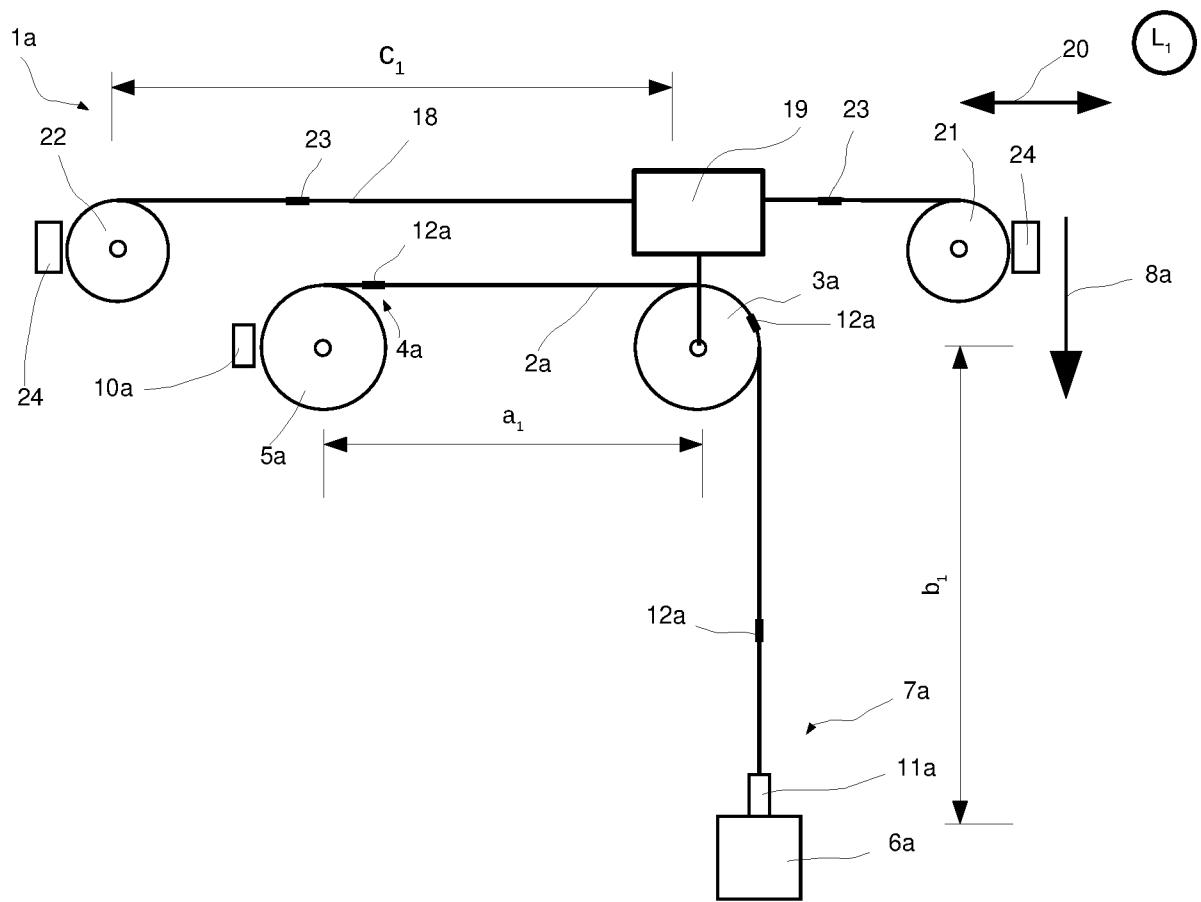


Fig. 2a

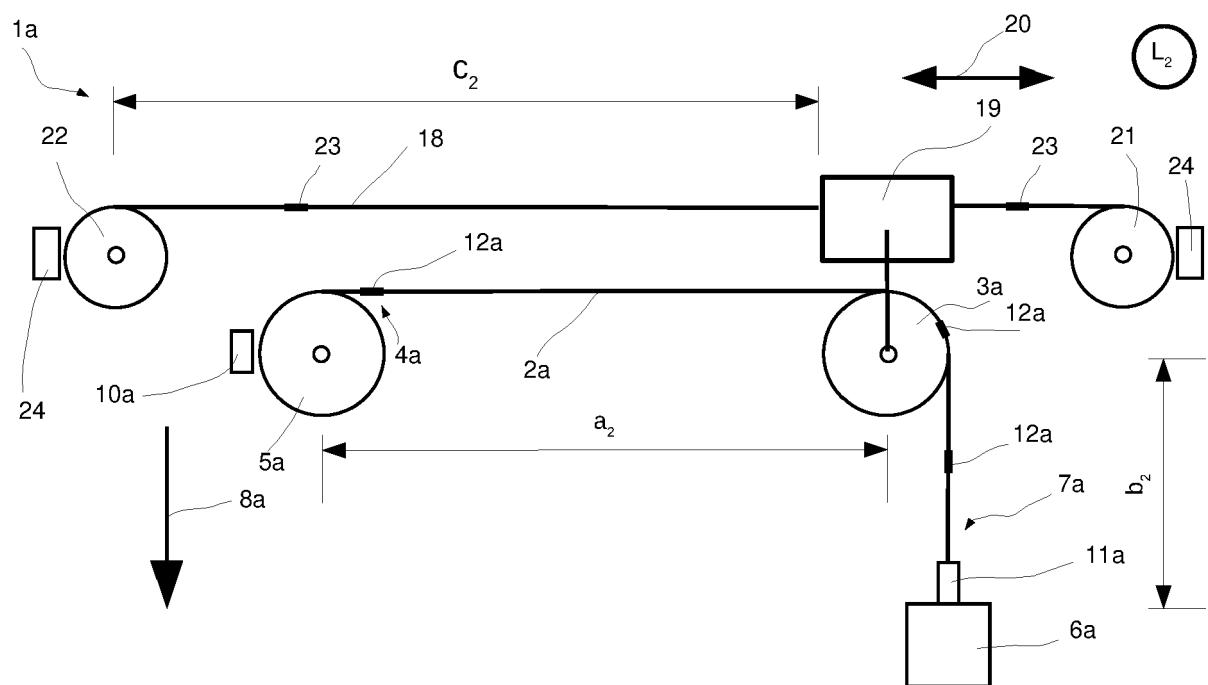


Fig. 2b

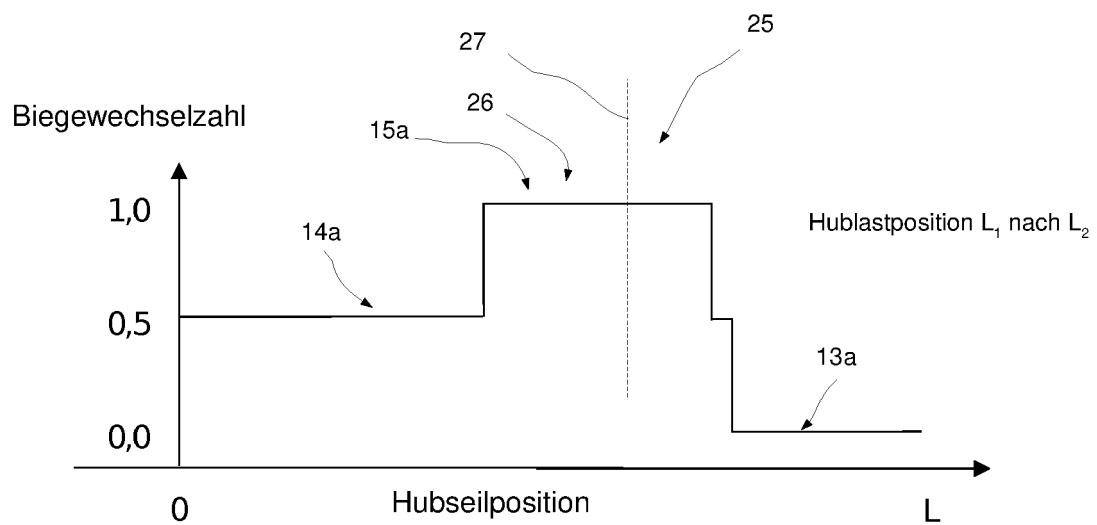


Fig. 2c

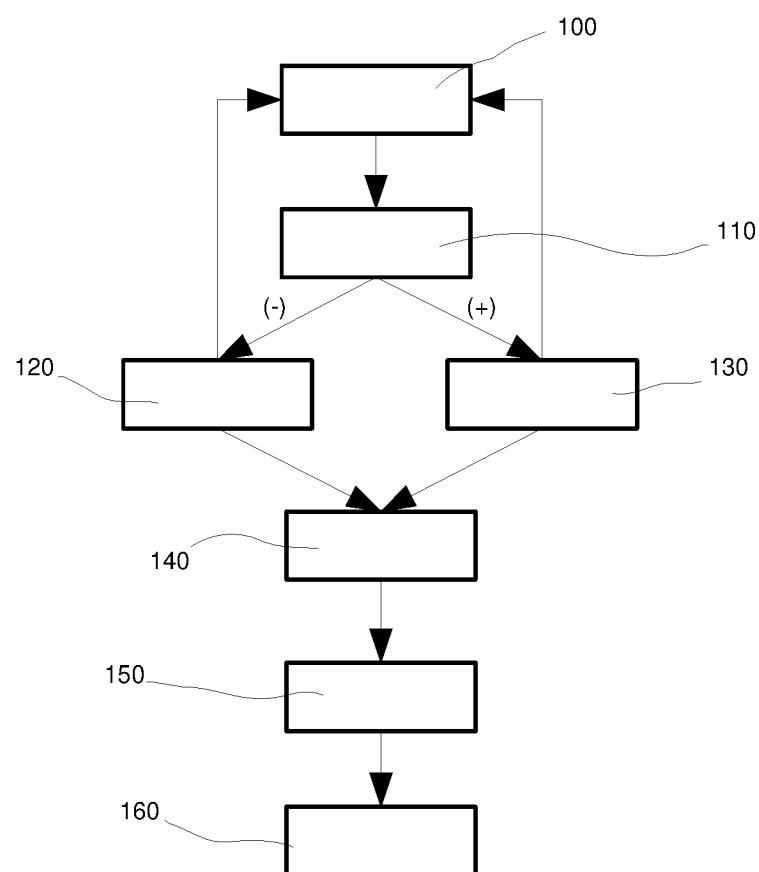


Fig. 3

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102013017110 A1 [0027]
- DE 102013014265 A1 [0028]
- CN 103112781 A [0029]
- DE 202011001846 U1 [0030]
- DE 102011080466 A1 [0031]
- DE 102004063709 B3 [0032]
- US 2017045493 A1 [0032]
- JP 2020040801 A [0032]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **KLAUS FREYRER.** Drahtseile - Bemessung, Betrieb, Sicherheit. Vieweg Verlag [0024]
- Zur Abschätzung der Lebensdauer von laufenden hochmodularen Faserseilen. **GREGOR NOVAK.** Dissertation. Berichte aus dem Institut für Fördertechnik und Logistik, Universität Stuttgart, November 2017 [0025]
- Beitrag zur Untersuchung des Lebensdauerverhaltens von Drahtseilen unter einer kombinierten Beanspruchung aus Zug, Biegung und Torsion. **TOBIAS WEBER.** Dissertation. Berichte aus dem Institut für Fördertechnik und Logistik, Universität Stuttgart, September 2013 [0025]