



(10) **DE 10 2014 001 058 B4** 2021.01.07

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 001 058.9**
(22) Anmeldetag: **28.01.2014**
(43) Offenlegungstag: **30.07.2015**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.01.2021**

(51) Int Cl.: **B65H 54/28 (2006.01)**
B65H 57/14 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**gabo Systemtechnik GmbH, 94559
Niederwinkling, DE**

(74) Vertreter:
**BOEHMERT & BOEHMERT Anwaltspartnerschaft
mbB - Patentanwälte Rechtsanwälte, 28209
Bremen, DE**

(72) Erfinder:
**Karl, Markus, 94327 Bogen, DE; Lederer, Roland,
94374 Schwarzach, DE; Binder, Hans, 94469
Deggendorf, DE; Schuhbauer, Gerhard, 94327
Bogen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

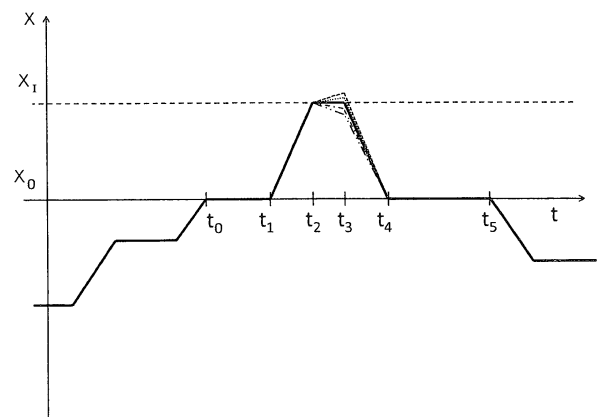
DE	10 2012 010 839	B4
DE	24 41 090	A1
DE	25 56 484	A1
DE	197 26 285	A1
DE	10 2013 002 017	A1
DE	10 2013 002 019	A1
DE	10 2013 002 020	A1
DE	10 2013 002 022	A1
DE	10 2013 002 023	A1
EP	0 203 046	B1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Wickeln eines strangförmigen Wickelguts**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum wendelgemäßen Wickeln eines strangförmigen Wickelguts, wie eines kontinuierlich extrudierten Rohres (3), vorzugsweise aus Kunststoff, auf eine drehangetriebene Wickeltrommel (5), wobei
a) das Wickelgut der rotierenden Wickeltrommel (5) über eine für eine axiale Hin- und Herverlegebewegung gelagerten Führung übergeben wird, die relativ zur Wickeltrommel (5) im Wesentlichen entsprechend dem Wicklungsfortschritt gestellt wird; und

b) bei Erreichen einer insbesondere vorbestimmten oder sensierten Wendeposition X_0 eine Wendeoperation durchgeführt wird, bei der:

i) die in einer Hin-Verlegebewegung zur Wendeposition X_0 ankommende Führung im Wesentlichen in einer radialen Vertikalrichtung von der Wickeltrommel (5) weg entfernt, insbesondere angehoben, wird, um insbesondere ein freies Kontaktende der Führung von der Wickeltrommel (5) oder einer bereits gewickelten Wendelage (15) zu befreien; und
ii) bei oder nach dem Entfernen (i) die Führung um eine insbesondere vorab festgelegte axiale Nachrückstrecke weiter in axialer Hin-Verlegebewegungsrichtung relativ zur Wickeltrommel (5) derart vorgerückt wird, dass in axialer Hin- und Her-Verlegebewegungsrichtung die Wendeposition X_0 überfahren wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Verlegearm für eine Vorrichtung zum wendelgemäßen Wickeln eines strangförmigen Wickelguts, wie eines kontinuierlich extrudierten Rohres, vorzugsweise aus Kunststoff auf eine rotierende Wickeltrommel. Bei dem Wickelgut, wie einem extrudierten Kunststoffrohr, beispielsweise einem Kabelschutzrohr, in dem ein Glasfaserkabel geschützt verlegt werden kann, kommt es unter anderem darauf an, das Wickelgut in einer Länge von mehreren hundert Metern bei begrenztem Baustellenplatz vorrätig zu halten, um es insbesondere unterirdisch über weite Strecken zu verlegen.

[0002] Es ist bekannt, das Wickelgut auf eine Wickeltrommel oder -spule zu wickeln und die gewickelte Trommel zur Baustelle zu transportieren. Vor Ort kann es je nach Bedarf abgewickelt werden.

[0003] Der Aufwickelvorgang schließt aus fertigungsökonomischen Gründen unmittelbar an den Herstellprozess, insbesondere an das Extrudieren, des Wickelguts an, so dass das eben extrudierte Kunststoffwickelgut unabgelängt eine Kühlstation verlässt und der Wickelungsvorrichtung zugeführt wird. Der Wickelvorgang selbst wird dann üblicherweise von einer Bedienperson kontrolliert und gegebenenfalls manuell manipuliert.

[0004] Bei der Verwendung eines Kabelschutzrohres als Wickelgut wird üblicherweise eine Standard-Wickeltrommel aus Holz verwendet. Das auf die Holz-Wickeltrommel gewickelte Kabelschutzrohr wird an Baustellen geliefert, um es dort je nach Bedarf zu verbauen. Solche günstigen, genormten Holz-Wickeltrommeln oder auch andere Wickeltrommeln haben sich aufgrund eines relativ niedrigen Preises und der möglichen Wiederverwendbarkeit insbesondere im Einsatz auf Baustellen bewährt. Allerdings haben die Wickeltrommeln rotationsunsymmetrische Axial- und Radial-Schläge aufgrund von Unwuchten an den seitlichen Seitenflanschen und an dem Trommelkern. Wegen der geometrischen Unregelmäßigkeit der Wickeltrommel ist gemäß Stand der Technik eine ständig von einer Bedienperson überwachte und manipulierte Aufwicklung des Wickelguts notwendig. Eine Automatisierung ist neben unvorhersehbaren Geometrieunterschieden von Niedrigpreistrommeln auch insofern bisher nicht erreicht, als sich außerdem bei Kunststoffrohren die Materialeigenschaften erst nach längerer Aushärtezeit stabilisieren, so dass sich die Wickeleigenschaft des Kunststoffrohrs nach und während des Wickelns aufgrund von Änderungen der Materialeigenschaften nach dem Extrudieren kaum vorhersagen lässt. Derartige individuelle kaum vorprognostizierbare Wickelbedingungen erfordern ein Bedienpersonal mit langjähriger Wickelerfahrung beim Überwachen und Manipulieren des Wickelguts. Bisher konnte eine zumindest annähernd

vollständig automatisierte Wickelung ohne manuelle Unterstützung einer Bedienperson insbesondere bei einer Wickelgeschwindigkeit von über 100 m pro Minute nicht erreicht werden.

[0005] In der Automatisierungstechnik sind Wickelungsverfahren sowie Wickelungsvorrichtungen an sich bekannt, bei denen Elektrokabel auf geometriepräzise Rollen aufgewickelt werden. EP 0 203 046 B1 offenbart beispielsweise einen Kabelwickler, bei dem ein Führungsarm, der zur Wickelrolle gerichtet ist, mehrere Armglieder aufweist, die mittels mehrerer Armgelenkstellen miteinander verbunden sind. Es zeigte sich allerdings, dass bei den bekannten Wickelungsautomatisierungsprozessen sowohl für das Kabel als auch für die rotationssymmetrische Wickeltrommel Idealbedingungen vorliegen, was die Geometrie der Wickeltrommel als auch die Materialeigenschaften des Wickelguts betrifft. Gerade bei Drahtwicklern handelt es sich um Produkte hoher Werkstoffgüte und gleichmäßiger und konstanter Materialeigenschaften. Für derartige Wickelgüter wird ein höherer Kostenaufwand betrieben, um idealgeometrische, unwuchtfreie Wickelspulen bereitzustellen. Es zeigte sich, dass die bekannten automatisierten Wickelungstechniken dann nicht erfolgreich eingesetzt werden können, wenn ein Wickelgut sowie eine Wickeltrommel verwendet werden, deren Material- bzw. Geometrieigenschaften nicht vorhersehbar sind.

[0006] DE 10 2013 002 019 A1 offenbart eine Wickelungsvorrichtung für ein strangförmiges Wickelgut und ein Verfahren dazu. DE 24 41 090 A1 offenbart eine automatische Kabelwickelvorrichtung. Aus DE 25 56 484 A1 ist eine Kabelwickelmaschine bekannt. DE 197 26 285 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Aufwickeln von strangförmigem Wickelgut auf eine Spule. Ferner offenbart DE 10 2012 010 839 B4 eine gewickelte Drahtspule sowie eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung der Drahtspule.

[0007] Es ist Aufgabe der Erfindung, die Nachteile des Stands der Technik zu überwinden, insbesondere einen Verlegearm für eine Vorrichtung zum wendelgemäßen Wickeln eines strangförmigen Wickelguts, wie eines kontinuierlich extrudierten Rohres, vorzugsweise aus Kunststoff auf eine Wickeltrommel bereitzustellen, wobei ein höherer Automatisierungsgrad zu erreichen ist, bei dem ein manueller Eingriff durch eine Bedienperson weitestmöglich unnötig ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst. Danach ist ein Verfahren zum erfindungsgemäßen Wickeln eines strangförmigen Wickelguts, wie eines kontinuierlich extrudierten Rohres, vorzugsweise aus Kunststoff, auf eine drehangetriebene Wickeltrommel vorgesehen. Die Wickeltrommel soll rotierbar gelagert werden, wobei die Rota-

tionsachse ortsfest verbleibt, so dass die achsfeste Wickeltrommel ausschließlich eine Rotation um deren Rotations- oder Wickelachse ausführt. Beim erfindungsgemäßen Wickelungsverfahren wird das Wickelgut der rotierenden Wickeltrommel über eine für eine axiale Hin- und Herverlegebewegung gelagerte Führung übergeben. Vorzugsweise umfasst die Führung einen Verlegearm, durch den hindurch oder über den das Wickelgut bis zur Abgabe an die Wickeltrommel geführt ist. Vorzugsweise ist der Verlegearm an einem Träger, wie einer Schienenstruktur, schlittenartig gelagert. Es kann eine Schienen-Schlitten-Lagerung zwischen dem Verlegearm und dem Träger ausgebildet sein. Die Führung wird relativ zur Wickeltrommel im Wesentlichen dem Wickelungsfortschritt und dem Verlegearm naheilend gestellt, wobei vorzugsweise der Träger mittels eines Handhabe- oder Stellgeräts, wie eines Roboters, im Wesentlichen dem Wickelungsfortschritt folgend nachgestellt wird. Gemäß dem erfindungsgemäßen Wickelungsverfahren wird bei Erreichen einer insbesondere vorab festgelegten, insbesondere einer örtlich vorab festgelegten, abhängig von der Abmessung der Wickeltrommel, oder einer sensierten Wendeposition eine Wendeoperation durchgeführt.

[0009] Die Wendeposition kann vorab durch Bedienpersonal-Eingabe einer spezifischen Ortskoordinate im Wesentlichen relativ zur Wickeltrommel in eine insbesondere elektronische Steuerungs- und/oder Regeleinrichtung festgelegt sein. Sie kann auch durch eine entsprechende Regelungsroutine mit Hilfe von Positionssensoren abhängig vom Wickelbetrieb während des Wickelvorgangs berechnet und gegebenenfalls korrigiert werden. Es zeigte sich, dass die Wendeoperation, gleich für welche radiale Wicklungslage, unter Berücksichtigung einer bestimmten festgelegten, insbesondere gleichen Abfolge von Verfahrensschritten zuverlässig gelingt, auch bei höheren Wickelgeschwindigkeiten, um ein kompaktes und fehlerfreies Wickelerggebnis zu erzielen.

[0010] Zum Auftakt der Wendeoperation wird die in einer Hin-Verlegebewegung zur Wendeposition ankommende Führung insbesondere in im Wesentlichen radialer Vertikalrichtung von der Wickeltrommel weg entfernt, insbesondere in Vertikalrichtung angehoben, um insbesondere ein vorzugsweise an der Wickeltrommel abrollendes Kontaktende der Führung, das an der Wickeltrommel oder der zuletzt gewickelten Wendelage anliegt, insbesondere abrollt, von dessen Kontakteingriff vollständig und dauerhaft zu befreien.

[0011] Gemäß einem ersten Erfindungsaspekt ist die Wendeoperation dadurch spezifiziert, dass bei oder nach dem Entfernen die Führung, insbesondere der Träger, um eine insbesondere vorab festgelegte axiale Nachrückstrecke (ausgehend von der Wendeposition) weiter in axialer Hin-Verlegebewe-

gungsrichtung relativ zur Wickeltrommel vorgerückt wird, um insbesondere ein axiales Überfahren der vorbestimmten oder sensierten Wendeposition zu ermöglichen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Führung an der Innenseite eines sich radial erstreckenden Seitenwandflansches der Wickeltrommel während des Umlaufs der Wickeltrommel stets in lateralem Anlagekontakt mit dem Seitenwandflansch steht. Das Vorrücken soll folgend bewirken, dass ein auch nur zeitweiser Kontaktverlust zwischen der Führung und dem Seitenwandflansch der Wickeltrommel vermieden wird. Sollte bereits beim Erreichen der Wendeposition die Führung in Kontakt mit dem Seitenwandflansch der Wickeltrommel stehen, so bewirkt das Vorrücken entweder (nur) ein Verlagern des den Verlegearm beweglich tragenden Trägers der Führung, was zu einer Erhöhung einer zwischen dem Verlegearm und dem Träger wirkenden Vorspannkraft einer Vorspanneinrichtung führen kann, oder ggf. eine Änderung des Neigungswinkels einer Längserstreckung des Verlegearms relativ zur Radialrichtung der Wickeltrommel. In diesem Fall ist der Verlegearm im Wesentlichen in einer Hin- und Her-Verlegebewegungsebene schwenkbar an dem Träger gelagert, um unterschiedliche Neigungswinkel der Längserstreckung des Verlegearms relativ zur Wickeltrommel, insbesondere zum Seitenflansch der Wickeltrommel, zu ermöglichen. Erfindungsgemäß wird mit dem Vorrücken der Führung nach dem Erreichen der Wendeposition eine sichere Kontaktaufnahme der Führung mit dem Seitenwandflansch der Wickeltrommel erreicht, was bei der Wendeoperation für einen sicheren Referenzpunkt und eine stabile axiale Abstützung des Verlegearms sorgt.

[0012] Zudem kann nach dem Vorrücken ein Positionssensör die Position des Verlegearms, insbesondere dessen freien Kontaktendes, im Raum feststellen, um eine örtliche Initialisierung, also eine Null-Position, des Verlegearms für den Beginn des Aufbaus der nächsten Wendelage zu definieren.

[0013] Mit der erfindungsgemäßen Maßnahme kann eine betriebssichere Automatisierung des Wickelguts, insbesondere eines inhomogen verhaltenden Kunststoffrohrs, auf eine nicht idealsymmetrische Wickeltrommel, selbst bei hohen Wickelgeschwindigkeiten von bis zu 100 m (Meter) pro Minute und darüber hinaus erreicht werden.

[0014] Bei einer Weiterbildung der Erfindung verbleibt die Führung während des radialen Entfernens im Wesentlichen ohne axialen Vorschub im Wesentlichen in der Wendeposition, zumindest was die axiale Verlegebewegungsrichtung betrifft.

[0015] Vorzugsweise wird das Vorrücken erst veranlasst, wenn das Entfernen der Führung von der Wickeltrommel weg zumindest größtenteils abgeschlossen ist und/oder wenn nach Erreichen der Wende-

position eine vorbestimmte Wickelstrecke oder -zeit abgelaufen ist. Die Wickelstrecke oder -zeit kann beispielsweise durch Ablauf von wenigstens einer halben Umdrehung der Wickeltrommel und höchstens von wenigstens eineinhalb Umdrehungen der Wickeltrommel vorzugsweise vorab festgelegt werden.

[0016] Bei einer besonderen Ausführung der Erfindung soll das Anheben ab dem Auslösesignal nach etwa 0,8 Umdrehungen der Wickeltrommel abgeschlossen werden. Nach Erreichen der Wendeposition soll das Vorrücken erst ausgelöst werden, wenn etwa 0,8 Umdrehungen seit dem Erreichen der Wendeposition abgelaufen sind.

[0017] Bei einer Weiterbildung der Erfindung wird nach dem Vorrücken mittels einer Ist-Positionsmessung der Führung die axiale Stellung der Führung relativ zur Wendeposition, insbesondere zum Seitenwandflansch der Wickeltrommel, in axialer Hin- und Her-Verlegebewegungsrichtung kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert. Die Korrektur kann dazu dienen, axiale Schläge des Seitenwandflansches kontaktverlustfrei auszugleichen. Zudem kann die Korrektur auch dazu dienen, die Nullposition der Führung, insbesondere betreffend die Schlitten-Schienen-Lagerung des Verlegearms an einem roboterseitigen Träger zu überwachen und gegebenenfalls neu einzustellen.

[0018] Beispielsweise kann die Stellungskorrektur erst nach Ablauf einer bestimmten Wickelstrecke oder -zeit ausgelöst werden, die insbesondere durch Ablauf höchstens einer dreiviertel oder halben Umdrehung der Wickeltrommel vorzugsweise vorab festgelegt wird. Insbesondere soll also die Vorrückung innerhalb einer 0,4-fachen Umdrehung der Wickeltrommel vollzogen sein. Danach kann gegebenenfalls eine Korrektur der Axialposition ausgelöst werden.

[0019] Bei einem alternativen oder kombinierbaren Aspekt der Erfindung kann das Vorrücken der Führung über die Wendeposition hinaus unterbleiben und ggf. nur eine Stellungskorrektur nach Erreichen der Wendeposition durchgeführt werden. Erfindungsgemäß wird die Führung anstatt oder nach dem axialen Vorrücken und ggf. der Stellungskorrektur in axialer, der Hin-Verlegebewegungsrichtung entgegengesetzter Her-Verlegebewegungsrichtung relativ zur Wickeltrommel insbesondere von dem Seitenwandflansch weg zurückgerückt, um insbesondere die Führung zurück an die Wendeposition zu stellen und/oder insbesondere aus dem Anlagekontakt mit dem Seitenwandflansch sicher zu verbringen und die Führung kontaktlos zum Seitenwandflansch der Wickeltrommel zu stellen.

[0020] An der Wendeposition soll vorzugsweise gewährleistet sein, dass beim vollständigen Umlauf des Seitenwandflansches ein Kontakt zwischen der Füh-

rung und dem Seitenwandflansch auch im Bereich von Axialschlägen stets ausgeschlossen ist. Die Zurückrückung soll dann ausgelöst werden, wenn eine vorbestimmte Wickelstrecke abgelaufen ist, welche insbesondere durch Ablauf höchstens einer oder einer halben Umdrehung der Wickeltrommel seit dem Abschluss des Entfernens, des Vorrückens oder ggf. der Korrektur oder durch Ablauf von wenigstens einer oder eineinhalb Umdrehungen seit dem Erreichen der Wendeposition vorzugsweise vorab festgelegt wird.

[0021] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung wird nach dem Vorrücken und/oder nach dem Zurückrücken die Führung im Wesentlichen in einer vertikalen Richtung auf die Wickeltrommel zu bewegt, insbesondere abgesenkt, um insbesondere ein freies Kontaktende der Führung mit der Wickeltrommel oder einer bereits gewickelten Wickellage in Kontakt, vorzugsweise in Ablauf- oder Abroll- oder Schleifkontakt, zu bringen. Während des radialen Annäherns kann die Führung im Wesentlichen ohne axialen Vorschub insbesondere an der Wendeposition verbleiben. Eine die Wendeposition verlassende Her-Verlegebewegung wird erst dann veranlasst, wenn das Annähern der Führung zumindest größtenteils abgeschlossen ist und/oder wenn das Kontaktende der Führung mit der bereits gewickelten Wickellage in Kontakt gebracht ist.

[0022] Eine die Wendeposition verlassende Her-Verlegebewegung wird erst veranlasst, wenn das Annähern der Führung zumindest größtenteils abgeschlossen ist und/oder wenn das Kontaktende der Führung mit der bereits gewickelten Wendellage in Kontakt steht. Vorzugsweise wird das auf die Wickeltrommel gerichtete Bewegen der Führung nach einer vorbestimmten Wickelstrecke oder -zeit veranlasst, welche durch Ablauf höchstens einer halben Umdrehung der Wickeltrommel seit dem Abschluss des Vorrückens oder Zurückrückens oder durch Ablauf von wenigstens eineinhalb Umdrehungen der Wickeltrommel seit dem Erreichen der Wendeposition vorzugsweise vorab festgelegt wird.

[0023] Bei einer Weiterbildung der Erfindung wird für das Wickeln nach Beendigung der Wendeposition die Führung bei der Hin- und Her-Verlegebewegung hin zur Wendeposition gemäß einer vorgeschriebenen Wickelroutine relativ zur Wickeltrommel gestellt, gemäß der ein wickeltrommelseitiges Kontaktende des Verlegearms der Führung mit der Wickeltrommel oder der zuletzt gelegten Wickellage vorzugsweise abrollend in einem Kontakteingriff steht und/oder gemäß der die Führung längs eines Hin- und Her-Verlegewegs zwischen den dem jeweiligen Seitenwandflansch benachbarten Wendepositionen gemäß dem axialen Wicklungszuwachs auf der Wickeltrommel vorgerückt wird. Dabei kann der Verlegearm der Führung, der gegenüber einem Handhabe- oder

Stellgerät, wie einem Roboter, insbesondere linear in Axialrichtung beispielsweise mittels einer Schlitten-Schienen-Lagerung gelagert ist, insbesondere entsprechend einem vorbestimmten oder geregelten Nachrückweg dem Vorrücken nacheilend nachgestellt werden. Beim Vorrücken und beim Nachrücken kann der Verlegearm gegenüber einer Neutralposition ausgelenkt bleiben, so dass der Verlegearm axial seitlich gegen die zuletzt auf die Wickeltrommel gelegte Wicklungsschleife gedrückt wird. Vorzugsweise hängt eine auf die Wickelschleife wirkende Stellkraft, die gegen eine freie Lateralseite der zuletzt gelegten Wicklungsschleife wirkt, von dem Maß der Auslenkung des Verlegearms aus der Neutralposition ab, in der insbesondere keine Rückstellkraft wirkt.

[0024] Vorzugsweise befindet sich - für die Wendeoperation beim Entfernen des Verlegearms und bei Kontaktaufgabe - der Verlegearm relativ zum Träger in einer Neutralposition, in der zwischen dem Verlegearm und dem Träger keine Vorspannkräfte wirken und erst bei einer Relativverlagerung des Verlegearms relativ zum Träger aus der Neutralposition Vorspannkräfte aufgebaut werden, welche den Verlegearm und den Träger in deren Neutralposition zueinander zurückdrängen. Der Verlegearm kann beim Vorrücken solange in der Neutralposition bleiben, bis das Kontaktende des Verlegearms an dem Seitenwandflansch zum Anliegen kommt. Entsprechend einem über die Wendeposition hinausgehenden Vorrücken der Führung wird eine Rückstellkraft in Axialrichtung an der Schlitten-Schienen-Lagerung aufgebaut, die den Verlegearm gegen die zuletzt gelegte Wicklungsschleife drückt. Das Maß der Verlagerung des Verlegearms relativ zum Träger aus der Neutralposition entspricht vorzugsweise dem Vorrückweg der Führung nach Erreichen der Wendeposition. Für die Wendeoperation kann beim Korrigieren und/oder beim Zurückrücken der Verlegearm im Wesentlichen in die Neutralposition gebracht werden, damit im Wesentlichen keine Rückstellkräfte wirken. Beim Bewegen des Verlegearms auf die Wickeltrommel zu befindet sich der Verlegearm in der Neutralposition, wobei, sobald das Kontaktende des Verlegearms in den Eingriffkontakt mit der Wickellage gelangt, dann der Verlegearm gemäß dem Wicklungsfortschritt durch die jeweils zuletzt gelegte Wicklungsschleife aus der Neutralposition ausgelenkt wird, um die Vorspannkraft an dem Verlegearm zu erzeugen.

[0025] Bei einer Weiterbildung der Erfindung wird im axialen Verlauf des wendelgemäßen Wickelns eine Wickelgrundlage die Wickelgeschwindigkeit der Wickeltrommel in Abhängigkeit von der insbesondere axialen Stellposition der Führung relativ zur Wickeltrommel eingestellt.

[0026] Des Weiteren betrifft die Erfindung gemäß den Merkmalen von Anspruch 10 eine Vorrichtung zum wendelgemäßen Wickeln eines strangförmigen

Wickelguts, wie eines kontinuierlich extrudierten Rohres, vorzugsweise aus Kunststoff auf eine drehangetriebene Wickeltrommel. Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst eine Führung mit vorzugsweise einem Verlegearm, über die das Wickelgut der Wickeltrommel bei einer insbesondere linearen Hin- und Her-Verlegebewegung des Verlegearms aufwickelnd übergeben wird. Neben dem Verlegearm kann die Führung einen Träger aufweisen, wobei der Verlegearm und der Träger über eine Schlitten-Schienen-Lagerung untereinander gekoppelt sind. Des Weiteren hat die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Stalleinrichtung zum Bewegen, insbesondere zum vertikalen Anheben und axialen Verlagern, der Führung relativ zur Wicklungstrommel. Vorzugsweise ist die Stalleinrichtung durch einen Roboter gebildet, der die Führung in sämtliche dreidimensionalen Richtungen stellen kann. Zudem hat die erfindungsgemäße Vorrichtung eine mit der Stalleinrichtung gekoppelte Steuer- und/oder Regeleinrichtung, welche die Führung gemäß den oben genannten Verfahrensschritten der Wendeoperation des erfindungsgemäßen Wicklungsverfahrens stellt. Es sei klar, dass die Funktionsweise entsprechend der Verfahrensschritte ausgelegt sein soll.

[0027] Gemäß dem erfindungsgemäßen Wicklungsverfahren wird das Wickelgut der rotierenden Wickeltrommel über eine für eine axiale Hin- und Herverlegebewegung gelagerte Führung übergeben. Die Wickeltrommel ist vorzugsweise ausschließlich für eine Rotationsbewegung um eine Rotationsachse gelagert und steht in Axialrichtung fest. Es ist vorzugsweise die axiale Hin- und Herverlegebewegung gelagerte Führung, welche die Wendelform des Wickelguts für eine Wickelungslage auf der Wickeltrommel veranlasst. Vorzugsweise ist die Führung durch einen Verlegearm realisiert, der von einer Betätigungseinrichtung, wie einem Roboter, gehalten wird und parallel zur Rotationsachse der Wickeltrommel positioniert wird. Die Führung wird relativ zur Wickeltrommel dem Wicklungsfortschritt folgend gestellt oder bewegt. Erfindungsgemäß wird im axialen Verlauf des wendelgemäßen Wickelns einer Wickelgutlage die Winkelgeschwindigkeit der Wickeltrommel variiert, beispielsweise in Abhängigkeit von der insbesondere axialen und/oder radialen Stellposition der Führung relativ zur Wickeltrommel, insbesondere zum Trommelkern, gemäß einer Regelungsroutine eingestellt, insbesondere geregelt. Hierzu kann eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung vorgesehen sein, welche beispielsweise mittels einer damit gekoppelten Positionssensorik kontinuierlich oder taktweise die Stellposition der Führung relativ zur Wickeltrommel erfasst und in Abhängigkeit von der Stellposition erfindungsgemäß oder insbesondere gemäß voreingestellter Geschwindigkeitsparameter die Geschwindigkeit überwacht. Die Winkelgeschwindigkeit kann zusätzlich von der radialen Position der zu legenden Wickellage relativ zum Trommel-

kern, also von der Anzahl der gelegten Wickellagen, abhängig gemacht werden.

[0028] Vorzugsweise wird beim Verlegen der ersten (Initial-)Wickellage, also beim Erstellen der ersten Wickelung unmittelbar auf dem Trommelkern und ausgehend von einem Axialkontakt mit dem Seitenflansch der Wickeltrommel, die axiale Stellposition der Führung auf Null, „0“, gesetzt. Die Breite der Wickeltrommel, der axiale Abstand der sich gegenüberliegenden und sich zugewandten Innenseiten der Seitenflansche der Wickeltrommel, ist als wickeltrommelindividueller Parameter vorab in die Regelungseinrichtung eingegeben. Beim axialen Verlegen der Wickelung, also beim Verlagern der Führung in Axialrichtung, wird die Position der Führung von einer Sensorik, wie einer berührungslosen Sensorik (Lichtsensorik) aufgegriffen, oder mittels indirekter Erfassung (anhand passierter oder aufgewickelter Wickellängen) bestimmt. Nähert sich die Führung einem Seitenflansch, beispielsweise ab einer bestimmten Axialposition in Nähe des Seitenflanschs, löst die Regelungsroutine eine Verringerung der Winkelgeschwindigkeit aus, um eine sogenannte Seitenflansch- oder Wendoperation auszuführen, bei der die bis dahin nicht vollständig verlegte Wickellage geschlossen wird und eine darüber liegende neue Wickellage begonnen werden soll. Beispielsweise kann die Wendoperation bereits beginnen, bevor die letzten 4, 3 oder 2 Wickelungen der noch nicht vollständig gelegten Wickellage gelegt wurden. Eine Erhöhung oder Verringerung der Winkelgeschwindigkeit abhängig von der radialen Wicklungsposition kann vonstatten gehen, wenn beispielsweise 3 oder 4 Lagen der „neuen“ Wickellage gelegt sind.

[0029] Bei der bevorzugten Ausführung der Erfindung wird die Winkelgeschwindigkeit bei Erstellung einer Wickelgutlage, die auch eine insbesondere zuletzt gewickelte Wendelage sein kann, insbesondere bei Erreichen einer voreingestellten Axialstellposition der Führung relativ zur Wickeltrommel verändert. Zusätzlich oder alternativ dazu kann bei einem insbesondere von einer Steuerungs- und/ oder Regelungseinrichtung festgestellten Kontaktverlust eines wickeltrommelseitigen Endes der Führung mit der Wickeltrommel oder mit einer zuletzt gewickelten Wendelage die Winkelgeschwindigkeit verringert werden und kann insbesondere bei Wiederkontaktaufnahme des wickeltrommelseitigen Endes mit der Wickeltrommel oder der zuletzt gewickelten Wendelage die Winkelgeschwindigkeit wieder erhöht werden. Während des Wickelns und der Kontaktaufrechterhaltung kann bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung die Winkelgeschwindigkeit konstant gehalten werden.

[0030] Bei einer bevorzugten Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Winkelgeschwindigkeit der Wickeltrommel im Verlauf der axia-

len Verlegebewegung der Führung für ein Annähern der Führung an einen Seitenflansch der Wickeltrommel verringert, vorzugsweise bis auf eine vorbestimmte minimale Winkelgeschwindigkeit, die vorzugsweise konstant gehalten werden kann. Die Annäherungsbewegung der Führung kann beispielsweise dann beginnen, wenn nur noch vier, drei, zwei oder eine Wicklung zur Vervollständigung der gesamten Wickelungslage erstellt werden muss. Der Zeitpunkt, wann die Annäherungsprozedur beginnt, kann beispielsweise dadurch bestimmt sein, dass ein bereits gewickelter Längenschwellwert überschritten wird oder ein Abtastsensor eine axiale Initiierungsstelle erfasst. Insbesondere kann die Winkelgeschwindigkeit für die Erstellung der ersten Wicklung der neu zu legenden Wickellage, also der ersten, unmittelbar an den Seitenflansch anliegenden Wicklung der obersten Wickellage, während der so genannten Seitenflansch-Operation der Führung und beim sich Entfernen der Führung von dem Seitenflansch der Wickeltrommel reduziert bleiben, d.h. auch bei Wicklungen, die der ersten Wicklung folgen. Die reduzierte Winkelgeschwindigkeit kann nach dem Wendevorgang für mehrere und insbesondere ein, zwei, drei oder vier Anfangswicklungsschleifen reduziert bleiben. Nach Überschreitung einer gewissen Axialposition, beispielsweise nach Verlegung der dritten Wicklungsschleife, kann die Winkelgeschwindigkeit wieder erhöht werden, um die Wickellage längs der Axialrichtung der Wicklungstrommel aufzubauen und zu vervollständigen, bis wieder die Annäherungsprozedur ausgelöst wird, wie sie oben beschrieben ist. Vorzugsweise wird die Winkelgeschwindigkeit für die Verlegebewegung der Führung zum gegenüberliegenden, fernen Seitenflansch, insbesondere in einem vorzugsweise vorbestimmten oder von der Winkelgeschwindigkeitssteuerung und/oder -regelung vorgegebenen axialen Mittelfeldbereich, vorzugsweise bis hin zum nächsten Annäherungspunkt an dem gegenüberliegenden Seitenflansch, wie einem Stellrandbereich, erhöht, so dass die Winkelgeschwindigkeit wieder eine insbesondere vorbestimmte maximale Winkelgeschwindigkeit erreichen kann. Der Mittelbereich kann vorzugsweise abhängig von der axialen Dimension der eingesetzten Wickeltrommel vorab festgelegt werden, beispielsweise in einem Bereich von 80 bis 95 % der gesamten axialen Ausdehnung zwischen den sich gegenüberliegenden Seitenflanschen der eingesetzten Wickeltrommel. Während der Führungsarm in den Stellrandbereich einfährt und der Führungsarm die insbesondere vorbestimmte axiale Stellposition erreicht, wird die Winkelgeschwindigkeit, vorzugsweise auf die minimale Winkelgeschwindigkeit, für die nächste Wendoperation reduziert.

[0031] Bei einer Weiterbildung der Erfindung wird die Wickeltrommel mit wenigstens zwei Winkelgeschwindigkeiten betrieben, vorzugsweise zwei Winkelgeschwindigkeiten, welche beide im Wechsel von der Wickeltrommel gefahren werden. Vorzugswei-

se wird die erste insbesondere maximale Winkelgeschwindigkeit beim wendelgemäßen Wickeln des Wickelguts längs des axialen Stellmittelbereichs der Wickeltrommel auf über 50 Umdrehungen pro Minute, vorzugsweise 70 Umdrehungen pro Minute, insbesondere im Wesentlichen gleichbleibend eingestellt. Die zweite Winkelgeschwindigkeit, vorzugsweise die minimale Winkelgeschwindigkeit, wird bei Erreichen einer vorbestimmten axialen Stellposition der Führung relativ zur Wickeltrommel auf unter 70 Umdrehungen pro Minute, insbesondere unter 50 Umdrehungen pro Minute, im Wesentlichen gleichbleibend eingestellt. Vorzugsweise wird ein Übergang zwischen der ersten Winkelgeschwindigkeit und der zweiten Winkelgeschwindigkeit mittels einer konstanten oder kontinuierlichen Winkelgeschwindigkeitsänderung realisiert.

[0032] Bei einer Weiterbildung der Erfindung wird der axiale Stellmittelbereich von zwei vorbestimmten, wickeltrommelspezifischen, axialen Stellpositionen begrenzt, bei deren Überschreitung insbesondere die oben genannte Seitenflansch-Operation initiiert bzw. beendet wird. Die Begrenzung des Stellmittelbereichs, an dem insbesondere die maximale Winkelgeschwindigkeit betrieben wird, führt dazu, dass beim wendelgemäßen Wickeln innerhalb des Stellmittelbereichs die erste Winkelgeschwindigkeit vorzugsweise auf über 80 Umdrehungen pro Minute eingestellt wird. Versuche zeigten, dass Winkelgeschwindigkeiten von 90 Umdrehungen pro Minute oder sogar mehr eingestellt werden können. Beim wendelgemäßen Wickeln der Wickelgutlage zwischen der jeweiligen vorbestimmten axialen Stellposition und dem axialen Trommelende, insbesondere dem Seitenflansch der Wickeltrommel, wird die zweite Winkelgeschwindigkeit vorzugsweise bei unter 70 Umdrehungen pro Minute eingestellt. Es zeigte sich, dass eine optimale Geschwindigkeit für die Seitenflansch-Operation bei etwa 65 Umdrehungen pro Minute liegt.

[0033] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung nimmt der Stellmittelbereich mehr als 50%, vorzugsweise zwischen 60% und 80% oder 90% der gesamten axialen Gesamtwickelbreite zwischen den beiden Seitenflanschen der Wickeltrommel ein. Die vorbestimmte axiale Stellposition wird insbesondere in einem Axialabstand hin zum Trommelende auf weniger als 20% der axialen Gesamtwickelbreite zwischen dem Seitenflansch der Trommel festgelegt. Zusätzlich oder alternativ dazu kann beim Verlassen des Stellmittelbereichs an der jeweiligen vorbestimmten axialen Stellposition die Geschwindigkeit reduziert werden, allerdings auch erhöht werden, je nachdem wie die Materialeigenschaften des jeweiligen zu wickelnden Wickelguts sind. Vorzugsweise werden beide vorbestimmte axiale Stellpositionen symmetrisch zur radialen Mittelachse in einem gleichen Axialabstand zum jeweiligen axialen Trommelende gelegt.

[0034] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung wird für ein Annähern der Führung an das axiale Trommelende, insbesondere bevor die letzte oder die vorletzte Wickelschleife der Wickelgutlage gelegt ist, und/oder nachdem ein Positions- oder Wegsensor, wie ein Köntaktgeber, an einer vorbestimmten Stellposition der Führung ein Auslösesignal abgibt, die Winkelgeschwindigkeit der Wickeltrommel reduziert. Alternativ oder zusätzlich dazu kann beim axialen Entfernen der Führung von dem Seitenflansch, insbesondere nachdem wenigstens eine oder zwei mehrlagige Wickelschleifen vollständig verlegt sind, die Geschwindigkeit auf die Maximalgeschwindigkeit erhöht werden.

[0035] Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Wickeln eines strangförmigen Wickelguts, wie eines kontinuierlich extrudierten Rohres, vorzugsweise aus Kunststoff, auf eine drehangetriebene, rotierende Wickeltrommel, wobei die Vorrichtung entsprechend der Verfahrensweise des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgelegt sein kann. Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat eine Führung, die das Wickelgut der rotierenden Wickeltrommel bei einer insbesondere linearen Hin- und Herverlegebewegung im Wesentlichen längs einer Axialrichtung der Trommel wendelgemäß aufwickelnd übergibt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist insbesondere dazu ausgeführt, die Trommel um deren Rotationsachse mit unterschiedlichen Winkelgeschwindigkeiten zu drehen, wobei die Drehachse der Wickeltrommel festgestellt ist. Des Weiteren hat die erfindungsgemäße Wicklungsvorrichtung einen Wickeltrommeldrehantrieb und eine mit dem Wickeltrommeldrehantrieb verbundene Winkelgeschwindigkeitssteuerung und/oder -regelung. Die Winkelgeschwindigkeitssteuerung und/oder -regelung stellt im axialen Verlauf des Wickelns der jeweiligen Wickelgutlage die Winkelgeschwindigkeit der Wickeltrommel in einer Abhängigkeit von der axialen und/oder radialen Stellposition der Führung, insbesondere des wickeltrommelseitigen Endes der Führung, relativ zur Wickeltrommel ein. Die Winkelgeschwindigkeitssteuerung und/oder -regelung für mehrere Wickelagen mit unterschiedlicher Winkelgeschwindigkeit betrieben werden. Insbesondere ist die Winkelgeschwindigkeit das bei den zuerst gewickelten Wicklungslagen geringer, während für die Wicklung späterer Wicklungslagen am radialen äußeren Bereich der Wickeltrommel die Winkelgeschwindigkeit höher eingestellt wird. Der Grad der Reduzierung/Erhöhung der Winkelgeschwindigkeit kann von dem Maß der Asymmetrie der zu wickelnden Wickeltrommel abhängig gemacht werden. Insbesondere können wickeltrommel-individuelle Daten der Geschwindigkeitssteuerung und/oder der -regelung eingegeben werden, um die entsprechend optimale Winkelgeschwindigkeit einzustellen. Hierbei kann sich auf Erfahrungswerte bezogen werden. Dabei kann zwischen den axialen Asymmetrien, wie dem axialen

Seitenflanschschlag, und den radialen Asymmetrien, wie dem Trommelkernschlag, unterschieden werden. Als besonders kritisch erkannten die Erfinder den radialen asymmetrischen Schlag am Trommelkern.

[0036] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist die Winkelgeschwindigkeitsteuerung und/oder -regelung mit einem Sensor, wie einem Kontaktgeber, zum Erfassen wenigstens einer vorbestimmten Position der Führung versehen. Dieser Wegsensor oder Positionssensor der Führung kann, wie oben angegeben ist, eine Nullsetzung bei Beginn der Wickellage auslösen, wobei der Fortschritt der Wickelung entweder direkt insbesondere mittels des Sensors oder indirekt über die Geschwindigkeit oder die Menge des bereits aufgewickelten Wickelguts ermittelbar ist.

[0037] Vorzugsweise ist der Wegsensor an der Führung angeordnet und befestigt, wobei insbesondere der Wegsensor bei Erfassen wenigstens einer vorbestimmten Stellposition ein Auslösesignal abgibt, so dass daraufhin die Winkelgeschwindigkeitssteuerung und/oder -regelung die Winkelgeschwindigkeit ändert. Vorzugsweise ist wenigstens eine vordefinierte Stellposition bei Kontaktaufnahme des Kontaktgebers mit einer Innenseite eines Seitenflansches der Wickeltrommel definiert. Vorzugsweise weist dazu der Kontaktgeber entlang des Rands einen Bügel oder ein Rad auf, wobei eine Lagerdrehachse des Kontaktgebers besonders in Axialrichtung von einem Seitenflansch weg verschwenkt ist, so dass es im Kontakt mit dem rotierenden Seitenflansch daran abrollen oder ablaufen kann. Bei einer Weiterverlagerung der Führung kann der Kontaktgeber aus einer passiven Stellung in eine aktive Stellung verschwenkt werden, in der ein Auslösesignal an die Winkelgeschwindigkeitssteuerung oder -regelung oder direkt an den Drehantrieb abgegeben werden kann.

[0038] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Wickeln des strangförmigen Wickelguts kann derart ausgebildet sein, dass die Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwirklicht sind. Auch das erfindungsgemäße Wicklungsverfahren kann derart ausgelegt sein, dass die Funktionsweise der erfindungsgemäßen WicklungsVorrichtung verfahrensgemäß verwirklicht sind.

[0039] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung kann ein Verlegearm der Vorrichtung zum wendelgemäßen Wickeln vorzugsweise von einem Stellgerät, wie einem Roboter, vorzugsweise gemäß einer Steuerungs- und/oder Regelungsroutine getragen und gestellt werden. Der Verlegearm dient dazu, das Strang- oder Wickelgut an die Wickeltrommel kanalisiert heranzuführen und dieser zum Aufwickeln zu übergeben, während der Verlegearm insbesondere im Wesentlichen quer zu seiner Längserstreckung

und linear zwischen den axialen Enden, wie den Seitenwandflanschen, der Wickeltrommel hin und her bewegt wird. Der Verlegearm folgt dabei insbesondere schrittweise dem axialen Wicklungsfortschritt des auf die Wickeltrommel gewickelten Wickelguts.

[0040] Der Verlegearm hat ein wickeltrommelseitiges Ende, das zu einem großen Teil des gesamten Wicklungsprozess in einem Kontakt, insbesondere Abrollkontakt, mit der Wickeltrommel bzw. der bereits darauf gewickelten Wicklungslage steht und an dem jeweils ein dem jeweiligen Seitenflansch der Wickeltrommel zugewandter Anlagebereich gebildet ist, an dem der Verlegearm insbesondere bei Ausführung einer Wendeoperation an einem der beiden Seitenflansche in Anlagekontakt kommt. Der Anlagekontakt kann als Anlageschleif- oder Abrollkontakt gebildet sein. Des Weiteren hat die erfindungsgemäße Vorrichtung einen an dem wickelseitigen Ende angeordneten Wegsensor, wie einen Kontaktgeber, der zumindest bei Erreichen wenigstens einer vordefinierten Wickelposition, wenigstens einer Auslöseposition für die Wendeoperation, des wickeltrommelseitigen Endes ein Steuersignal, wie ein Wendeoperationsauslösesignal, abgibt. Das Steuersignal geht an eine elektronische Steuer- und/oder Regelungseinrichtung, wodurch eine Regelung zum Ändern einer bestimmten Regelungsgröße des Wicklungsverfahrens ausgelöst werden kann. Vorzugsweise führt die Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung eine Wendeoperation aus, bei der die alte Wickelungslage abgeschlossen und die neue Wickelungslage auf der alten Wickelungslage begonnen wird. Bei der Wendeoperation geht ein Richtungswechsel der Verlegebewegung des Verlegearms einher. Erfindungsgemäß hat der Wegsensor im Bereich jedes Anlagebereichs jeweils einen Betätigungsvorsprung, der in einer unbetätigten Stellung von dem jeweiligen Anlagebereich in Hin- bzw. Herverlegebewegungsrichtung vorsteht und vorzugsweise derart beweglich, insbesondere schwenkbar, an dem Verlegearm gelagert ist, dass der jeweilige Betätigungsvorsprung in seiner Freigabestellung den jeweiligen Anlagebereich für den Anlagekontakt mit dem Seitenwandflansch freigibt. Die Erfinder haben herausgefunden, dass für die wicklungstechnisch diffizile Wende- oder Wandoperation das Stellen des wickeltrommelseitigen Endes und damit des Verlegearms relativ zur Wickeltrommel essentiell ist, um höhere Wickelgeschwindigkeiten von mehr als 80 m/min realisieren zu können. Vor allem das Timing, in welchem Abstand zu dem Seitenwandflansch der Wickeltrommel sowie wann die Wendeoperation ausgelöst und beendet wird, ist von Bedeutung, um ein fehlerfreies Abschließen der Wendel- oder Wickellage und Neubilden einer soliden Wickelagenbasis zu realisieren. Der Kontaktgeber mit seinem Betätigungsvorsprung, der in Hin- bzw. Herverlegebewegungsrichtung vorsteht, realisiert ein Auslösen des Steuersignals vor dem Erreichen der in die Verlegebewegung begren-

zenden Außenposition des Verlegearms, die dann erreicht ist, wenn das wickeltrommelseitige Ende des Verlegearms in Kontakt mit dem Seitenwandflansch der Wickeltrommel steht. Der nachgebende, insbesondere drehbewegliche Betätigungsvorsprung lässt die Kontaktaufnahme des wickeltrommelseitigen Endes mit dem Seitenwandflansch zu.

[0041] Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist in seiner Freigabestellung der betreffende Betätigungsvorsprung in einer Vertikalbetrachtung in den Verlegearm versenkt, insbesondere in eine Gehäusestruktur des Verlegearms. Der Verlegearm kann ein insbesondere durch Platten begrenzten, vorzugsweise vollständig geschlossenen Transportraum umfassen, in dem eine Schwenkachse des Betätigungsvorsprungs angeordnet ist, und der jeweilige Betätigungsvorsprung bei Erreichen der Seitenflanschwand verschwunden ist. Vorzugsweise gelangt eine Betätigungsaußenseite des Betätigungsvorsprungs in einen Schleifkontakt mit der Seitenflanschwand, wobei insbesondere die Betätigungsaußenseite des jeweiligen Betätigungsvorsprungs im Wesentlichen flach und eben ist. Die Betätigungsaußenseite des jeweiligen Betätigungsvorsprungs ist an eine Außenfläche des Anlagebereichs konturangepasst, so dass in der Freigabestellung die Betätigungsaußenseite im Wesentlichen in der Ebene der Außenfläche des insbesondere planen Anlagebereichs vorprungrfrei liegt.

[0042] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung steht der Betätigungsvorsprung in dessen unbetätigter Stellung (Neutralstellung) wenigstens um eine halbe oder um eine ganze Wickelgutstärke und höchstens um zwei Wickelgutstärken von der jeweiligen Anlagefläche in Hin- bzw. Herverlegebewegungsrichtung vor. Auf diese Weise kann ein optimiertes, vorlaufendes Auslösen des Steuersignals erreicht werden, bevor der Anlagebereich des Verlegearms in Kontakt mit dem Seitenwandflansch kommt. Es sei klar, dass der Zeitraum und/oder die Wickelstrecke zwischen Auslösen des Steuersignals und Kontaktaufnahme des Anlagebereichs dadurch eingestellt werden können, dass ein Auslösen des Steuersignals erst nach Überschreitung einer einstellbaren Bewegungsamplitude des Betätigungsvorsprungs von dessen unbetätigten Stellung aus verändert wird.

[0043] Bei einer Weiterbildung der Erfindung hat der Verlegearm eine Wickelgutabgabeöffnung an seinem wickeltrommelseitigen Ende, an der das Wickelgut den Transportraum des Verlegearms verlässt, um anschließend insbesondere führungs- oder kontaktlos der Wickeltrommel übergeben zu werden. Vorteilhafterweise ist der Wegsensor an dem Verlegearm einem im Wesentlichen zylindrischen Trommelkern der Wickeltrommel näher angeordnet als die Wickelgutabgabe, an der das Wickelgut den Verlegearm füh-

rungslos, unter dem ausschließlichen Einfluss der Schwerkraft und der internen Wicklungskraft des Wickelguts verlässt. Vorzugsweise ist der Wegsensor in Vertikalrichtung unterhalb der Wickelgutabgabe angeordnet, wobei insbesondere das Wickelgut kontaktfrei an den Bestandteilen des Wegsensors vorbei hin zur Wickeltrommel verläuft.

[0044] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung umfasst der erfindungsgemäße Verlegearm ein schwertförmiges Gehäuse, das vorzugsweise aus zwei parallel zueinander angeordneten, sich in Längsrichtung des Verlegearms erstreckende Gehäuseplatten gebildet ist, die einen Transportraum des Verlegearms begrenzen, der sich von einem stellgerätsseitigen Basisabschnitt bis zum wickeltrommelseitigen Ende des Verlegearms erstreckt. Das Wickelgut wird durch den sich in Längsrichtung vollständig durch den Verlegearm erstreckenden Transportraum hindurch bis zu einer Wickelgutabgabeöffnung hindurchgeführt. Die Gehäuseplatten haben insbesondere eine Außenfläche, die vorzugsweise in einer Vertikalebene liegt. Der Anlagebereich, an dem das wickeltrommelseitige Ende in Anlagekontakt mit dem Seitenwandflansch der Wickeltrommel kommt, ist an einem axialen Endabschnitt der Außenfläche der jeweiligen Gehäuseplatte ausgebildet.

[0045] Der Anlagebereich kann durch eine insbesondere demontierbare Verschleißplatte insbesondere aus einem Material geringerer Reibung, wie Polyamid, gebildet sein. Die Verschleißplatte ist vorzugsweise an dem axialen Endabschnitt der beiden Gehäuseplatten austauschbar angeordnet, insbesondere verschraubt.

[0046] Bei einer Weiterbildung der Erfindung hat der Kontaktgeber eine relativ zum Verlegearm ortsfest gelagerte Schwenkachse. Die Schwenkachse ist an dem Gehäuse des Verlegearms im Inneren des Transportraums drehbar gelagert. Die Schwenkachse verbleibt in jeder Betriebsstellung des Betätigungsvorsprungs innerhalb des Transportraums des Verlegearms ortsfest. Die Schwenkachse erstreckt sich vorzugsweise im Wesentlichen in Vertikalrichtung, so dass der jeweilige Betätigungsvorsprung des Kontaktgebers im Wesentlichen in einer horizontalen Ebene verschwenkt wird.

[0047] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung greift ein zusätzlicher Drehbewegungssensor auf die Schwenkachse des Kontaktgebers zu, so dass insbesondere nach Überschreitung einer vorbestimmten Schwenkbewegungsamplitude des jeweiligen Betätigungsvorsprungs das Steuersignal erzeugt und abgegeben werden kann.

[0048] Zur Erzeugung des Steuersignals ist ein Schwenkbewegungsübertragungsmechanismus insbesondere innerhalb des Transportraums des Ver-

legearms untergebracht. Der Schwenkbewegungsübertragungsmechanismus dient dazu, die Schwenkbewegung des Kontaktgebers von dem wickeltrommelseitigen Ende weg hin zum basisseitigen Ende des Verlegearms zu übertragen, vorzugsweise ohne dass die Bewegungsübertragung durch Umwandlung in ein elektronisches Signal realisiert ist. Erst in einem Abstand von dem wickeltrommelseitigen Ende kann ein elektrischer Signalerzeuger angeordnet sein, der vorzugsweise innerhalb oder gegebenenfalls außerhalb des Transportraums des Verlegearms angeordnet ist, und anhand der übertragenen Schwenkbewegung das Steuersignal erzeugt und weiterleitet. Vorzugsweise ist der Schwenkbewegungsübertragungsmechanismus durch ein Winkelgetriebe realisiert, das die Schwenkbewegung der sich im Wesentlichen in Vertikalrichtung erstreckenden betätigungsvorsprungseitigen Schwenkachse des Kontaktgebers an einer sich in Längsrichtung (Horizontalrichtung) des Verlegearms erstreckenden Übertragungswelle überträgt.

[0049] Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist die betätigungsvorsprungseitige, insbesondere sich im Wesentlichen in Vertikalrichtung erstreckende Schwenkachse des Kontaktgebers derart vorgespannt, insbesondere federvorgespannt, dass der Betätigungsvorsprung stets von dessen jeweiliger Freigabestellung in die unbetätigte Neutralstellung gezwungen ist. Vorzugsweise ist die Übertragungswelle wenigstens zweigeteilt, so dass ein schwenkachsensseitiger Wellenabschnitt von einem schwenkachsenfernen Wellenabschnitt zerstörungsfrei demontierbar ist. Die Zweiteilung dient dem modularen Austausch des gesamten wickeltrommelseitigen Endes des Verlegearms, um letzteren an verschiedenen starke Wickelgüter anpassen zu können.

[0050] Bei einer Weiterbildung der Erfindung hat der Kontaktgeber eine geschlossene Ringstruktur bildende Bügelform. Vorzugsweise ist der Bügel achsensymmetrisch realisiert. In der unbetätigten Stellung des Kontaktgebers fällt die Symmetrieachse der Ringstruktur in der unbetätigten Stellung des Kontaktgebers mit der Längsrichtung des Verlegearms zusammen. Die zwei Betätigungsvorsprünge sind Teil der bügelförmigen Dreieckstruktur. Die Dreieckstruktur ist vorzugsweise gleichschenkelig realisiert, wobei ein dem jeweiligen Betätigungsvorsprung naher Eckbereich der dreieckigen Bügelform abgerundet ist. Die gleichen Schenkel sind in einem Winkel von weniger als 35° zueinander angeordnet, vorzugsweise etwa 30° .

[0051] Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum wendelgemäßen Wickeln eines strangförmigen Wickelguts, wie eines kontinuierlich extrudierten Rohrs, vorzugsweise aus Kunststoff auf eine drehangetriebene Wickeltrommel, wobei die Ent-

wicklungsvorrichtung den erfindungsgemäßen Verlegearm aufweist.

[0052] Es sei klar, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung sowie das erfindungsgemäße Verfahren gemäß den in den eingereichten deutschen Patentanmeldungen DE 10 2013 002 023 A1, DE 10 2013 002 022 A1, DE 10 2013 002 017 A1, DE 10 2013 002 019 A1 und DE 10 2013 002 020 A1 beschriebene Vorrichtungen und Verfahren ausgebildet sein können.

[0053] Bei einer bevorzugten Ausführung der Vorrichtung kann der Träger lediglich dazu ausgeführt sein, einen Angriffsbereich zum Befestigen des Stellgeräts oder eines Handhabegeräts, wie des Roboters, zu bilden. Vorzugsweise hat der Träger eine Schiene für eine Schienen-Schlitten-Anordnung. Über ein wickeltrommelseitiges Ende des Verlegearms wird das Wickelgut der rotierenden Wickeltrommel bei der axialen, insbesondere linearen, Hin- und Herverlegebewegung des Verlegearms aufwickelnd übergeben. Vorzugsweise ist die axiale Hin- und Herbewegung rein translatorisch linear und im Wesentlichen parallel zur Rotationsachse der Wickeltrommel ausgerichtet. Insbesondere beschreibt das wickeltrommelseitige Ende den axialen linearen Hin- und Herverlegeweg zwischen den beiden sich gegenüberliegenden Seitenflanschen der Wickeltrommel. Von der Wickeltrommel abgewandt hat der Verlegearm eine Aufnahme zum Annehmen des insbesondere eine Extrudierstation kontinuierlich verlassenden Wickelguts. Die Aufnahme kann beispielsweise durch eine sternförmige Anordnung von mehreren, insbesondere vier, freilaufenden Rollen gebildet sein. Die Aufnahme kann zusätzlich eine Tragstruktur aufweisen, an der beispielsweise elektronische Komponenten, aber auch pneumatische Dämpfungssysteme für die Lagerung des Verlegearms gehalten sein können.

[0054] Die erfindungsgemäße Wickelungsvorrichtung hat insbesondere eine Verlegearmlagerung, die den Verlegearm in insbesondere axialer Verlegerichtung relativ zum Träger führt. Die erfindungsgemäße Wickelungsvorrichtung hat vorzugsweise eine Rückstell- oder Vorspanneinrichtung, die bei einer insbesondere durch das axiale Wachstum der Wickelungslage auf der Wickeltrommel veranlasste Auslenkung des Verlegearms insbesondere aus einer Neutralposition des Verlegearms relativ zum Träger eine insbesondere elastische insbesondere im Wesentlichen axial gerichtete Rückstell- oder Vorspannkraft erzeugt und dem Verlegearm mitteilt, um den Verlegearm seitlich gegen die zuletzt auf die Wickeltrommel gelegte Wickelungsschleife zu drücken.

[0055] Die Rückstelleinrichtung und die Verlegearmlagerung spannen den Verlegearm derart vor, dass dieser sich drückend insbesondere an des-

sen wickeltrommelseitigem Ende axial an der Wickelung, insbesondere der zuletzt gelegten Wickelungsschleufe, abstützt. Je größer die Auslenkung des Verlegearms relativ zum Träger ist, je stärker ist die die axiale Vorspannung hervorrufende Rückstellkraft.

[0056] In der Neutralposition wirkt vorzugsweise keine Rückstellkraft auf den Verlegearm und somit auf die zuletzt gelegte Wickelungsschleufe. Vorzugsweise wirkt die von der Rückstelleinrichtung erzeugte Rückstellkraft ständig auf die zuletzt gelegte Wickelungsschleufe während der gesamten Hin- und Herverlegebewegung des Verlegearms. Die Rückstellkraft und damit das ständige axiale Vorspannen des wickeltrommelseitigen Endes des Verlegearms gegen die Wickelungsschleufe drücken die zuletzt gelegte Wickelungsschleufe axial gegen die unmittelbar benachbarte Wickelungsschleufe, wodurch sich eine kompakte, lückenlose Wickelstruktur einstellt. Die durch die Verlegearmlagerung realisierte Nachgiebigkeit in Verlegerichtung kombiniert mit der elastischen Rückstellvorspannung entgegen der Verlegerichtung lässt eine Positionsveränderung des Verlegearms zu, die von der sich allmählich aufbauenden Wickelung auf der Wickeltrommel veranlasst ist. Beim erfindungsgemäßen Wickeln führt der Verlegearm keine aktiv festgelegte, insbesondere geregelte Stellprozedur aus, sondern passt sich ständig flexibel an geometrische Besonderheiten und materialspezifische Eigenheiten der Wickelung an. Bei einer Weiterbildung der Erfindung kann eine besonders funktionssichere Automatisierung der Wickelung bei hohen Forderungs- und Wickelgeschwindigkeiten von bis zu 100 m/min und darüber hinaus erreicht werden. Zusätzlich zu der translatorischen flexiblen Lagerung in Verlegerichtung kann der Verlegearm auch in einer Vertikalrichtung flexibel gelagert sein.

[0057] Die Verlegearmlagerung kann vorzugsweise eine rein translatorische Verstellung des trägerseitigen Endes des Verlegearms und gegebenenfalls eine rein translatorische Vertikalbewegung des trägerseitigen Endes des Verlegearms zulassen. Zusätzlich könnte gegebenenfalls der Verlegearm durch eine entsprechende trägerseitige Verlegearmschwenklagerung eine Schwenkbewegung des Verlegearms um das trägerseitige Ende des Verlegearms ausführen, wobei sowohl eine Schwenkbewegung in einer axialen Ebene als auch in einer vertikalen Ebene zugelassen sein kann. Diese Verlegearmschwenklagerung muss eine Schwenkamplitude nur von wenigen Grad insbesondere kleiner 20° zulassen. Je länger die Längsausdehnung des Verlegearms, desto geringer braucht die Schwenklagerungsamplitude in Vertikalrichtung und Horizontalrichtung ausgelegt sein.

[0058] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist ein wickeltrommelseitiges Ende des Verlegearms, das beispielsweise als freilaufendes Eingriffsrad ausgebildet sein kann, derart ausgeführt, dass

das wickeltrommelseitige Ende wegen der Rückstellkraft bei der axialen Hin- und Herverlegebewegung, insbesondere während der gesamten Hin- und Herverbewegung in einem insbesondere ständigen Lateralkontakt mit einer zumindest umfangsabschnittsweise freien Lateralseite der zuletzt gelegten Wickelungsschleufe kommt, so dass insbesondere der Verlegearm je nach axialem Wachstum der zu legenden Wickelung, also je nach axialer Auslenkung aus der Neutralposition beispielsweise schrittweise um die axiale Ausdehnung einer Wickelungsschleufe in axialer Verlegerichtung ausgelenkt ist. Entsprechend der axialen Auslenkung wird durch die Rückstelleinrichtung eine Rückstelldruckkraft erzeugt, die über das wickeltrommelseitige Ende des Verlegearms der Lateralseite der zuletzt gelegten Wickelungsschleufe mitgeteilt wird.

[0059] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung umfasst die Rückstelleinrichtung eine insbesondere durch die Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung ansteuerbare oder einstellbare Federung, die bei entsprechender Auslenkung des Verlegearms aus der Neutralposition in eine Auslenkposition eine elastische Rückstellkraft erzeugt, insbesondere errechnet und einstellt. Es sei klar, dass eine ansteuerbare Federung bereits eine Rückstellkraft erzeugen kann, ohne dass eine Auslenkung des Verlegearms aus einer Neutralposition einhergeht. Die Rückstellkraft ist derart ausgerichtet, dass deren Wirkrichtung parallel zur axialen Verlegerichtung, insbesondere parallel zur Rotationsachse der Wickeltrommel liegt. Damit die Rückstelleinrichtung das wickeltrommelseitige Ende gegen die zuletzt gelegte Wickelungsschleufe drückt, ist die Wirkrichtung der Rückstellkraft der Verlegerichtung entgegengesetzt.

[0060] Die Rückstellkraft dient vorzugsweise nur dazu, den Verlegearm in Axialrichtung gegen die Wickelung vorzuspannen und daran abzustützen. Den Verlegearm relativ zum Träger wieder zurückzustellen, realisiert vorzugsweise ein den Träger haltendes Stellgerät, wie ein Roboter, der bei Überschreitung einer Auslenkschwelle oder einer maximalen Rückstell-/Vorspannkraft den Träger relativ zu dem ausgelenkten Verlegearm nachführt.

[0061] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist die Rückstelleinrichtung durch einen pneumatischen Aktor, insbesondere durch ein Paar pneumatische Aktoren, gebildet, von denen einer der Aktoren für die Erzeugung der Rückstellkraft in jeweils einer axialen Verlegerichtung verantwortlich ist. Der pneumatische Aktor kann mit einer Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung gekoppelt sein, um betriebsbedingte oder wickelungsbedingte Zusatzsteuersignale zu erhalten, um die Rückstellkraft und somit die Vorspannkraft gegenüber dem sich ohnehin einstellenden Betrag gemäß der axialen Auslenkung aktiv zu erhöhen oder zu senken.

[0062] Vorzugsweise ist die Rückstelleinrichtung mit einer Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung verbunden, damit die Rückstellkraft und somit die Vorspannkraft während des Wickelns im Wesentlichen in einem festgelegten Grenzbereich, insbesondere konstant gehalten wird.

[0063] Beim Wickeln wird die Rückstellkraft schrittweise aufgrund der nachgebenden Verlegearmlagerung erzeugt. Die Rückstellkraft kann bei Überschreitung einer Grenzschwelle eines Grenzbereichs schrittweise zurückgesetzt werden, ohne die Rückstellkraft/Vorspannung verschwinden zu lassen, so dass die Rückstellkraft stets in den vorbestimmten Grenzen verbleibt. Ein Senken der Rückstellkraft wird durch entsprechendes Nachführen des Trägers relativ zu dem Verlegearm realisiert.

[0064] Bei einer Weiterbildung der Erfindung hat die Rückstelleinrichtung eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung zum Einstellen der Rückstellkraft/Vorspannung beispielsweise mittels Einstellung der Federeigenschaft der Rückstelleinrichtung und/oder eine Steuerung zum Einstellen der Auslenkamplitude des Verlegearms. Die jeweilige Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung kann mit einem Sensor gekoppelt sein, der die Auslenkweite des Verlegearms aus der Neutralposition erfasst und der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung, wie einem Mikrorechner, mitteilt. Der Mikrorechner kann beispielsweise bei einer konstanten Federeigenschaft der Rückstelleinrichtung eine Sollauslenkung festlegen, gemäß dieser ein Regelungsprozess initiiert ist.

[0065] Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist die Rückstellkraft einstellbar. Beispielsweise ist dies dadurch realisiert, dass der Träger relativ zum Verlegearm, der sich an der gelegten Wickelung, insbesondere an der zuletzt gelegten Wickelungsschleufe, abstützt, nachgeführt wird. Hierfür umfasst die erfindungsgemäße Wickelungsvorrichtung insbesondere ein Handhabe- oder Stellgerät, wie einen Roboter, mit wenigstens zwei, vorzugsweise drei, Bewegungsachsen, vorzugsweise in einer vertikalen Bewegungsachse und in einer horizontalen Bewegungsachse in Verlegerichtung des Verlegearms, insbesondere parallel zur Rotationsachse der Wickeltrommel. Das Stellgerät stellt den Träger relativ zu dem sich an der gelegten Wickelung abstützenden Verlegearm, wodurch die zwischen dem Verlegearm und dem Träger wirkende elastische Rückstellkraft erhöht oder gesenkt werden kann. Vorzugsweise ist eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung für die Wickelungsvorrichtung vorgesehen, die die Rückstellkraft einstellt und insbesondere ein Nachführen des Trägers gegenüber dem durch den Wickelungszuwachs verlagerten Verlegearm mittels des Stellgeräts erst dann auslöst, wenn der Verlegearm einen vorbestimmten Auslenkweg oder eine Auslenkschwelle entlang des Trägers überschritten hat.

[0066] Vorzugsweise umfasst die Wickelungsvorrichtung eine Nachführeinrichtung, gemäß der der Träger in axialer Verlegelagerungsrichtung nach dem Aufbau der elastischen Rückstellkraft gemäß dem Zuwachs der Wickelung in Axialrichtung nachgeführt wird. Dafür hat die Nachführeinrichtung das den Träger haltende Stellgerät.

[0067] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist die Verlegearmlagerung durch eine Schlitten-Schienen-Anordnung gebildet. Die Schlitten-Schienen-Anordnung gewährleistet eine lineare, im Wesentlichen parallel zur Rotationsachse der Wickeltrommel relativ zum Träger erzwungene Führung des Verlegearms relativ zum Träger. Trägerseitig ist die Schiene ausgebildet, während verlegearmseitig der Schlitten realisiert ist. Es sei klar, dass die Schiene auch verlegearmseitig angeordnet sein kann, während der Schlitten auf der Trägerseite liegt. Die Rückstelleinrichtung ist zwischen dem Schlitten und der Schiene geschaltet, so dass an dem Schlitten und an der Schiene die entsprechenden Kraftübertragungsstellen der Rückstelleinrichtung angeordnet sind. An dem Schlitten ist das Verlegeschwert des Verlegearms befestigt, während an der Schiene des Trägers das Handhabegerät angreift, um das Nachjustieren des Trägers gegenüber dem Verlegearm bereitzustellen.

[0068] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist das wickeltrommelseitige Ende derart gelagert, dass zumindest bei einem Teil, vorzugsweise für die Gesamtheit der Hin- und Her-verlegebewegung insbesondere bis auf den Verlegerichtungswechsel das wickeltrommelseitige Ende unter Bildung eines im Wesentlichen axialen Lateralkontakts mit einer freien Lateralseite der zuletzt auf der Wickeltrommel gewickelten Wickelungsschleufe durch die sich axial ausdehnende Wickelungslage längs des Verlegewegs vorangetrieben wird. Auf diese Weise ist ein für die Automatisierung benötigtes korrektiv flexibles Verhalten des Verlegearms realisiert, das dem manuellen Manipulieren einer erfahrenen Bedienperson bereits sehr nahe kommt, wodurch insbesondere geometrische Unwuchten der Wickeltrommel oder der Wickelung einen automatisierten Wickelungsvorgang nicht beeinträchtigen. Das wickeltrommelseitige Ende ist vorzugsweise durch ein am Verlegearm frei drehbar gelagertes Rad gebildet, von dem zumindest ein Teil des Seitenbereichs über den Verlegearm hinaus vorsteht, um mit der noch freien Lateralseite der zuletzt aufgewickelten Wickelungsschleufe in Kontakt kommen zu können, und das in Rotationsrichtung lediglich von der Wickeltrommel oder von dem bereits auf der Wickeltrommel liegenden Wickelgut drehangetrieben wird. In Verlegerichtung wird das Rad durch die stetig axial wachsende Wickelungslage längs des Verlegewegs mitgenommen und axial verschoben. Das Rad rollt dabei auf der Wickeltrommel oder der bereits vollständig gelegten Wickelungsschleufe.

lage zumindest unter dem Einfluss der Gewichtskraft des Verlegearms ab.

[0069] Des Weiteren betrifft eine bevorzugte Ausführung der Erfindung eine Anstell- oder Freistell-einrichtung, die den Verlegearm zumindest bei der Verlegebewegung nahe dem Seitenflansch der Wickeltrommel in einem zur horizontalen Radialer-streckung des einen Seitenflansches „positiven“ Anstellwinkel von dem einen Seitenflansch weg neigend anstellt und den Verlegearm im Verlauf der Hin- und Herverlegebewegung hin zum gegenüberliegenden Seitenflansch in einen „negativen“ Anstellwinkel von dem anderen Seitenflansch weg geneigt schwenkt. Die Anstelleinrichtung ist vorzugsweise durch das Handhabegerät, wie dem Stellroboter, gebildet, der, um die gewünschte Schwenkbewegung um den Wickelungsschlaufenkontakt zu betreiben, den Träger stellt. Die Schwenkachse der Schwenkbewegung liegt vorzugsweise im Bereich des wickeltrommel-seitigen Endes des Verlegearms. Die Schwenkstel-le kann längs des Hin- und Herverlegewegs wan-dern. Es reicht aus, einen Freistellwinkel von 1° bis 20° einzustellen. Entsprechend dem Freistellwinkel ist auch die durch die Verlegearm-lagerung definier-te, verdrehbare Verlegerichtung des Verlegearms ge-genüber der Axialrichtung geneigt, wobei der Nei-gungswinkel an den axialen Enden der Hin- und Her-verlegebewegung entsprechend am größten ist und im Verlauf der Hin- und Herverlegebewegung, so wie der Freistellwinkel, abnimmt und etwa auf halbem Verlegeweg verschwindet sowie anschließend insbe-sondere allmählich wieder zunimmt.

[0070] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist für das betriebsgemäße Stellen des Ver-legearms insbesondere bei einem Richtungswech-sel der Hin- und Herverlegung eine Verlegearmstell-einrichtung zum insbesondere vertikalen Positionie-ren des Verlegearms relativ zur Wickeltrommel vor-gesehen. Die Verlegearmstelleinrichtung kooperiert mit einem Wegsensor zum Erfassen wenigstens ein-er vorbestimmten Position des Verlegearms längs des Verlegewegs, wobei gegebenenfalls der Weg-sensor bei Erreichen der wenigstens einen vordefini-erten Position die Verlegearmstelleinrichtung ver-anlasst, den Verlegearm um wenigstens etwa die hal-be Stärke des Wickelguts, vorzugsweise um etwa ein-e Wickelgutstärke oder um mehr als eine Wickelgut-stärke, und höchstens um ein Zweifaches der Wickel-gutstärke von der Wickeltrommel weg oder von der bereits daraufgelegten Wicklungslage weg anzuhe-ben. Die Verlegearmstelleinrichtung kann eine insbe-sondere vertikale Schwenklagerung für den Verlege-arm aufweisen, wobei eine Schwenkachse des Ver-legearms trägerseitig angeordnet ist. Die Schwenkla-gerung kann beispielsweise dadurch realisiert sein, dass ein wickeltrommelseitiges Verlegearmschwert relativ zu der trägerseitigen Verlegearmbasis in Ver-tikalrichtung verschwenkbar ist. Des Weiteren kann

die Verlegearmstelleinrichtung einen Lifter zum ins-besondere linearen Anheben der Schwenkachse in Vertikalrichtung aufweisen, wobei der Lifter beispie-lsweise durch das Handhabegerät, wie den Stellro-boter, gebildet ist, das auf den Träger zugreift, um den Träger samt der Verlegearm-Schwenkachse ver-tikal linear anzuheben. Um das schwenkbare wickeltrommelseitige Ende beim Anheben mitzuneh-men, weist die Schwenklagerung einen Anlagean-schlag auf, der ein Absenken des wickeltrommelseit-igen Endes des Verlegearms begrenzt. Die Schwen-klagerung erlaubt einerseits einen flexiblen Kontakt-ablauf des wickeltrommelseitigen Endes an der be-reits gelegten Wickellage und damit ein freies Kon-turfolgen der bereits gelegten Wickellage und deren radialer Unwuchten, andererseits begrenzt der An-lageanschlag ein Absenken des wickeltrommelseit-igen Endes ausgehend von der Auflage auf die Wi-ckelungslage um höchstens eine halbe Wickelungs-gutstärke, sollte das wickeltrommelseitige Ende zw-ischen zwei gelegte benachbarte Wickelungsschlau-fen gelangen.

[0071] Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfin-dung ist eine Wickelgut-Bremse an dem Verlege-arm angeordnet, die dem Wickelgut vor dem Errei-chen der Wickeltrommel eine Bremskraft mitteilt, um das Wickelgut auf Zug vorzuspannen. Die Bremskraft kann betriebsgemäß insbesondere durch eine Steue-rung- und/oder Regelung eingestellt werden.

[0072] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Ver-fahren zum Wickeln eines strangförmigen Wickel-guts, wie eines kontinuierlich extrudierten Rohres, vorzugsweise aus Kunststoff auf die Wickeltrommel. Bei dem Erfindungsgemäßen Verfahren wird das Wi-ckelgut der rotierenden Wickeltrommel anhand einer Hin- und Herverlegebewegung des Verlegearms re-lativ zu einem Träger übergeben. Der Verlegearm wird in Verlegerichtung relativ zu einem Träger ge-führt gelagert. Bei Auslenkung des Verlegearms aus einer Montageposition relativ zum Träger wird eine in axialer Verlegerichtung gerichtete Rückstellkraft er-zeugt, die gegen die auf der Wickeltrommel gelegten Wickelung wirkt.

[0073] Das erfindungsgemäße Verfahren ist vor-zugsweise anhand der oben genannten Betriebs-und/oder Funktionsaspekte der erfindungsgemäßen Wickelungsvorrichtung definiert.

[0074] Weitere bevorzugte Ausführungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0075] Weitere Eigenschaften, Merkmale und Vor-teile der Erfindung werden durch die folgende Be-schreibung einer bevorzugten Ausführung der Erfin-dung anhand der beiliegenden Zeichnungen erläu-tert, in denen zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Vorrichtung zum Wickeln eines kontinuierlich extrudierten Kunststoffrohres auf eine Wickeltrommel in einem Anfangsbetriebszustand, bei dem eine erste Wickellage an der Wickeltrommel abgelegt wird;

Fig. 2a eine perspektivische Ansicht der Wickelungsvorrichtung gemäß **Fig. 1** kurz vor dem Betriebszustand eines Wicklungslegerichtungswechsels;

Fig. 2b eine perspektivische Detailansicht des Eingriffs eines wickeltrommelseitigen Endes eines Verlegearms auf die Wickelung und die Wickelungstrommel gemäß dem Betriebszustand nach **Fig. 2a**;

Fig. 3a eine perspektivische Ansicht der Wickelungsvorrichtung während des Betriebszustands des Wicklungslegerichtungswechsels;

Fig. 3b eine perspektivische Detailansicht des wickeltrommelseitigen Endes des Verlegearms gemäß dem Betriebszustand nach **Fig. 3a**;

Fig. 4a eine perspektivische Ansicht der Wickelvorrichtung in dem Betriebszustand nach dem Wicklungslegerichtungswechsel;

Fig. 4b eine perspektivische Detailansicht des wickeltrommelseitigen Endes des Verlegearms gemäß dem Betriebszustand nach **Fig. 4a**;

Fig. 5 eine perspektivische Ansicht der Wickelungsvorrichtung mit Bewegungsachsen eines Trägers der Wickelungsvorrichtung sowie des Verlegearms;

Fig. 6 eine Draufsicht der Wickelungsvorrichtung im Betriebszustand des Wicklungslegerichtungswechsels gemäß **Fig. 3a** und **Fig. 3b**;

Fig. 7 eine perspektivische Draufsicht des Trägers der Wickelungsvorrichtung gemäß **Fig. 1**;

Fig. 8 eine perspektivische Seitenansicht des Trägers gemäß **Fig. 7**;

Fig. 9 eine weitere perspektivische Ansicht des Trägers nach **Fig. 7** mit Blick auf eine Wirbelstrombremse für das Wickelgut in einem passiven Betriebszustand;

Fig. 10 die perspektivische Seitenansicht des Trägers nach **Fig. 7** mit der Wirbelstrombremse in einem aktiven Betriebszustand;

Fig. 11 ein Wickelgeschwindigkeit-Weg-Diagramm zur Darstellung der Abhängigkeit der Wickelgeschwindigkeit von der axialen Stellung der Führung;

Fig. 12 ein Weg-Zeit-Diagramm, bei dem die axiale Verlagerung (X) gegenüber der Zeit (t) während einer Wendeoperation dargestellt ist;

Fig. 13 eine perspektivische Ansicht des erfindungsgemäßen Verlegearms für die erfindungsgemäße Wicklungsvorrichtung;

Fig. 14 eine perspektivische Ansicht eines vorderen Teils des Verlegearms ohne eine Gehäusehälfte, wobei eine Gehäuseplatte zur freien Ansicht des Transportraums des Verlegearms demontiert ist;

Fig. 15 eine Draufsicht auf den vorderen Teil des Verlegearms nach **Fig. 14**;

Fig. 16 eine Stirnansicht des wickeltrommelseitigen Endes des erfindungsgemäßen Verlegearms;

Fig. 17 eine Querschnittsansicht des vorderen Teils des Verlegearms gemäß **Fig. 14**; und

Fig. 18 eine perspektivische Ansicht von in dem Transportraum des Verlegearms größtenteils untergebrachten Bewegungsorganen des erfindungsgemäßen Verlegearms.

[0076] In **Fig. 1** ist die erfindungsgemäße Wickelungsvorrichtung im Allgemeinen mit der Bezugsziffer **1** versehen. Die Wickelungsvorrichtung **1** dient dazu, ein von einer nicht näher dargestellten Extrudierstation kontinuierlich extrudiertes Kunststoffrohr **3**, wie ein sogenanntes Kabelschutzrohr, auf eine Wickeltrommel **5** aufzuwickeln, wobei eine möglichst gleichmäßige Wickelung ohne Zwischenraum zwischen den einzelnen Wickelungsschleifen **17** und mit im Wesentlichen konstanter Wickelsteigung einer Kunststoffrohrebreite pro Umdrehung erreicht werden soll, wie es beispielsweise in den **Fig. 1** bis **Fig. 4b** dargestellt ist.

[0077] Die Wickeltrommel **5** umfasst einen im Wesentlichen zylindrischen Trommelkern **7**, an dessen beiden Axialenden jeweils ein seitlicher, sich in Radialrichtung erstreckender Seitenflansch **11a**, **11b** befestigt ist. Konzentrisch zur Rotationssymmetrie der Wickeltrommel **5** ist eine Rotationsachse **13** der Wickeltrommel **5** ortsfest (bezüglich einem Referenzboden **B**, auf dem die Wickelungsvorrichtung **1** steht) gelagert, um welche die Wickeltrommel **5** zum Durchführen des Wickelungsvorgangs rotiert. Die Rotationsachse **13** definiert eine Axialrichtung, auf die auch im Folgenden zur Definition von Bewegungen von beweglichen Bauteilen der Wickelungsvorrichtung **1** Bezug genommen wird.

[0078] Aus ökonomischen Gründen ist die genormte Wickeltrommel **5** häufig aus Holz gefertigt, wobei der Trommelkern **7** sowie auch die Seitenflansche **11a**, **11b** leicht, aber nicht vernachlässigbar von einer idealsymmetrischen Form abweichen können. Der zylindrische Trommelkern **7** kann Radialschläge aufweisen, während die Seitenflansche **11a**, **11b** Axialunwuchten bilden können. Auch Wickeltrommeln **5** aus anderem Material, wie Kunststoff, weichen häufig zu-

fällig oder fertigungsbedingt von einer idealsymmetrischen Rotationsform ab.

[0079] Wie in **Fig. 1** dargestellt, ist das extrudierte Kunststoffrohr **3** in einer Anfangswickellage bereits um mehr als die axiale Hälfte der Wickeltrommel **5** um den Trommelkern **7** gewickelt. Im Folgenden soll die gerade zuletzt auf den Trommelkern **7** aufgebrachte Wicklungsschleife mit der Bezugsziffer **17** versehen sein. Die Wicklungsschleife **17** hat, bis die nächste Wicklungsschleife vollständig umlaufend gelegt ist und sich seitlich angelegt hat, eine umfangsabschnittsweise freie axiale Lateralseite **18**, auf die im Folgenden vor allem an einer etwa 12-Uhr-Umfangs-Stelle (Kontakt mit Eingriffsrad **43**) Bezug genommen werden soll.

[0080] Das Kunststoffrohr **3** ist längs seiner Erstreckung kontinuierlich zylindrisch extrudiert und kann einen Außendurchmesser von 5 mm bis 30 mm oder 40 mm aufweisen. Die Stärke des Kunststoffrohrs **3** kann bei etwa 10% bis 60% des Außenrohrradius liegen. Das Kunststoffrohr **3** wird kontinuierlich in einer Extrudierstation (nicht dargestellt) geformt und gelangt über eine Kühlstraße (Wasserbad) in die Wickelvorrichtung **1**, der ein Kunststoffrohr-(3)-Puffersystem (nicht dargestellt) vorgeschaltet sein kann, durch das unterschiedliche Förder-Geschwindigkeiten des Kunststoffrohrs **3** in dessen Längsrichtung beim Extrudiervorgang sowie beim Wickeln ausgeglichen werden sollen. Das nicht dargestellte Puffersystem kann beispielsweise als ein Vertikalpendel ausgeführt sein, der durch die vertikale Verschiebbarkeit eines Umlenkrads eine zu geringe/zu hohe Geschwindigkeit der Wickelvorrichtung **1** gegenüber der Extrudierstation ausgleichen kann, indem das Umlenkrad eine höhere/niedrigere vertikale Position einnimmt. Auf diese Weise kann eine Pufferstrecke für das extrudierte Kunststoffrohr (**3**) für einen kontinuierlichen Fertigungsprozess erreicht werden, bevor es in die Wickelvorrichtung **1** gelangt.

[0081] Die erfindungsgemäße Wickelvorrichtung **1** besteht im Wesentlichen aus vier Hauptbestandteilen, nämlich einem Träger **23**, einer Rückstelleinrichtung **61**, einem lediglich in **Fig. 5** angedeuteten Stellroboter **71** und einem erfindungsgemäßen Verlegearm **27**.

[0082] Der erfindungsgemäße Verlegearm **27** hat die Form wie beispielsweise eine Motorsäge mit einer Verlegearmbasis **28** (Aktoren-/ Motorbasis) sowie einem Verlegeschwert **29**, das sich von der Verlegearmbasis **28** im Wesentlichen in Horizontalrichtung zur Wickeltrommel **5** erstreckt und diese unmittelbar oder mittelbar berührt. Die Verlegearmbasis **28** hat auf deren der Wickeltrommel **5** abgewandten Stirnseite eine Aufnahme **21** (**Fig. 6**, **Fig. 9** und **Fig. 10**) zum Annehmen des insbesondere eine Extrudierstation kontinuierlich verlassenden Kunststoff-

rohrs **3**. Die Aufnahme **21** umfasst sternförmig angeordnete Laufrollenpaare **25**, die eine Einfädelöffnung begrenzen, um ein horizontal und vertikal geführtes Einfädeln des Kunststoffrohrs **3** in den Verlegearm **27** zu gewährleisten. Die Verlegearmbasis **28** ist hauptsächlich durch einen Profilträger **57** gebildet, der aus mehreren aneinander gefügten Tragplatten zusammengesetzt ist. An den Tragplatten können Funktionskomponenten der Wickelvorrichtung **1**, wie ein Mikrorechner, Aktoren, etc., angebracht werden.

[0083] Der Träger **23** hält beweglich den Verlegearm **27** und hat in der dargestellten Ausführung eine Schiene **51**, an der ein Greifarm des Stellroboters **71** befestigt ist. Die Schiene **51** kooperiert mit einem Schlitten **53** der Verlegearmbasis **28** derart, dass der Verlegearm **27** längs des linearen Schlittenwegs hin- und herbewegt werden kann.

[0084] Das Verlegeschwert **29** erstreckt sich überwiegend in einer Horizontalrichtung, ungefähr senkrecht zur Axialrichtung **13** von der Verlegearmbasis **28** weg hin zur Wickeltrommel **5**, wobei der Verlegearm **27** derart dimensioniert ist, dass er in dessen Längsrichtung über den Trommelkern **7** (bis etwa in dessen axiale Mitte) ragt (in Anheberichtung **A** betrachtet).

[0085] Das Verlegeschwert **29** hat zwei vertikale, parallel zueinander angeordnete Führungs- und Halteplatten **31a**, **31b**. Zwischen den beiden Halte- und Führungsplatten **31a**, **31b**, die in deren im Wesentlichen horizontalen Erstreckungsrichtung eine im Wesentlichen konstante Vertikalbreite aufweisen, ist ein Führungsspalt zur Bildung eines Transportraums **32** für das Kunststoffrohr **3** geformt. Damit das Kunststoffrohr **3** sicher von der Aufnahme **21** entlang des Verlegearms **27** zwischen den Halte- und Führungsplatten **31a**, **31b** entlang gleiten kann, können Leitrollen im Führungsspalt an den Halte- und Führungsplatten **31a**, **31b** drehbar gelagert sein und einen ortsdefinierten Führungskanal durch den Transportraum **32** hindurch bilden.

[0086] An einem wickeltrommelseitigen Ende **33** des Verlegearms **27** ist eine Wickelgutabgabe **34** insbesondere in Form eines Paares Abgaberollen **35** mit horizontalen Drehachsen noch im Transportraum **34** gelagert, die ein geführtes Abgeben des Kunststoffrohrs **3** von dem wickeltrommelseitigen Ende **33** des Verlegearms **27** hin zur Wickeltrommel **5** sicherstellen. Zwischen der Verlegearm-Basis **28** und dem wickeltrommelseitigen Ende **33** erstreckt sich ein arm- oder strebenförmiges Tragwerk **30**. Das Tragwerk **30** kann seitlich durch vertikal angeordnete Platten begrenzt sein und den Transportraum **32** begrenzen. An dem Tragwerk **30** sind mehrere Führungsrollen zum Durchführen des Wickelguts drehbar gelagert.

[0087] An einer Oberseite des wickeltrommelseitigen Endes **33** ist ein Wegsensor **36** in einer ersten Ausführungsform eines Kontaktgebers **37** positioniert. Der Kontaktgeber **37** umfasst ein frei drehbar gelagertes Kontaktrad, dessen Drehachse vertikal angeordnet ist. Auch eine andere aus dem Stand der Technik bekannte Wegsensorik kann eingesetzt werden. Das Kontaktrad hat einen passiven Betriebszustand im Verlauf der Verlegebewegung **W** des Verlegearms **27** zwischen dem linken Seitenflansch **11b** und dem gegenüberliegenden rechten Seitenflansch **11a**, bei dem die Drehachse in einem Führungsspalt des Verlegeschwerts **29** liegt. Vorzugsweise sobald das Kontaktrad des Kontaktgebers **37** in Eingriff mit der radialen Innenseite **41** des jeweiligen Seitenflansches **11a**, **11b** gelangt, so wird das Kontaktrad, insbesondere dessen vertikale Drehachse, in Axialrichtung ausgelenkt, weil das Kontaktrad an dem wickeltrommelseitigen Ende **33** des Verlegearms **27** in beiden Axialrichtungen axial vorsteht und für eine axiale Auslenkung schwenkbar am Verlegearm **27** gelagert ist. Beim axialen Auslenken des Kontaktrads gibt der Kontaktgeber **37** ein elektrisches Kontaktsignal an eine nicht näher dargestellte Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung, welche das Kontaktsignal für den weiteren Wickelbetrieb der Wickelungsvorrichtung **1** verarbeitet. Das Auslösen des elektrischen Kontaktsignals kann unmittelbar nach dem Bewegen des Kontaktrads aus dessen unbetätigter Mittelstellung initiiert und weitergegeben werden oder aber mit einer wegabhängigen Verzögerung nach Erreichen einer vorbestimmten Schwenkbewegungsamplitude.

[0088] Am wickeltrommelseitigen Ende **33** des Verlegearms **27** ist ein Anlagebereich **38** ausgebildet, an dem das wickeltrommelseitige Ende **33** des Verlegearms in einem Schleifkontakt mit der Seitenflanschwand **11a**, **11b** der Wickeltrommel **5** gelangen kann. Dafür ist die Schwenklagerung **39** des Wegsensors **34** derart ausgelegt, dass das Kontaktrad des Kontaktgebers **37** zumindest bis auf Höhe der Außenseite des jeweiligen Anlagebereichs **38** weg verschwenkt wird, so dass der Betätigungsvorsprung des Kontaktrads in seitlicher Richtung vollständig versenkt ist und der jeweilige Anlagebereich **38** freigegeben wird. Eine alternative Wegsensorenausführung ist weiter unten beschrieben.

[0089] An der der Oberseite gegenüberliegenden Unterseite des wickeltrommelseitigen Endes **33** ist ein Eingriffsrad **43** frei drehbar am Verlegearm **27** ortsfest gelagert, dessen Drehachse im Wesentlichen horizontal parallel zur Rotationsachse **13** der Wickeltrommel **5** liegt. Die Lauffläche des Eingriffsrads **43** steht im unmittelbaren Abrollkontakt mit dem angetriebenen Trommelkern **7** oder einer bereits gelegten Wickelungslage. Ein frei zugänglicher Seitenbereich des Eingriffsrads **43** liegt beim Wickeln mit einem überwiegend axialen Druckvorspannkontakt an

der axialen Lateralseite **18** der zuletzt gelegten Wickelungsschlaufe **17** an.

[0090] Die axiale Breite der Lauffläche des Eingriffsrads **43** ist derart dimensioniert, dass sie größer als der halbe Außendurchmesser des Kunststoffrohrs **3**, allerdings kleiner als der Außendurchmesser des Kunststoffrohrs **3** ist.

[0091] Der Verlegearm **27** ist über eine trägerseitige-(23)-Schwenklagerung, welche nicht näher illustriert ist, vertikal schwenkbar gelagert, wobei eine trägerseitige Schwenkachse **S** horizontal, zumindest abhängig von der Verlegewegposition parallel zur Rotationsachse **13** der Wickeltrommel **5** verläuft. Zum Kontrollieren der Schwenkbewegung des Verlegearms **27** in einer vertikalen Ebene ist eine Dämpfungseinheit **45** vorgesehen, die einerseits am Träger **23** und andererseits an einem Vorsprung **47** an der Oberseite des Verlegeschwerts **29** befestigt ist. Die Dämpfungseinheit **45** gewährleistet eine gedämpfte Schwenkbewegung des Verlegearms **27** um die trägerseitige Schwenkachse **S**. Ein Schwenkansschlag (nicht dargestellt) ist vorgesehen, der ein Abschwenken des Verlegearms **27** in der vertikalen Ebene nach unten auf die Wickeltrommel **5** zu begrenzt. Der Schwenkansschlag gewährleistet, dass sich das Eingriffsrad **43** nicht zwischen zwei bereits gelegten Wickelungsschlaufen drängt und sich vollständig zwischen diesen durchdrückt, um einen Kontakteingriff des Eingriffsrads **43** mit einer darunter liegenden vollständigen Wickelungslage zu vermeiden. Die Schwenkbeweglichkeit des Verlegearms **27** und die Position des Schwenkanschlags sind relativ zum Verlegearm **27** derart festgelegt, dass das Eingriffsrad **43** bei der Hin- und Herverlegebewegung in Abrollkontakt mit dem zylindrischen Trommelkern **7** oder der zuletzt gelegten Wickelungslage steht. Der Schwenkansschlag stoppt aber ein Absenken der Eingriffsrolle **43** ab höchstens der halben Stärke des Kunststoffrohrs **3**, so dass ein Rollkontakt auf der zuletzt vollständig verlegten Wickelungslage verhindert wird.

[0092] Der Träger **23** ist relativ zur ortsfesten Rotationsachse **13** oder zum ortsfesten Referenzboden **B** einer Fertigungshalle verlagerbar, indem ein der Stellroboter **71**, der ortsfest auf dem Referenzboden **B** montiert ist, den Träger **23** greift, hält und entsprechend dem Wickelvorgang steuerungsgemäß positioniert.

[0093] In Fig. 5 sind teilweise die Bewegungsachsen des Stellroboters **71** dargestellt, wobei der Stellroboter **71** den Träger **23** in Horizontalrichtung, die der Axialrichtung (Rotationsachse **13**) und im Wesentlichen der Verlegerichtung **V** entspricht, und in Anheberichtung **A** linear bewegen kann und wobei der Stellroboter **71** den Träger **23** um den Lateralkontakt **K** (um die Drehachse **D**) schwenken kann.

[0094] Die Eingriffsstelle des Eingriffsrads **43** mit dem Trommelkern **7** oder der bereits gelegten Wickelungslage bildet eine Betätigungsstelle, an der der Verlegearm **27** durch den axialen Zuwachs der Wickelungslage **15** dem Träger **23** gegenüber voreilend axial verschoben wird. Dies kann als eine flexibel reagierende Folgebewegung des Verlegearms **27** bezeichnet werden, der dem kontinuierlichen axialen Verlegen der Wickelungsschleifen **17** und dem axialen Wachsen der Wickelungslage **15** unmittelbar folgt. Eine vertikale Schwenkbewegung um die Schwenkachse **S** wegen der Anlage des Eingriffsrads **43** an der Wickeltrommel **5** und einem radialen Wachsen der Wickelungslagen realisiert ein Folgenachstellen des an dem vorerst ortsfesten Träger **23** gelagerten Verlegearms **27**. Die Nachgebewegung des Verlegearms **27** und die Nachstellbewegung des Trägers **23** sind mit den Doppelpfeilen **V**, **A** in **Fig. 5** angedeutet.

[0095] Der Stellroboter **71** hält den Träger **23** anhand der Schiene **51**, die mit dem Schlitten **53** kooperiert, der aus einer Basisplatte **55** und einem sich davon nach unten erstreckenden Profilträger **57** gebildet ist. Der Schlitten **53** und die Schiene **51** bilden eine translatorische Lagerung, deren translatorische Verlegerichtung **V** im Wesentlichen oder annähernd parallel zur horizontalen Axialrichtung (Rotationsachse **13**) festgelegt ist. Die Schlitten(53)-Schiene(51)-Anordnung verleiht dem Verlegearm **27** eine Bewegungsfreiheit gegenüber dem Träger **23** nur in der Verlegerichtung **V**, so dass der Schlitten **53** nur in Verlegerichtung **V** relativ zu dem Stellroboter **71**, insbesondere dessen Greifarm (nicht dargestellt), verlagert werden kann.

[0096] Die Schienen(51)-Schlitten(53)-Anordnung stellt eine axiale Nachgiebigkeit für den Verlegearm **27** bereit. Die axiale Nachgiebigkeit wird durch den Bewegungsfreiheitsgrad in Verlegerichtung **V** geschaffen. Damit das Eingriffsrad **43** bei dem Verlegevorgang zwischen den beiden Seitenflanschen **11a**, **11b** nicht den Kontakt zu der Lateralseite der zuletzt gelegten Wickelungsschleife **17** verliert, wirkt zwischen dem Schlitten **53** und der Schiene **51** eine Rückstell- oder Vorspanneinrichtung **61**, welche eine elastische Rückstell- oder Vorspannkraft erzeugt, sobald der Verlegearm **27** aus einer vordefinierten Neutralposition relativ zum Träger **23**, in der keine Rückstellkräfte der Rückstelleinrichtung **61** zwischen der Schiene **51** und dem Schlitten **53** wirken, in Verlegerichtung **V**, getrieben durch das axiale Ausdehnen der Wickelungslage **15**, ausgelenkt wird. Dabei ist der Betrag der Rückstellkraft desto größer, je größer die Auslenkweite des Verlegearms **27** aus der Neutralposition ist. Die Rückstelleinrichtung **61** ist durch ein Paar pneumatische Aktoren **63**, **65** gebildet, deren Details in den **Fig. 7** bis **Fig. 10** angedeutet sind. Ein pneumatischer Aktor **65** oder **63** ist für die Erzeugung der Rückstellkraft nur in einer der Verlegerichtungen

V (beispielsweise von dem Seitenflansch **11a** zum Seitenflansch **11b**) aktiv, während der andere pneumatische Aktor (**65** oder **63**) in der entgegengesetzten Verlegerichtung **V** (von dem Seitenflansch **11b** zum Seitenflansch **11a**) aktiv ist.

[0097] Wird der Verlegearm **27** durch das periodische, horizontale Verlegen der Wickelungsschleife **17** in Verlegerichtung **V** verrückt, so verlagert sich das Ende **33** des Verlegearms **27** samt Schlitten **53** in linearer Verlegerichtung **V** relativ zur Schiene **51**, die währenddessen unbeeinflusst ortsfest vorläufig in deren Position verbleibt, bis sie beispielsweise bei Überschreitung einer Auslenkschwelle des Schlittens **53** durch den Stellroboter **71** nachgestellt wird, was die Rückstellkraft der Rückstelleinrichtung vermindert. Aufgrund der Relativbewegung zwischen dem Schlitten **53** und der Schiene **51** wird der pneumatische Aktor **63** oder **65** (je nach axialer Verlegerichtung) pneumatisch gespannt, so dass in dem pneumatischen Aktor **63**, **65** die pneumatisch elastische Rückstellkraft erzeugt ist, die über den Schlitten **53** dem Verlegearm **27** mitgeteilt wird und schließlich das Eingriffsrad **43** axial gegen die freie Lateralseite **18** der zuletzt gewickelten Wickelschleife **17** vorspannt. Mit der axialen Rückstell-Vorspannung ist gewährleistet, dass sämtliche Wickelungsschleifen **17** in Axialrichtung dicht an dicht benachbart gelegt werden, um die gewünschte gleichmäßige Wickelungsfolge zu erreichen, und flexibel auf geometrische sowie materialspezifische Anomalien anpassend reagiert werden kann.

[0098] Es sei klar, dass der pneumatische Aktor **63**, **65** auch unabhängig von der Verlegung des Verlegearms **27** eine aktiv gesteuerte, pneumatische Rückstellkraft erzeugen kann, indem beispielsweise der pneumatische Aktor über eine nicht näher dargestellte Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung beispielsweise abhängig von einem vorbestimmten Betriebszustand pneumatisch aktiviert wird. Um einen möglichst einfachen Aufbau zu realisieren, ist der pneumatische Aktor **63** ungesteuert und baut (lediglich) elastische Rückstellkräfte auf, wenn der Verlegearm **27** aus dessen Neutralposition in Verlegerichtung **V** verrückt wird.

[0099] Um die axiale Rückstellkraft, die das Eingriffsrad **43** gegen die freie Lateralseite **18** der letzten Wickelungsschleife **17** drückt, im Wesentlichen konstant zu halten, wird die axiale Auslenkung zwischen dem Schlitten **53** und der Schiene **51** im Wesentlichen konstant oder zumindest in einem Grenzbereich gehalten. Dafür ist ein nicht dargestellter Positionssensor eingesetzt, der mit Hilfe einer Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung (nicht näher dargestellt) eine vordefinierte minimale und maximale Sollauslenkamplitude überwacht. Wird diese über- bzw. unterschritten, führt der Stellroboter **71** die Schiene **51** der Auslenkbewegung des Verlegearms **27** fol-

gend nach, wobei der Nachrückschritt in etwa einer Stärke des Kunststoffrohrs **3** entsprechen kann. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass die elastische Rückstellkraft durch das Nachfahren der Schiene **51** um den periodischen Aufbau der Auslenkung reduziert wird.

[0100] Um die gewünschte Wickelung um den Trommelkern **7** der Wickeltrommel **5** zu realisieren, ist das Kunststoffrohr **3** beim Aufwickeln um den Trommelkern **7** weitest möglich in dessen Längsrichtung mit einer konstanten Zugvorspannkraft beansprucht.

[0101] Erfindungsgemäß ist an dem Träger **23**, insbesondere am Schlitten **53**, eine elektromagnetische Bremse, insbesondere eine Wirbelstrombremse **67**, angeordnet, die aus einer aktiven Betriebsstellung, wie sie in **Fig. 10** ersichtlich ist, in eine passive Betriebsstellung (siehe **Fig. 9**) verbracht werden kann. Die Wirbelstrombremse **67**, die gegebenenfalls von einer nicht näher gestellten Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung gestellt und manipuliert werden kann, dient dazu, die im Wesentlichen gleichmäßige Zugvorspannkraft dem Kunststoffrohr **3** mitzuteilen. Als Beispiel kann die Wirbelstrombremse **67** zwei Magnetrotoren aufweisen, die in einem elektromagnetisch erzeugten Magnetfeld rotieren, wobei der jeweilige Magnetrotor ein- und ausgefahren werden kann, um die elektromagnetische Bremskraft einzustellen. Um ausreichende Reibungsverzögerungskräfte in das Kunststoffrohr **3** einzuleiten, ist ein Zahnriemen **72** vorgesehen, der um zwei Umlenkrollen der Wirbelstrombremse **67** gespannt ist. Der Zahnriemen **72** hat quer verlaufende Zähne, um einen gewünschten Eingriff mit dem Kunststoffrohr **3** und die Reibungskraftübertragung zu gewährleisten. Bei einer alternativen Ausgestaltung des Riemens **72** kann auch ein in Längsrichtung verlaufendes Berg-Tal-Profil vorgesehen sein, das formkomplementär zum Kunststoffrohr **3** geformt ist.

[0102] Im Folgenden wird beschrieben, wie eine neue in Radialrichtung der Wickeltrommel **5** „erhöhte“ Wickelungslage **15** initiiert ist, wenn annähernd eine Wickelungslage auf dem Trommelkern **7** oder einer bereits gelegten Wickelungslage abgeschlossen wurde und sich darauf eine „neue“ Lage bildet. Hierzu wird insbesondere auf die **Fig. 2a** bis **Fig. 4b** Bezug genommen.

[0103] In **Fig. 2a** und **Fig. 2b** ist ein Betriebszustand ersichtlich, bei dem eine erste Wickelungslage **15** auf dem Trommelkern **7** annähernd fertig gestellt ist. Das Eingriffsrad **43** läuft auf dem zylindrischen Trommelkern **7** ab, wobei die von der Rückstelleinrichtung **61** erzeugte axiale Rückstellkraft die gerade zuvor gelegte Wickelungsschleife **17** axial gegen die benachbarte Wickelungsschleife drückt. Bevor nun die letzte Wickelungsschleife **17** der ersten Wickelungslage **15** abgeschlossen wird, gelangt das Kon-

taktrad des Kontaktgebers **37** in einen Rolleingriff mit der Innenseite **41** des Seitenflansches **11a**. Mit Fortlauf des Wickelungsvorgangs wird das Kontaktrad horizontal ausgelenkt, wodurch das Steuersignal des Kontaktgebers **37** an eine nicht näher dargestellte Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung gesendet wird. Diese veranlasst nach Erhalt des Steuersignals ein vertikales Anheben des Verlegearms **27**, indem der Stellroboter **71** den Träger **23** und dessen Schiene **51** in Anheberichtung **A** im Wesentlichen um nicht mehr als die Stärke des Kunststoffrohrs **3** anhebt, wobei der nicht näher dargestellte vertikale Schwenkansschlag den Verlegearm **27** in vertikaler Anheberichtung mitnimmt, um das wickeltrommelseitige Ende **33** des Verlegearms **27** um etwas mehr als die Außendurchmesserstärke des Kunststoffrohrs **3** über die gerade beendete Wickelungslage **15** anzuheben. Dieser Betriebszustand des angehobenen wickeltrommelseitigen Endes **33** ist in den **Fig. 3a** und **Fig. 3b** ersichtlich, ebenso der ausgelenkte Kontaktgeber **37**. In der axialen Endposition des wickeltrommelseitigen Endes **33** des Verlegearms **27** besteht vorübergehend kein Kontakt zwischen dem Eingriffsrad **43** und dem Kunststoffrohr **3**. Durch kontinuierliches Weiterwickeln wird das Kunststoffrohr **3** in die noch verbleibende Wickelungslücke zum Seitenflansch **11a** gelegt, bis sich die erste Wickelungsschleife der „neuen“ Wickelungslage **15** bildet. Zuerst gelangt der frei zugängliche Seitenbereich des Eingriffsrads **43** in einem Lateralkontakt **K** mit der Lateralseite **18** der ersten Wickelungsschleife **17** der neu zu legenden Wickelungslage **15**, wobei die Abrollfläche des Eingriffsrads **43** kurzfristig noch entfernt von der bereits fertig gelegten Wickelungslage **15** angehoben ist. Erst nachdem die erste Wickelungsschleife **17** das Eingriffsrad **43** in Verlegerichtung **V** mitnimmt, senkt sich das Eingriffsrad **43** ab, so dass dessen Abrollfläche in Rollkontakt mit der vollständig gelegten Wickelungslage **15** gelangt. Dieser Betriebszustand ist in den **Fig. 4a** und **Fig. 4b** ersichtlich, bei dem das Eingriffsrad **43** einerseits in Rollkontakt mit der gerade gelegten Wickellage **15** steht, andererseits sich mit dessen unbedeckten Seitenbereich in Lateralkontakt **K** mit der Lateralseite **18** der ersten Wickelungsschleife **17** vorspannend befindet. In diesem Betriebszustand ist der Verlegearm **27** bereits wieder in Axialrichtung relativ zum Träger **23** verrückt, wodurch die Rückstelleinrichtung **61** die Rückstellkraft erzeugt, die das Eingriffsrad **43** gegen die gerade gelegte Wickelschleife **17** drückt. Dass der Verlegearm **27** bereits von der axialen Endposition weg ausgelenkt ist, ist auch an der Position des Kontaktrads des Kontaktgebers **37** ersichtlich, der sich wieder in dem passiven Betriebszustand befindet und nicht mehr im Rollkontakt mit der Innenseite **41** des Seitenflansches **11a** steht.

[0104] In **Fig. 6** ist ersichtlich, dass der Verlegearm **27** bei seiner in **Fig. 6** dargestellten axialen Endstellung zu der horizontalen Radialrichtung H_R in einem

Anstellwinkel α geneigt ist, gemäß dem der Verlegearm **27** ausgehend von dessen wickeltrommelseitigem Ende **33** von dem rechten Seitenflansch **11a** weg hin zur Wickeltrommelmitte geneigt ist. Dies stellt sicher, dass das Kontaktrad des Kontaktgebers **37** ausreichend Raum für ein Ausschwenken hat, um das Steuersignal zu erzeugen und abzugeben, ohne dass das Ende **33** des Verlegearms **27** in Kontaktkonflikt mit der Innenseite **41** des Seitenflansches **11a**, **11b** kommt.

[0105] Im Verlauf der axialen Verlegebewegung von dem rechten Seitenflansch **11a** hin zum linken Seitenflansch **11b** nimmt ein (positiver) Anstellwinkel α ab, so dass etwa in axialer Mitte der Wickeltrommel **5** die Längserstreckung des Verlegearms **27** mit der horizontalen Radialrichtung H_R zusammenfällt, während der Verlegearm **27** in der gegenüberliegenden axialen Verlegeendposition in einem (negativen) Anstellwinkel α insbesondere gleicher Größe ebenfalls hin zur Mitte der Wickeltrommel **5** geneigt ist. Auch in dieser Stellung kann der Kontaktgeber **37** sicher auslösen, indem das Kontaktrad seitlich ausgeschwenkt wird.

[0106] Bei beiden axialen Verlegeendpositionen des Verlegearms **27** tritt der sich in Radialrichtung erstreckende Seitenflansch **11a**, **11b** nicht in Bewegungskonflikt mit dem dazu geneigten Verlegearm **27**.

[0107] Die bereits erwähnte, nicht näher dargestellte, insbesondere am Tragwerk **30** unterbringbare Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung kann insbesondere ausschließlich dafür eingesetzt werden, die Winkelgeschwindigkeit der Wickeltrommel **5** in Abhängigkeit der Radial- und/oder Axialposition der Führung (des Verlegearms **27**), insbesondere dessen wickeltrommelseitigen Endes **33**, einzustellen. Es sei klar, dass die Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung auch die oben genannten Steuerungsfunktionen übernehmen kann. Vorzugsweise ist die Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung mit der Basisplatte **55** fest verbunden. Es können allerdings auch andere Befestigungsorte für die Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung in Betracht kommen.

[0108] Beim wendelgemäßen Verlegen des Kunststoffrohrs **3** auf die Wickeltrommel **5** wird das vorlaufende Ende des Kunststoffrohrs zuerst durch eine Öffnung im Seitenflansch **11** der Wickeltrommel **5** durchgefädelt und unmittelbar anliegend an der Innenseite **41** des Seitenflansches **11a**, **11b** manuell mittels einer Bedienperson für die erste Wickellage bei einer geringen Winkelgeschwindigkeit (siehe **Fig. 11**; START) aufgewickelt, wobei die Winkelgeschwindigkeit U allmählich zunimmt.

[0109] Bevor die Wicklung beginnt, wird die Wegerfassung des Verlegearms **27** in der Steuerungs- und/

oder Regeleinrichtung initialisiert, nämlich auf „0“ gestellt. Ab dieser Initialisierung des Verlegeprozesses (bei START gemäß **Fig. 11**) beginnt eine insbesondere kontinuierliche Erfassung der Position des Verlegearms **27**. Nachdem erste Wicklungen der Wickellage **15** (bspw. siehe **Fig. 1**) an dem Trommelkern **7** aufliegen, wird die Wickelgeschwindigkeit U auf eine maximale Wickelgeschwindigkeit U_{max} erhöht, so dass ab einer variierbaren oder vorab festeingestellten Stellposition X_1 für die erste Wickellage **15** die maximale Wickelgeschwindigkeit U_{max} erreicht ist. Während des wendelmäßigen Verlegens der Wickellage **15** im sogenannten axialen Mittelbereich **C** der Wickeltrommel **5** (siehe **Fig. 6**), der zwischen X_1 und X_2 , X_5 und X_6 , (**Fig. 11**) beziehungsweise zwischen den axialen Stellpositionen P_a und P_b , (**Fig. 6**) liegt, soll die maximale Wickelgeschwindigkeit U_{max} konstant gehalten werden (siehe **Fig. 11**).

[0110] Es sei klar, dass die richtige Winkelgeschwindigkeit der Wickeltrommel **5** für den Wicklungserfolg maßgeblich ist. Selbstverständlich kann auch der Regelungsprozess anhand der Umfangsgeschwindigkeit an der jeweiligen Wicklungslage **15** angepasst werden. In der Figurenbeschreibung wird der Einfachheit halber auf die Wicklungsgeschwindigkeit als Regelungsgröße Bezug genommen.

[0111] Erreicht der Verlegearm **27**, aus dem Stellmittelbereich **C** kommend, die vorbestimmte axiale Stellposition X_2 , beziehungsweise P_a oder P_b , welche beispielsweise anhand der Erfassung der axialen Position des Verlegearms **27** oder mittels Erfassung der bereits aufgewickelten Wickelgutlänge ermittelt werden kann, löst die Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung eine sogenannte Seitenflansch- oder Wendeoperation aus, bei der zuerst die Winkelgeschwindigkeit kontinuierlich allmählich reduziert wird, nämlich bis auf eine minimale Winkelgeschwindigkeit U_{min} , die während der weiteren heiklen Wandoperation (X_3 - X_4) konstant gehalten werden soll (**Fig. 11**). Ist die Wandoperation abgeschlossen (bei X_4), insbesondere bei Erreichen einer Stellposition nach dem Bewegungsstart des Verlegearms **27** zum gegenüberliegenden (verlegearmfernen) Seitenflansch **11a** oder **11b** der Wickeltrommel **5**, nimmt die Wickelgeschwindigkeit zwischen X_4 und X_5 gemäß der vorherigen Wickelgeschwindigkeitsabnahme zwischen X_2 und X_3 kontinuierlich stetig zu und erreicht in der Stellposition X_5 , die vorbestimmt oder während des Wicklungsprozess errechnet sein kann, die maximale Winkelgeschwindigkeit U_{max} .

[0112] Es ist klar, dass in **Fig. 11** nicht die Richtung der die axiale Bewegung des Verlegearms **27** dargestellt ist, sondern nur die Wickelgeschwindigkeit U abhängig von einem absoluten, axialen Stellwegbetrag $|X|$ ab dem START. Die axiale Bewegungsrichtung des Verlegearms **27** wechselt bei den jeweiligen

Stellpositionen X' , X'' , an deren Ablauf die minimale Winkelgeschwindigkeit U_{\min} konstant bleibt.

[0113] Im allgemeinen können die Stellpositionen entweder durch Eingabe in die Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung vorbestimmt eingegeben werden, oder während des Wicklungsprozess errechnet und je nach Wicklungsfortschritt geändert werden.

[0114] In **Fig. 12** ist die Wendeoperation anhand eines Weg-Zeit-Diagramms illustriert, bei der die axiale Verlagerung X gegenüber der Zeit t dargestellt ist. In dem Augenblick, wenn die Wendeposition durch die Führung, den Verlegearm **27**, erreicht wird, ist der Zeitpunkt t_0 maßgeblich. Gemäß **Fig. 12** ist vor dem Erreichen des Wendepunktes t_0 eine gestufte Graphenform ersichtlich, bei der das schrittweise Nachrücken des Verlegearms **27** in Axialrichtung gegenüber der voreilenden Wicklungslage während des normalen Wickelvorgangs verdeutlicht sein soll. Es sei klar, dass keine Stufenform notwendig ist, sondern auch andere insbesondere gekrümmte Bahnverläufe möglich sind. Es ist festzustellen, dass axiale Rückstellkräfte, welche den Verlegearm **27** gegen die freie Lateralseite **18** der letzten Wicklungsschleife drücken lassen, aufgebaut werden, indem der Verlegearm **27** relativ zum Träger **23** der Führung in Axialrichtung X durch den Wicklungsfortschritt vorverlagert wird; die sich wendelgemäß axial aufbauende Wicklung drückt den Verlegearm **27** gegen die innerhalb der Führung wirkende, elastische Vorspanneinrichtung, wodurch sich wegen der Relativbewegung elastische Rückstellkräfte aufbauen.

[0115] Bei Erreichen der Wendeposition X_0 zum Zeitpunkt t_0 wird die Wendeoperation ausgelöst. Wird die Wendeposition X_0 erreicht, veranlasst die Steuerungs- und/oder Regeleinrichtung eine vertikale Freifahrt des Verlegearms **27** von der Wickeltrommel **5** weg, wobei erfahrungsgemäß ein radiales Freifahren von 30 mm ausreicht, um maximale Radialumwuchten des Trommelkerns **7** der Wickeltrommel **5** auszugleichen. Wesentlich bei der Freifahrt des Verlegearms **27** ist es, das trommelseitige Ende **33** stets kontaktlos zur zuletzt gelegten Wicklungslage **15** zu stellen. Während der radialen Freifahrtzeit t_0 bis t_1 , gemäß der etwa 0,8 Umdrehungen der Wickeltrommel **5** zurückgelegt werden, wird der Verlegearm **27** nicht in Axialrichtung verlagert und verbleibt an der Wendeposition X_0 . Bis zum Zeitpunkt t_1 ändert sich die axiale Wegstrecke (X) nicht.

[0116] **Fig. 11** und **Fig. 12** stehen insofern in Zusammenhang, als die Wendeposition X_0 gemäß **Fig. 12** im Wesentlichen der Position X_2 oder X_6 gemäß **Fig. 11** entspricht. Während des Zeitraums t_0 bis t_1 , währenddessen der Verlegearm **27** an der Wendeposition X_0 (X_2 bzw. X_6) verharret, bleibt noch die Winkelgeschwindigkeit U unverändert.

[0117] Ab dem Ende der Freifahrt t_1 wird der Träger **23** und damit der Verlegearm **27** (dessen Ende **33** nicht mehr an der gelegten Wicklungslage aufliegt) weiter in axialer Richtung hin zum Seitenwandflansch **11a**, **11b** der Wickeltrommel **5** vorgerückt, um ein vollständiges Anliegen des wickeltrommelseitigen Endes **33** des Verlegearms **27** an dem Seitenwandflansch **11a**, **11b** stets während des gesamten Umlaufs der Wickeltrommel **5** sicherzustellen. Der axiale Vorrückweg ist in **Fig. 12** mit X_0 bis X_1 verdeutlicht. Nach Abschluss des Vorrückens zum Zeitpunkt t_2 kann die Wickeltrommel **5** um etwa 0,4 Umdrehungen weitergedreht sein.

[0118] Zum Zeitpunkt t_1 (an der Wendeposition X_0 (X_2 bzw. X_6 gemäß **Fig. 11**)), wird die Geschwindigkeit für das weitere Vorrücken der Führung reduziert.

[0119] Ab dem Ende des Vorrückens (t_2 , X_1) kann eine Positionskorrektur des Verlegearms **27** bzw. des Trägers **23** durchgeführt werden, um beispielsweise die Rückstellkräfte in der Schienen-Schlitten-Lagerung einzustellen oder die Position des Verlegearms **27** relativ zur Wickeltrommel **5** zu verändern. Die Korrekturphase kann etwa 0,6 Umdrehungen der Wickeltrommel **5** dauern.

[0120] Zum Ende der Korrektur t_3 wird die Führung, nämlich der Träger **23** samt dem Verlegearm **27**, in zur Hin-Verlegebewegungsrichtung entgegengesetzten Her-Verlegebewegungsrichtung gestellt, um den Verlegearm **27** bezüglich des Seitenwandflansches **11a**, **11b** der Wickeltrommel **5** kontaktlos zu stellen. Dabei ist der Zurückrückweg etwa gleich dem Vorrückweg, kann allerdings auch größer oder kleiner realisiert werden, so dass sichergestellt ist, dass das wickeltrommelseitige Ende **33** des Verlegearms **27** nicht mehr in dem Kontaktbereich des Seitenwandflansches **11a**, **11b** der Wickeltrommel **5** gelangt. Die Zurückrückung kann etwa 0,2 Umdrehungen der Wickeltrommel **5** dauern. Zum Ende der Zurückrückung t_4 wird der Verlegearm **27** wieder zurück auf die bereits verlegte Wicklungslage **15** abgesenkt und kommt damit in Rollkontakt. Während des Absenkens des Verlegearms **27** bis zum Zeitpunkt t_5 bleibt der Träger **23** des Verlegearms **27** in der axialen Position, welche insbesondere einer Neutralposition entspricht, in der keine Rückstellkräfte wirken. Zum Zeitpunkt t_5 gelangt die neu gelegte Wicklungsschleife in den seitlichen Anlagekontakt mit dem Eingriffsrads **43** und nimmt den Verlegearm **27** in Her-Verlegebewegungsrichtung mit, was durch die sich nach unten neigende Graphenform repräsentiert sein soll. Um die Rückstellkräfte nicht zu groß werden zu lassen, wird, wie oben beschrieben ist, der Träger **23** relativ zum anliegenden Verlegearm **27** durch den Stellroboter **71** nachgeführt. Frühestens zum Zeitpunkt t_5 soll mit der Änderung der Winkelgeschwindigkeit auf U_{\max} begonnen werden, um eine möglichst schnelle Wicklung längs des Trommelkerns **7** zu erreichen.

[0121] Im allgemeinen bezieht sich die axiale Verlagerung X auf die Stellbewegung des Trägers **23**, wobei die Verlagerung des Trägers **23** durch den Stellroboter **71** und die flexible Verstellung des Verlegearms **27** aufgrund der Gleitlagerung an dem Träger **23** und des Wickelfortschritts in dem Fall etwa gleich ist, wenn der Verlegearm **27** sich nicht an dem Seitenwandflansch **11a**, **11b** der Wickeltrommel **5** oder der Lateralseite der letzten Wicklungsschleife abstützt.

[0122] In den **Fig. 13** bis **Fig. 18** sind Details einer bevorzugten Ausführung des erfindungsgemäßen Verlegearms **27** dargestellt, wobei für ähnliche oder identische Bestandteile des Verlegearms **27**, der vorher anhand der vorherigen Figuren beschrieben wurde, die gleichen Bezugszeichen verwendet werden, um die Lesbarkeit der Figurenbeschreibung zu erleichtern.

[0123] Der Verlegearm **27** umfasst drei Hauptbestandteile, nämlich die Arm-Basis **28**, an der das Wickelgut eingeführt wird, das wickeltrommelseitige Ende **33**, an dem das Wickelgut abgegeben wird, sowie ein dazwischenliegendes langgestrecktes Tragwerk **30**, das den Großteil des Verlegearms **27** bildet. Das wickeltrommelseitige Ende **33** ist lösbar und austauschbar über Schnittstellen **110**, **111** mit dem Tragwerk **30** verbunden. Auf diese Weise reicht es aus, bei Änderung der Dimension des Wickelguts lediglich das wickeltrommelseitige Ende **33** gegen ein dimensionsangepasstes auszutauschen, während alle anderen Bestandteile (**28**, **30**) des Verlegearms **27** beibehalten werden können. Diese anderen Bestandteile sind unabhängig von der Dimension des Wickelguts ausgeführt. Lediglich das wickeltrommelseitige Ende **33** ist wickelgutspezifisch aufgrund des Kontaktgebers **37**, der im Folgenden als alternative Ausführung erläutert wird, und der Wickelgutabgabe **34** ausgeführt.

[0124] Wie aus den **Fig. 13** bis **Fig. 18** ersichtlich ist, ist der Kontaktgeber **37** in einer alternativen Ausführung ohne Kontaktrad ausgebildet, aber mit an der Seitenflanschwand **11a**, **11b** schleifend ablaufenden Betätigungsvorsprüngen **101a**, **101b** realisiert. Die Betätigungsvorsprünge **101a**, **101b** sind Teil einer geschlossenen Bügel- oder Ringstruktur des Kontaktgebers **37**, die bei Draufsicht eine Dreiecksform mit zwei gleich langen Langschenkeln aufweist, die in einem Winkel von jeweils etwa 15° zur Längserstreckungsrichtung des Verlegearms **27** liegen. Die Langschenkel erstrecken sich zu einem verbindenden stirnseitigen Kurzschenkel, der das freie Ende des Kontaktgebers **37** und des wickeltrommelseitigen Endes **33** bildet. Ecken der dreieckigen Ringstruktur sind abgerundet.

[0125] Die Betätigungsvorsprünge **101a**, **101b** sind samt der Ringstruktur um eine sich in Vertikalrichtung erstreckenden Schwenkachse **100** schwenkbar gela-

gert, so dass die jeweiligen Betätigungsvorsprünge **101a**, **101b** jeweilige mit der jeweiligen Seitenwandflansch **11a**, **11b** schwenkend derart einfahrbar sind, dass deren Eckbereich auf Höhe der Außenfläche des Anlagebereichs **38a**, **38b** liegt und kein Abstand seitlich über die Außenfläche vorsteht. In dieser Freigabestellung des jeweiligen Betätigungsvorsprungs berührt der Anlagebereich **38** des wickeltrommelseitigen Endes **33** des Verlegearms **27** die Innenseite der jeweiligen Seitenflanschwand **11a**, **11b**. Wird der Verlegearm **27** von der jeweiligen Seitenflanschwand **11a**, **11b** weg bewegt und der Anlagebereich **38** freigegeben, so gelangt die Ringstruktur des Kontaktgebers **37** selbständig in dessen mittleren, unbetätigten Stellung (s. **Fig. 13-18**) mittels eines nicht näher dargestellten Zwangsmittels, wie einer Feder, vorzugsweise einer Drehfeder. Die Federvorspannung kann an der Ringstruktur direkt angreifen oder an einem Getriebeteil, wie der Schwenkachse **100**, etc.

[0126] Der Kontaktgeber **37** ist mit einem Winkelgetriebe **103** ausgestattet, um die Schwenkbewegung der vertikalen Schwenkachse **100**, die starr mit der Ringstruktur gekoppelt ist, in eine Schwenkbewegung um eine sich in Längserstreckungsrichtung des Verlegearms **27** erstreckenden Übertragungswelle **105** zu übertragen. Die Übersetzung des Winkelgetriebes **103** zur Übertragung der Schwenkbewegung ist vorzugsweise 1:1.

[0127] An die Übertragungswelle **105** ist ein am Tragwerk **30** angeordneter Signalgeber (nicht dargestellt) gekoppelt, der nach Bewegungsbeginn oder nach Überschreitung einer vorbestimmten Schwenkamplitude der Ringstruktur ein elektrisches Steuersignal ausgibt, um der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung mitzuteilen, dass die Wendeoperation zu initiieren ist. Das Steuersignal kann unmittelbar bei Schwenkbeginn ausgelöst werden oder erst verzögert nach Erreichen einer vorbestimmten Schwenkamplitude.

[0128] Die Übertragungswelle **105** ist zweigeteilt, wobei der wegsensorseitige Wellenabschnitt **107** mit dem tragwerk(30)seitigen Wellenabschnitt **109** mittels einer lösbaren Klauenkupplung **110** gekoppelt ist, die ein Demontieren des vorderen und hinteren Wellenabschnitts **107**, **109** voneinander zulässt. An den Wellenabschnitt **109** schließt der Signalgeber an. Neben der Klauenkupplung **110** bilden auch die Führungs- und Halteplatten **31b** und **31a** eine trennbare Schnittstelle **111**, um einen der Wickeltrommel **5** zugewandten Gehäuseplattenabschnitt von einem basisseitigen Gehäuseplattenabschnitt zu trennen.

[0129] Die Montageschnittstellen (**110**, **111**) erlauben, das wickeltrommelseitige Ende **33** samt dessen Funktionselemente, wie die Wickelgutabgabe **34**, Abgaberäder **35**, Kontaktgeberteile sowie die mechanische Kommunikation des Kontaktgebers **37** hin zu

dem Signalgeber abzukoppeln, um die erfindungsgemäße Vorrichtung und insbesondere den Großteil des erfindungsgemäßen Verlegearms **27** je nach Einsatz für ein bestimmt dimensioniertes Wickelgut anpassen zu können. Es zeigte sich, dass diejenigen Bestandteile im Transportraum **32** diesseits der Montageschnittstellen (**110**, **111**) für eine Vielzahl von unterschiedlich großen Wickelgütern auslegbar sind, aber das wickeltrommelseitige Ende **33** bezüglich der Dimensionierung wickelgutspezifisch anzupassen ist. Insbesondere die Wickelgutabgabe **34** und die von dem Anlagebereich **38** vorstehenden Betätigungsvorsprünge **101a**, **101b** sind an die Wickelgutstärke anpassbar.

[0130] Besonders vorteilhafterweise ist die rein mechanische Realisierung des Kontaktgebers **37** bis hin zum Signalgeber auf der Basis von lösbaren Kupplungen, wie der Klauenkupplung **110**, so dass keine elektronische Signal Übertragung zwischen dem wickeltrommelseitigen Ende **33** und der trägerseitig angeordneten Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung notwendig ist. Auf diese Weise lässt sich ein Austausch des wickeltrommelseitigen Endes **33** rein mechanisch erledigen, wodurch auch unerfahrenes Bedienpersonal einen Wechsel des wickeltrommelseitigen Endes **33** zum Einstellen des Verlegearms **27** an das zu wickelnde Wickelgut durchführen kann.

[0131] Die in der vorstehenden Beschreibung, den Figuren und den Ansprüchen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Realisierung der Erfindung in den verschiedenen Ausgestaltungen von Bedeutung sein.

Bezugszeichenliste

1	Wickelungsvorrichtung
3	Kunststoffrohr
5	Wickeltrommel
7	Trommelkern
11a, 11b	rechter und linker Seitenflansch, Seitenwandflansch
13	Rotationsachse
13'	Axialrichtung
15	Wickelungslage
17	Wickelungsschlaufe
18	Lateralseite von 3
21	Aufnahme
23	Träger
25	Laufrollenpaare
27	Verlegearm
28	Verlegearmbasis

29	Verlegeschwert oder -lanze
30	Tragwerk
31a, 31b	Führungs- und Halteplatten
32	Transportraum
33	wickeltrommelseitiges Ende
34	Wickelgutabgabe
35	Abgaberollen
36	Wegsensor
37	Kontaktgeber
38	Anlagebereich
41	Innenseite
43	Eingriffsrad
45	Federdämpfungseinheit
47	Vorsprung
51	Schiene
53	Schlitten
55	Basisplatte
57	Profilträger
61	Rückstelleinrichtung
63, 65	pneumatische Aktoren
67	Wirbelstrombremse
71	Stellroboter
72	Zahnriemen
100	Schwenkachse
101a, 101b	Betätigungsvorsprung
103	Winkelgetriebe
105	Übertragungswelle
107	Übertragungswelle
109	Wellenabschnitt
110	Klauenkupplung
111	Plattenschnittstelle
α	Anstellwinkel
α'	Neigungswinkel
A	Anheberichtung
B	Referenzboden
C	Axialer Mittelbereich
D	Drehachse
H_R	horizontale Radialerstreckung
K	Lateralkontakt
M	Drehrichtung von 5

S	Kippachse
V	Verlegerichtung
W	Hin- und Herverlegeweg

Patentansprüche

1. Verfahren zum wendelgemäßen Wickeln eines strangförmigen Wickelguts, wie eines kontinuierlich extrudierten Rohres (3), vorzugsweise aus Kunststoff, auf eine drehangetriebene Wickeltrommel (5), wobei

a) das Wickelgut der rotierenden Wickeltrommel (5) über eine für eine axiale Hin- und Herverlegebewegung gelagerten Führung übergeben wird, die relativ zur Wickeltrommel (5) im Wesentlichen entsprechend dem Wickelungsfortschritt gestellt wird; und
b) bei Erreichen einer insbesondere vorbestimmten oder sensierten Wendeposition X_0 eine Wendeposition durchgeführt wird, bei der:

i) die in einer Hin-Verlegebewegung zur Wendeposition X_0 ankommende Führung im Wesentlichen in einer radialen Vertikalrichtung von der Wickeltrommel (5) weg entfernt, insbesondere angehoben, wird, um insbesondere ein freies Kontaktende der Führung von der Wickeltrommel (5) oder einer bereits gewickelten Wendelage (15) zu befreien; und

ii) bei oder nach dem Entfernen (i) die Führung um eine insbesondere vorab festgelegte axiale Nachrückstrecke weiter in axialer Hin-Verlegebewegungsrichtung relativ zur Wickeltrommel (5) derart vorgeführt wird, dass in axialer Hin- und Her-Verlegebewegungsrichtung die Wendeposition X_0 überfahren wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Wendeposition X_0 erreicht wird, wenn ein sich hin zur Wickeltrommel (5) erstreckender Verlegearm (27) der Führung in einem Anlagekontakt zu einem Seitenwandflansch (11a, 11b) der Wickeltrommel (5) steht oder ein an einem wickeltrommelseitigen Ende (33) des Verlegearms (27) angeordneter Kontaktgeber (37) ein Kontaktsignal auslöst, der zumindest bei Erreichen der Wendeposition X_0 ein Wendepositionsauslösesignal abgibt und/oder für einen Anlagekontakt mit einem Seitenwandflansch (11a, 11b) der Wickeltrommel (5) einen Betätigungsvorsprung (101a, 101b) aufweist, der in einer unbetätigten Stellung in Hin- bzw. Her-Verlegebewegungsrichtung von der Führung vorsteht, und der beweglich, insbesondere schwenkbar, an der Führung gelagert ist, so dass der Betätigungsvorsprung (101a, 101b) zum Zulassen eines Anlagekontakts der Führung an dem jeweiligen Seitenwandflansch (11a, 11b) der Wickeltrommel (5) verlagert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei während des radialen Entfernen (i) die Führung im Wesentlichen ohne axialen Vorschub an der Wendeposition X_0 verbleibt und/oder das Vorrücken (ii) erst veranlasst wird, wenn das Entfernen (i) der Führung

zumindest größtenteils abgeschlossen ist und/oder wenn nach Erreichen der Wendeposition eine vorbestimmte Wickelstrecke oder -zeit (t_1) abgelaufen ist, die insbesondere durch Ablauf von wenigstens einer halben Umdrehung der Wickeltrommel (5) und höchsten von wenigstens eineinhalb Umdrehungen der Wickeltrommel (5) seit dem Erreichen der Wendeposition X_0 vorzugsweise vorab festgelegt wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei (iii) nach dem Vorrücken (ii) mittels einer Ist-Positionsmessung der Führung die axiale Stellung der Führung relativ zur Wendeposition, insbesondere zum Seitenwandflansch (11a, 11b) der Wickeltrommel (5), in axialer Hin- oder Her-Verlegebewegungsrichtung überwacht und gegebenenfalls korrigiert wird, wobei vorzugsweise die Stellungskorrektur (iii) erst nach Ablauf einer vorbestimmten Wickelstrecke oder -zeit (t_2) ausgelöst wird, die insbesondere durch Ablauf höchsten einer dreiviertel oder halben Umdrehung der Wickeltrommel (5) seit dem Abschluss des Vorrückens (ii) oder durch Ablauf von wenigstens einer dreiviertel Umdrehung oder einer gesamten Umdrehung der Wickeltrommel (5) seit dem Erreichen der Wendeposition vorzugsweise vorab festgelegt wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei (iv) anstatt oder nach dem axialen Vorrücken (ii) und ggf. der Stellungskorrektur (iii), insbesondere nach Ablauf einer vorbestimmten Wickelstrecke oder -zeit (t_3), die Führung in axialer, der Hin-Verlegebewegungsrichtung entgegengesetzter Her-Verlegebewegungsrichtung relativ zur Wickeltrommel (5) insbesondere von dem Seitenwandflansch (11a, 11b) zurückgerückt wird, um insbesondere die Führung zurück an die Wendeposition zu stellen und/oder insbesondere aus der Anlage mit dem Seitenwandflansch (11a, 11b) zu verbringen, wobei vorzugsweise eine Zurückrückstrecke im Wesentlichen gleich der Vorrückstrecke ist und/oder mit mindestens einer Breite des Wickelguts und höchstens der doppelten Breite des Wickelguts insbesondere vorab festgelegt wird und/oder mittels einer Ist-Positionsmessung der Führung berechnet oder bestimmt wird, wobei insbesondere die Wickelstrecke oder -zeit (t_3) durch Ablauf höchsten einer oder einer halben Umdrehung der Wickeltrommel (5) seit dem Abschluss des Entfernen (i), des Vorrückens (ii) und gegebenenfalls der Korrektur (iii) oder durch Ablauf wenigstens einer oder eineinhalb Umdrehungen der Wickeltrommel (5) seit dem Erreichen der Wendeposition vorzugsweise vorab festgelegt wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei (v) sich nach dem Vorrücken (ii) und/oder Zurückrücken (iv) die Führung im Wesentlichen in einer radialen Vertikalrichtung auf die Wickeltrommel (5) zu bewegt, insbesondere abgesenkt, wird, um insbesondere ein freies Kontaktende der Führung mit

der Wickeltrommel (5) oder einer bereits gewickelten Wendelage (15) in Kontakt, vorzugsweise Ablauf- oder Abrollkontakt, zu bringen, wobei insbesondere während des radialen Annäherns (v) die Führung im Wesentlichen ohne axialen Vorschub insbesondere an der Wendeposition verbleibt und/oder eine die Wendeposition verlassende Her-Verlegebewegung erst veranlasst wird, wenn das Annähern (v) der Führung zumindest größtenteils abgeschlossen ist und/oder wenn das Kontaktende der Führung mit der bereits gewickelten Wendelage (15) in Kontakt steht.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Führung bei der Hin- und Herverlegebewegung (a) hin zur Wendeposition gemäß einer vorgeschriebenen Wickelroutine relativ zur Wickeltrommel (5) gestellt wird, gemäß der ein wickeltrommelseitiges Ende (33) eines Verlegearms (27) der Führung mit der Wickeltrommel (5) oder einer bereits gelegten Wendelage (15) vorzugsweise abrollend in einem Kontakteingriff steht und/oder die Führung längs eines Hin- und Herverlegewegs zwischen den dem jeweiligen Seitenwandflansch (11a, 11b) benachbarten Wendepositionen gemäß dem axialen Wicklungszuwachs auf der Wickeltrommel (5) vorgerückt wird, wobei der Verlegearm (27) der Führung, der gegenüber einem Handhabe- oder Stellgerät, wie einem Roboter, insbesondere linear in Axialrichtung beispielsweise anhand einer Schlitten-Schienen-Lagerung gelagert wird, insbesondere entsprechend einem vorbestimmten oder geregelten Nachrückweg dem Vorrücken (ii) nacheilend nachgestellt wird, wobei insbesondere beim Vorrücken (ii) und Nachrücken der Verlegearm (27) gegenüber einer Neutralposition ausgestellt bleibt, so dass der Verlegearm (27) axial seitlich gegen die zuletzt auf die Wickeltrommel (5) gelegte Wicklungsschleife gedrückt wird, wobei vorzugsweise eine auf die Wicklungsschleife wirkende Rückstellkraft von dem Maß der Auslenkung des Verlegearms (27) aus der Neutralposition abhängt, in der insbesondere keine Rückstellkraft wirkt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei für die Wendeoperation (b) beim Entfernen (i) des Verlegearms (27) und bei Kontaktaufgabe sich der Verlegearm (27) in einer Neutralposition befindet und/oder der Verlegearm (27) beim Vorrücken (ii) solange in der Neutralposition verbleibt, bis das Kontaktende des Verlegearms (27) an dem Seitenwandflansch zum Anliegen kommt, wobei entsprechend einem über die Wendeposition hinausgehenden Vorrücken (ii) eine Rückstellkraft in Axialrichtung an einer Schlitten-Schienen-Lagerung aufgebaut wird, und/oder wobei für die Wendeoperation beim Korrigieren (iii) und/oder beim Zurückrücken (iv) der Verlegearm (27) im Wesentlichen in die Neutralposition gebracht wird, damit im Wesentlichen keine Rückstellkraft wirkt, wobei insbesondere beim Bewegen des Verlegearms

(27) auf die Wickeltrommel (5) zu (v) der Verlegearm (27) in der Neutralposition ist, wobei, sobald das Kontaktende des Verlegearms (27) in den Eingriffkontakt mit der Wendelage (15) gelangt, dann der Verlegearm (27) gemäß dem Wicklungsfortschritt von der letzten Wicklungsschleife aus der Neutralposition ausgelenkt wird, um eine auf den Verlegearm wirkende Vorspannkraft zu erzeugen, welche den Verlegearm (27) seitlich gegen die zuletzt gewickelte Wicklungsschleife drückt, wobei ein dem Wicklungsfortschritt entsprechendes Nachrücken des Verlegearms (27) die wirkende Vorspannkraft im Wesentlichen konstant hält.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei im axialen Verlauf des wendelgemäßen Wickelns einer Wickelgutlage die Winkelgeschwindigkeit der Wickeltrommel in einer Abhängigkeit von der axialen Stellposition der Führung relativ zur Wickeltrommel (5) eingestellt wird.

10. Vorrichtung zum wendelgemäßen Wickeln eines strangförmigen Wickelguts, wie eines kontinuierlich extrudierten Rohres vorzugsweise aus Kunststoff, auf eine drehangetriebene Wickeltrommel (5), umfassend: eine Führung, wie einen Verlegearm (27), über die das Wickelgut der Wickeltrommel (5) bei einer insbesondere linearen Hin- und Herverlegebewegung der Führung aufwickelnd übergeben wird, eine Stelleinrichtung zum Betätigen, insbesondere zum vertikalen Anheben und axialen Verlagern, der Führung relativ zur Wickeltrommel (5), und eine mit der Stelleinrichtung gekoppelte Steuer- und/oder Regeleinrichtung, welche die Führung gemäß den in einem der vorstehenden Ansprüchen 1 bis 9 angegebenen Verfahrensschritten der Wendeoperation stellt.

Es folgen 17 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

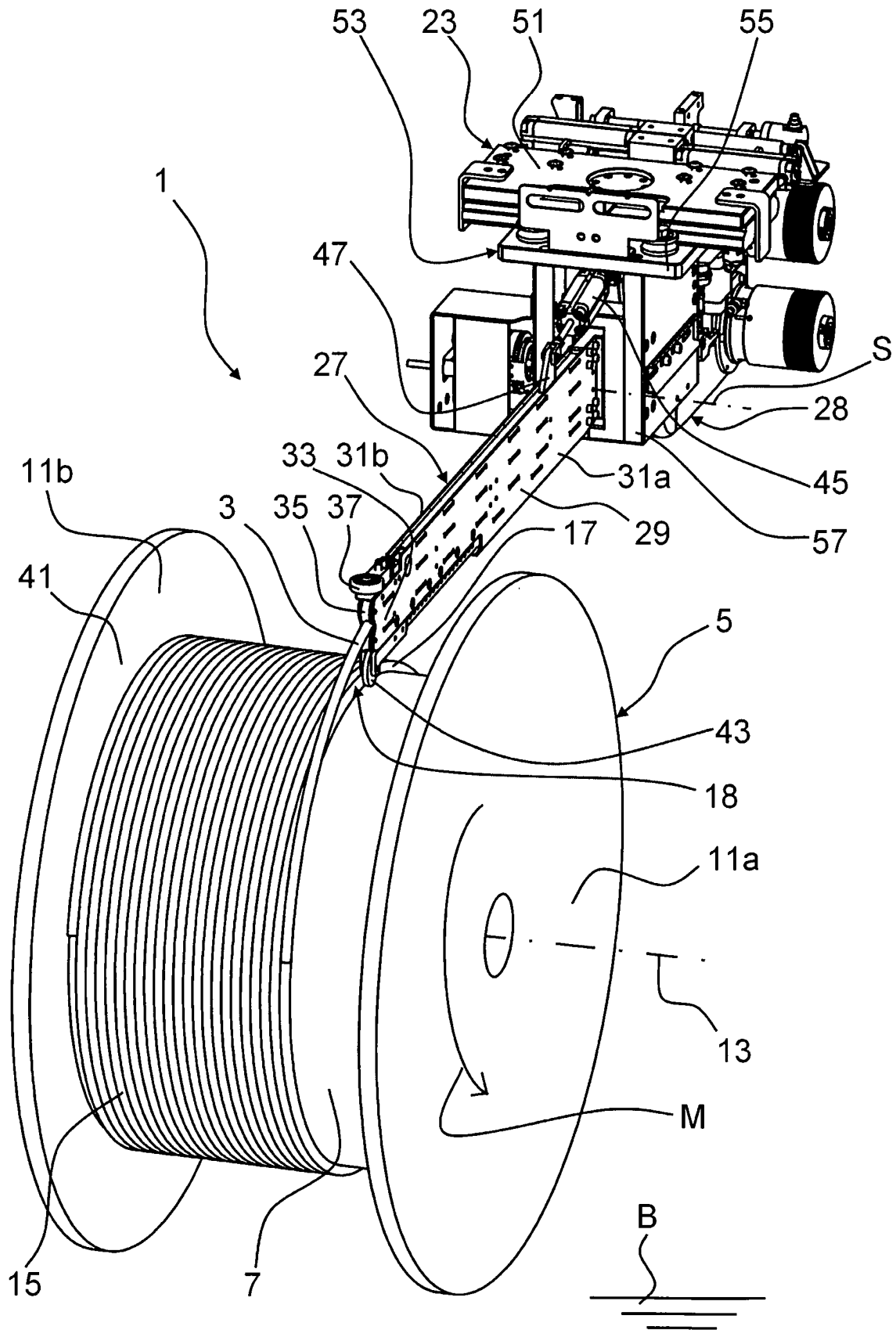


Fig. 1

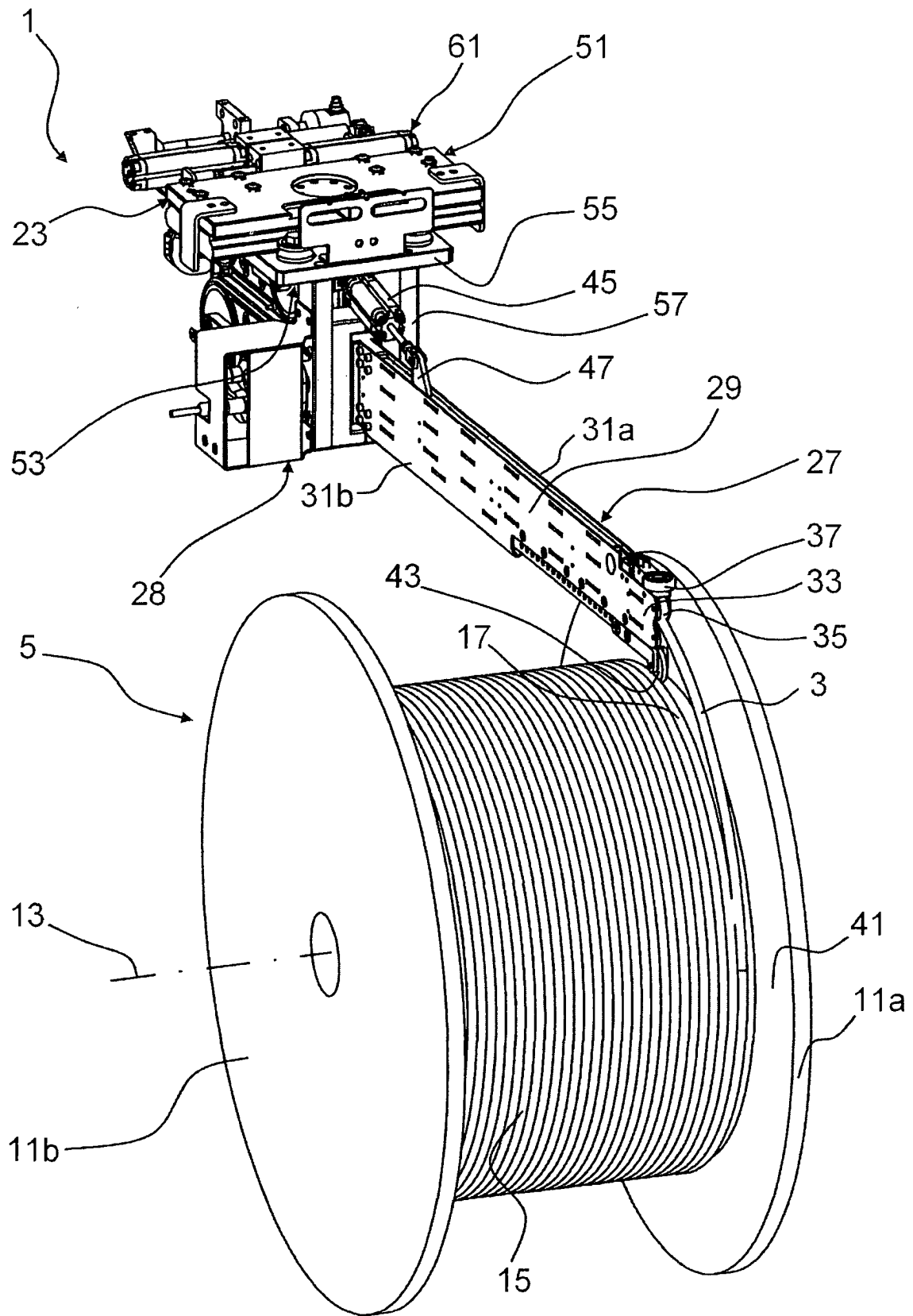


Fig. 2a

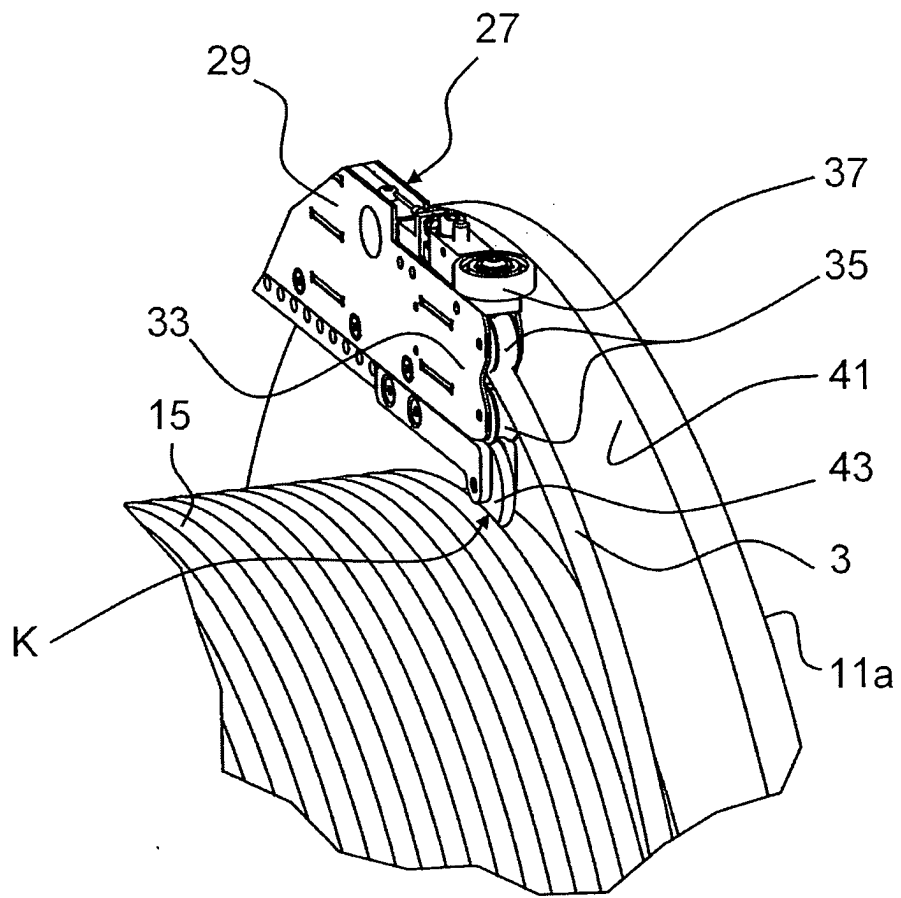


Fig. 2b

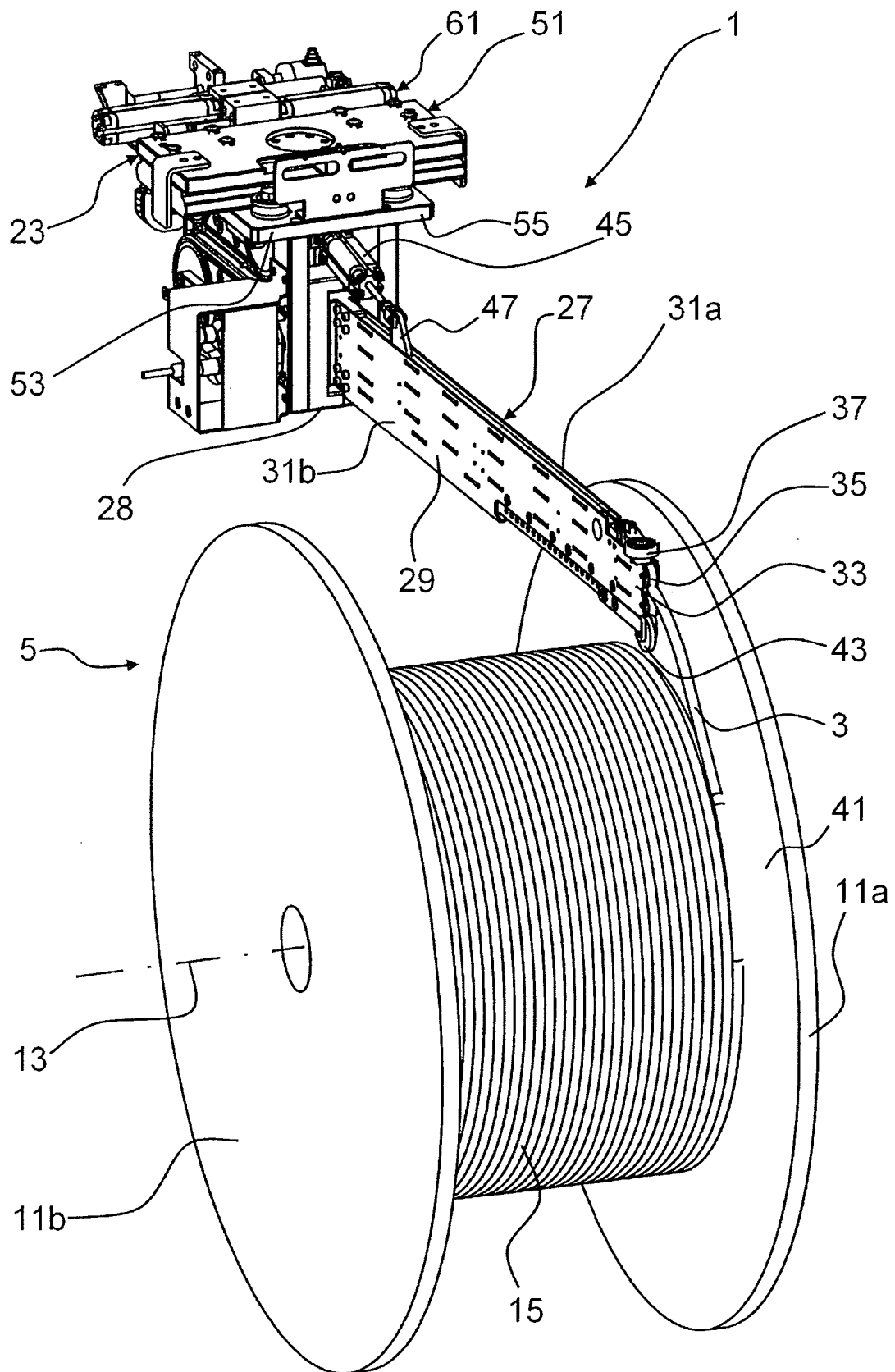


Fig. 3a

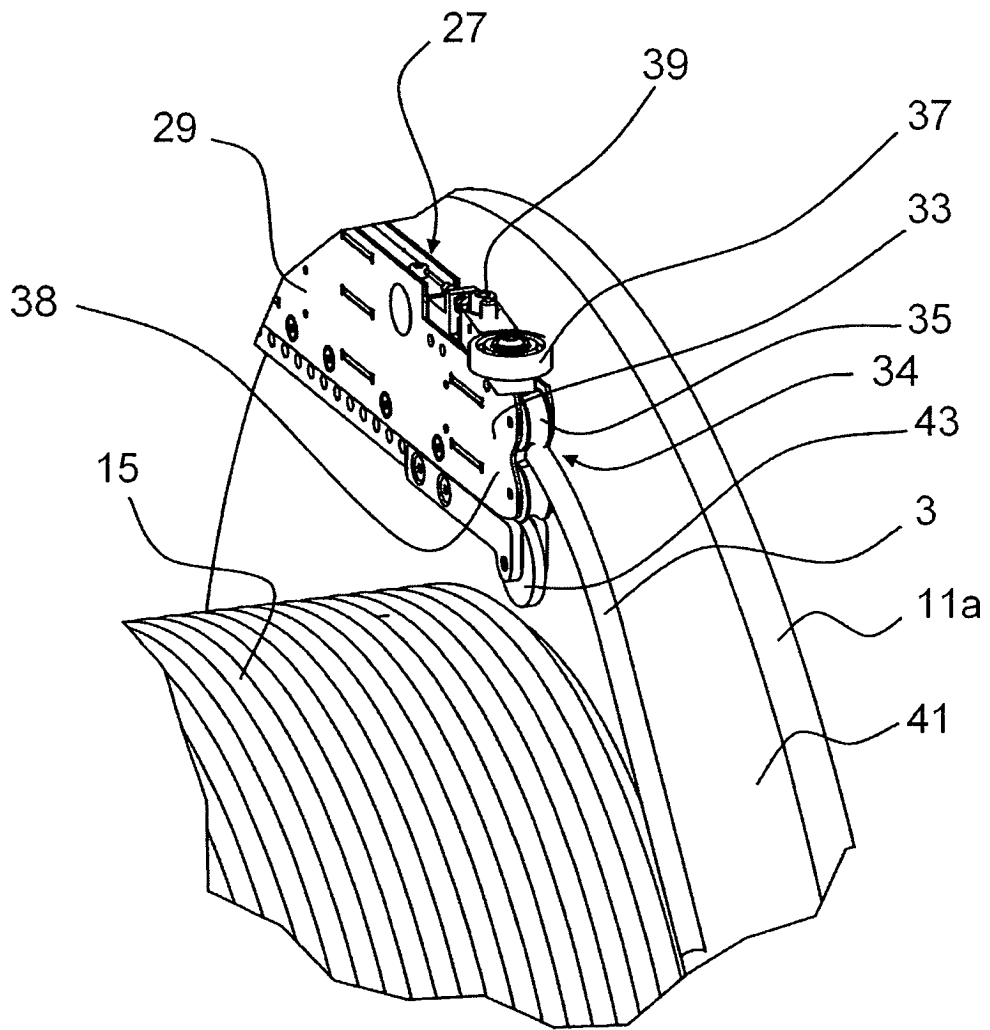


Fig. 3b

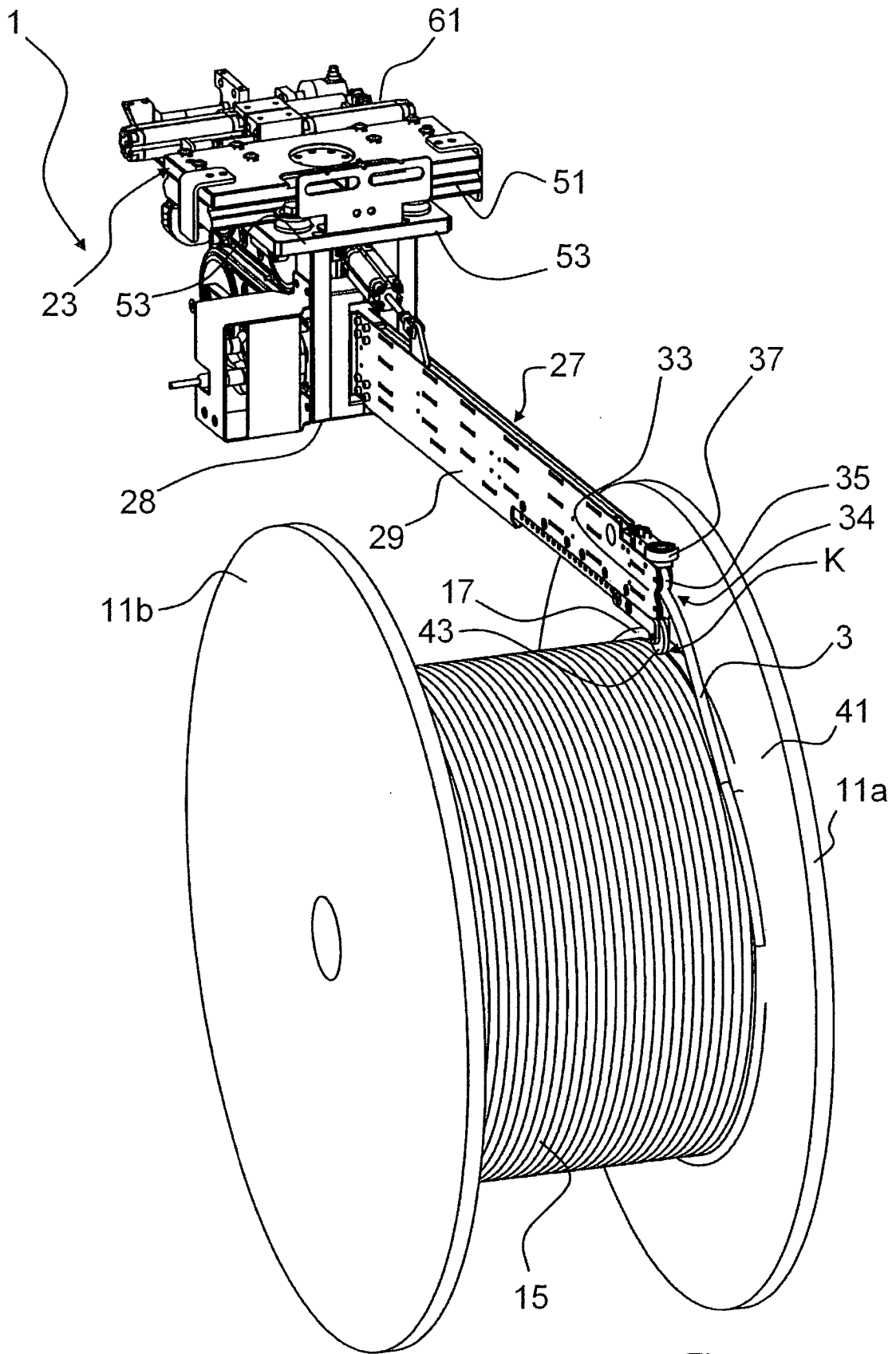


Fig. 4a

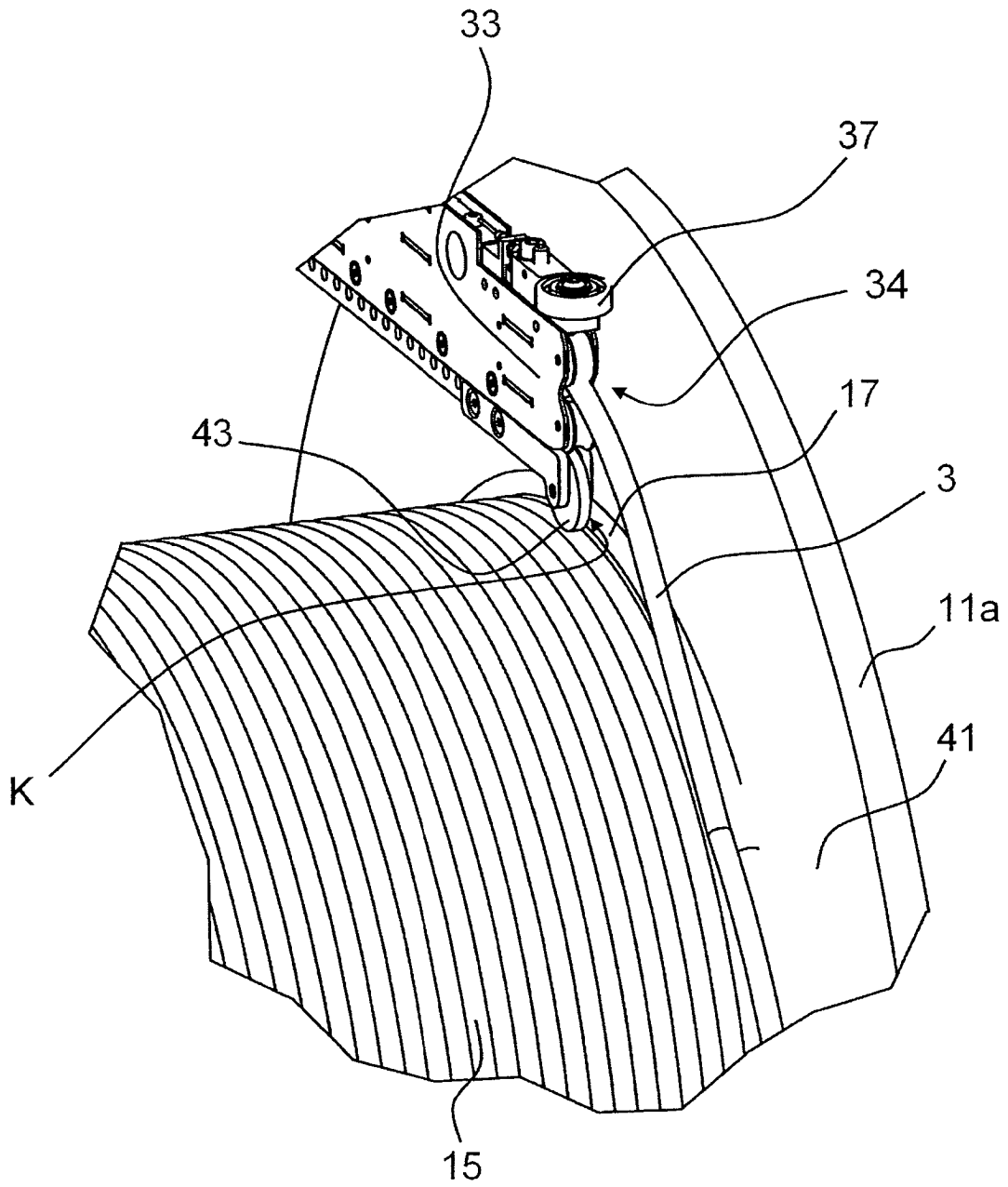
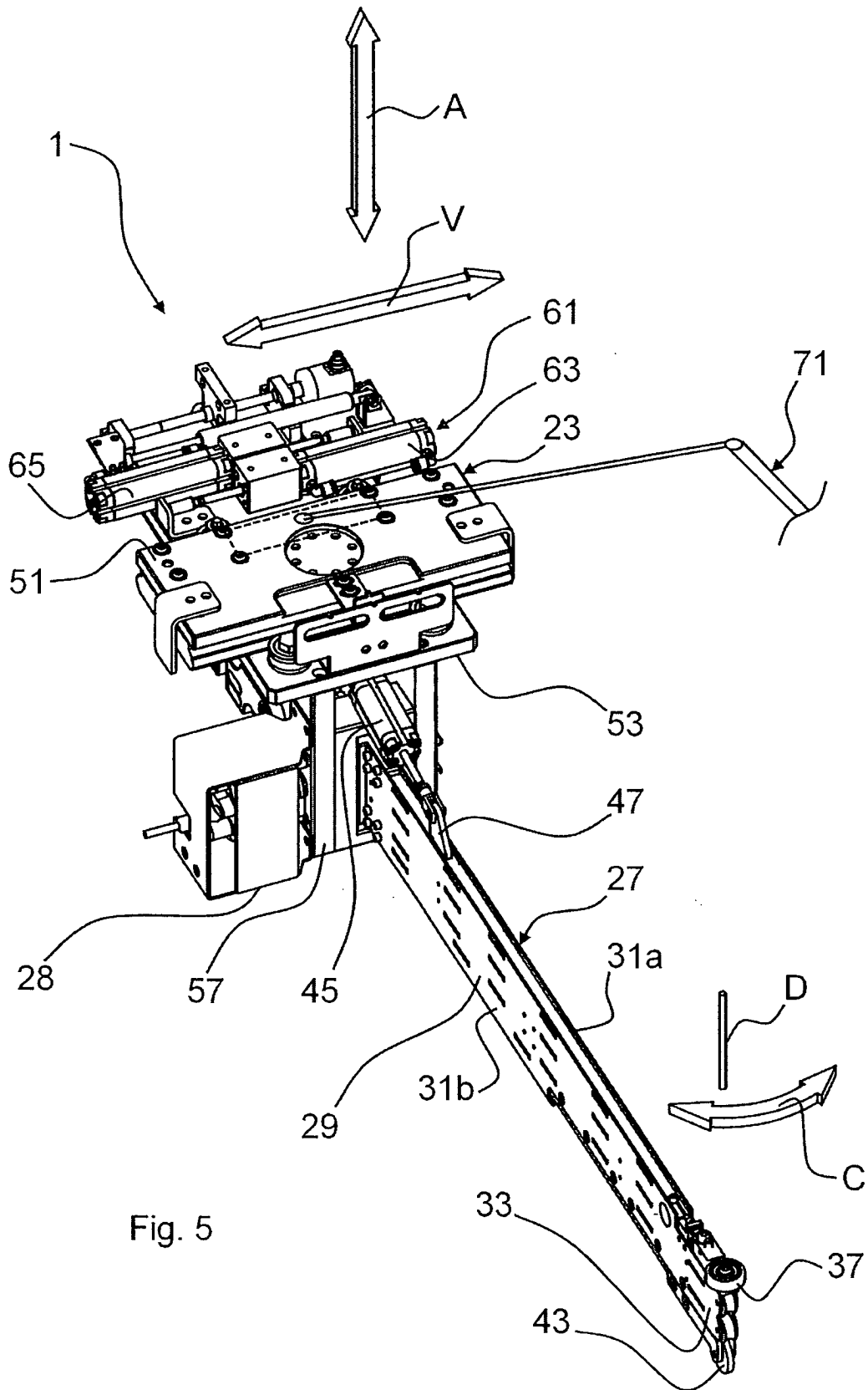


Fig. 4b



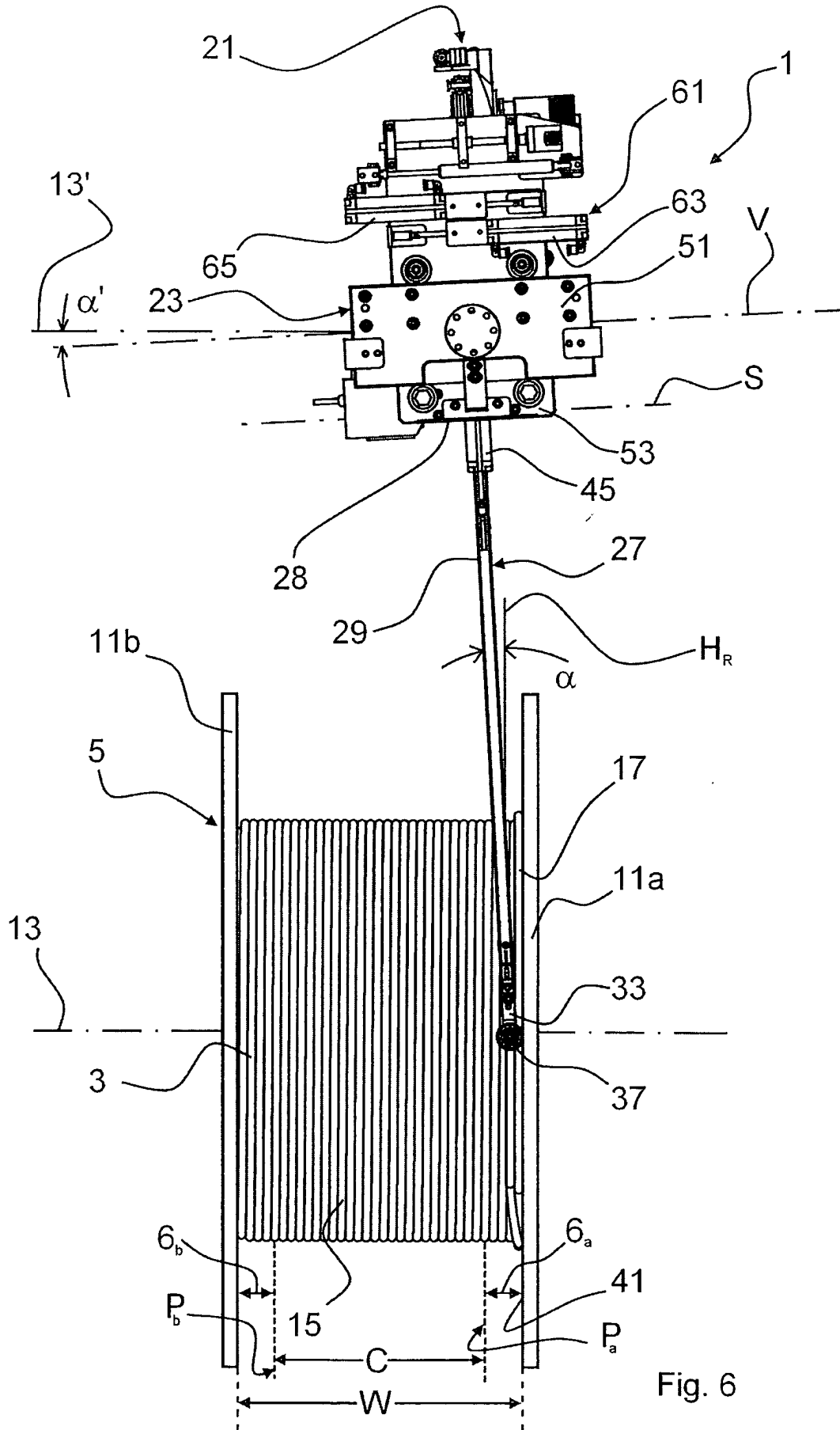
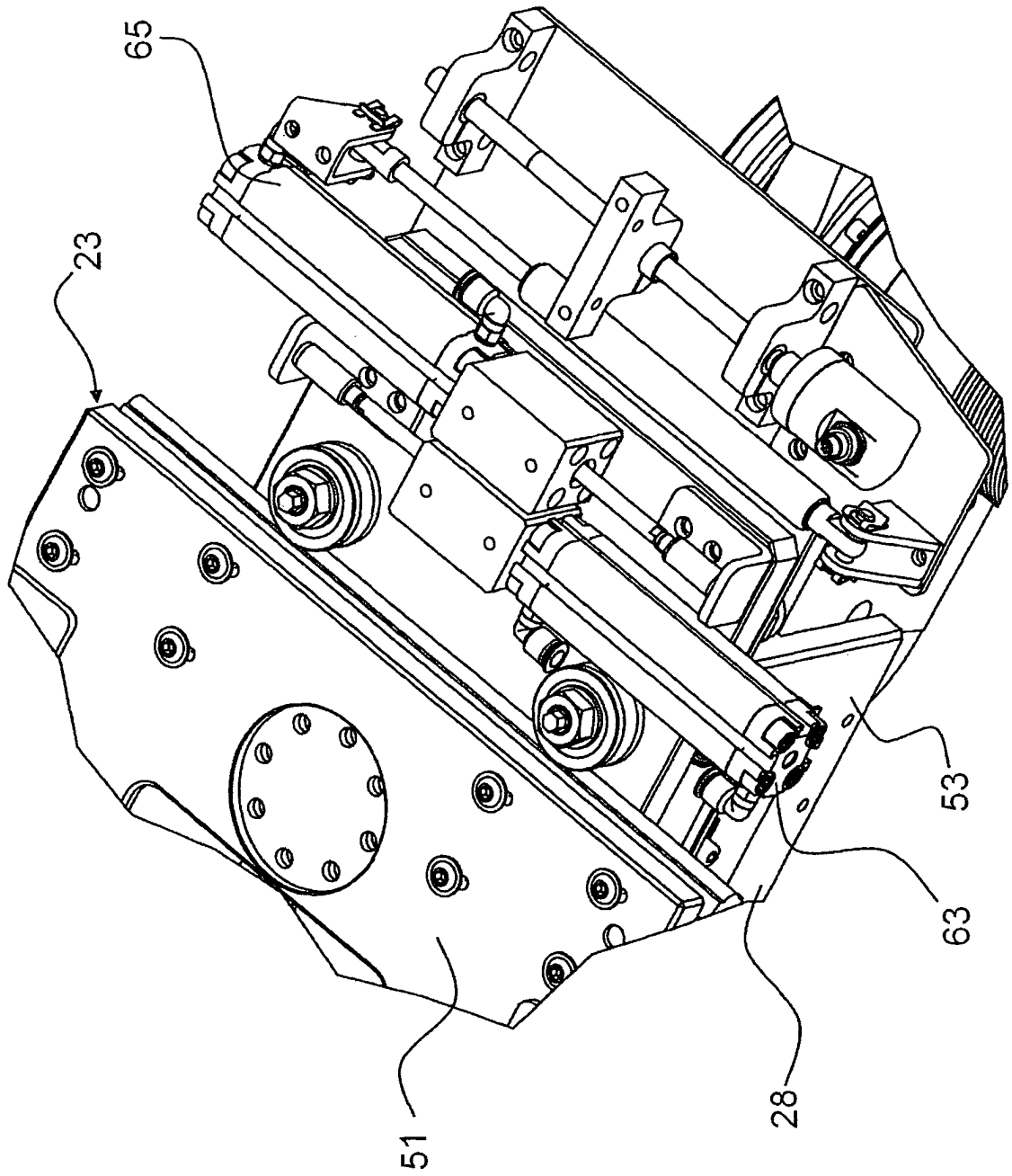


Fig. 6

Fig. 7



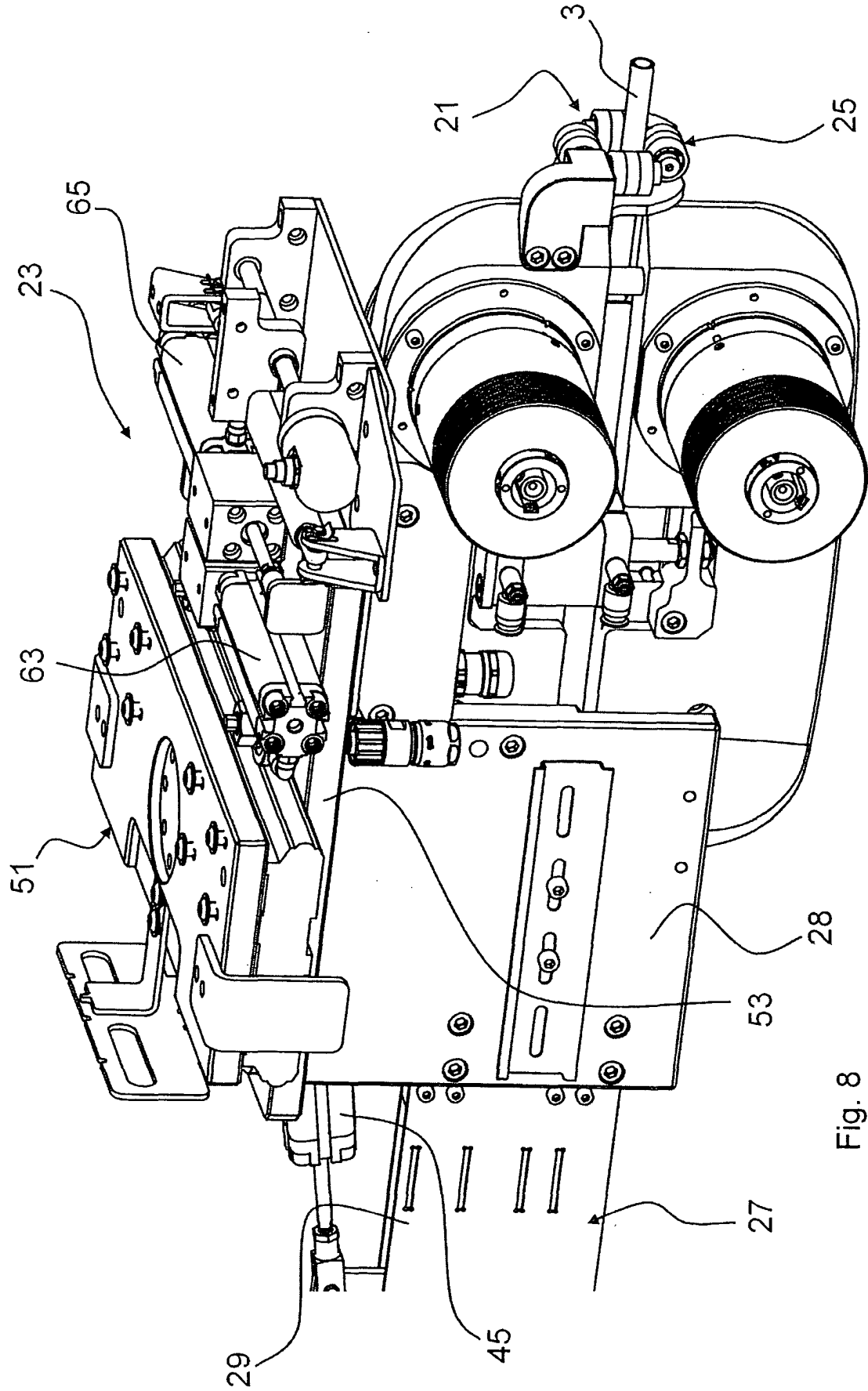


Fig. 8

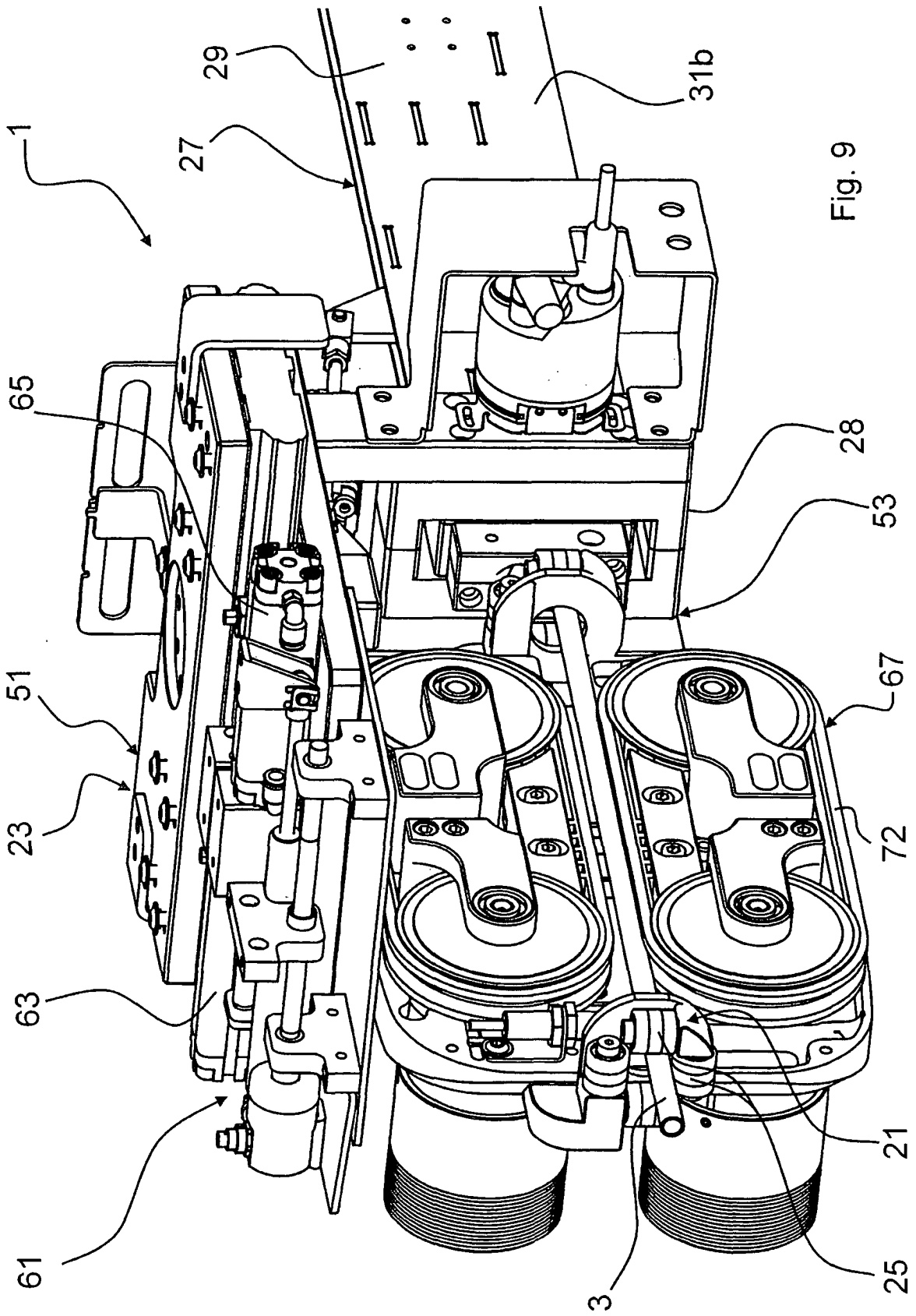


Fig. 9

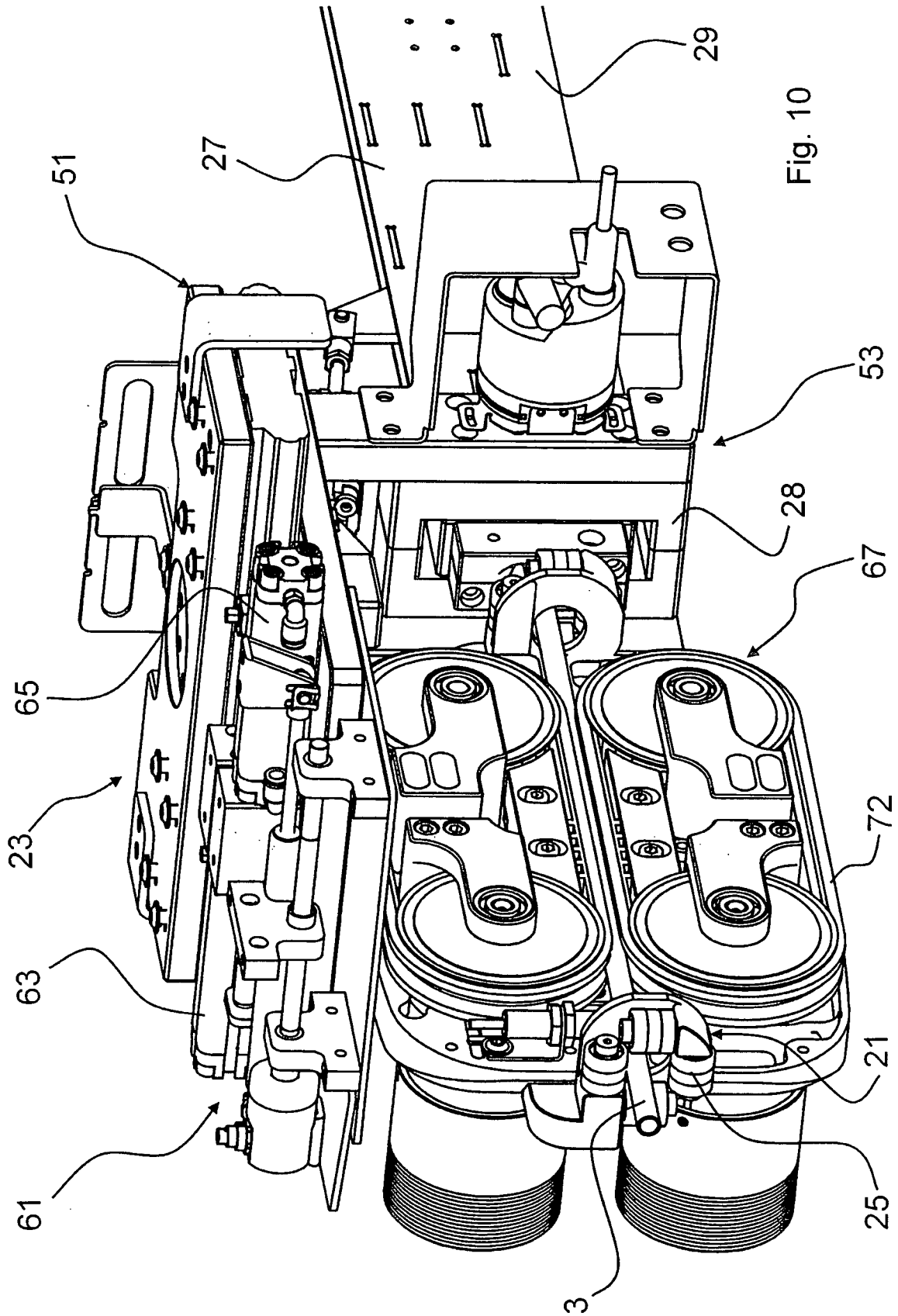


Fig. 10

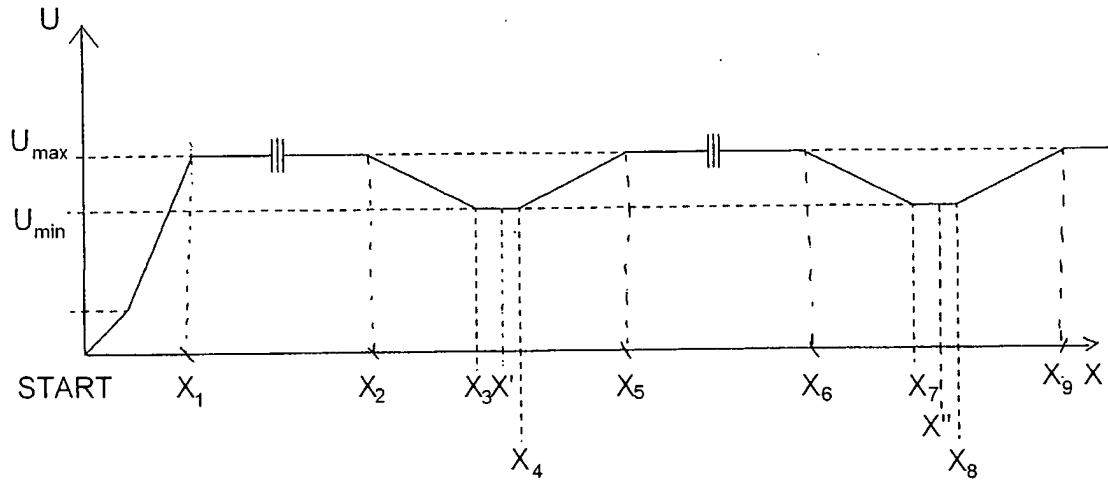


Fig. 11

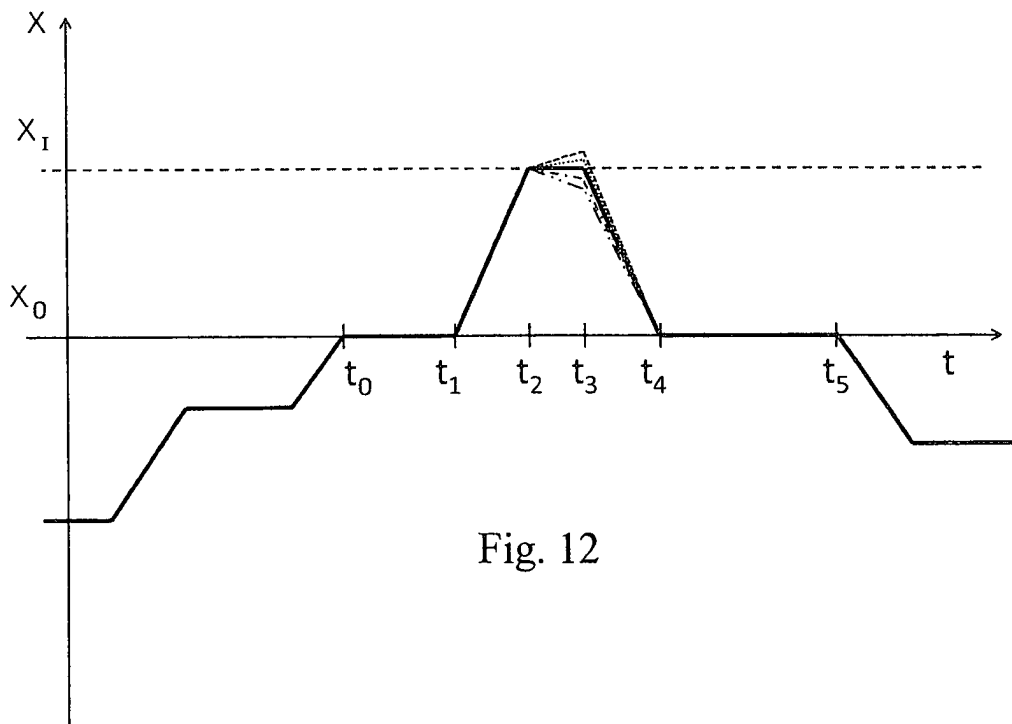


Fig. 12

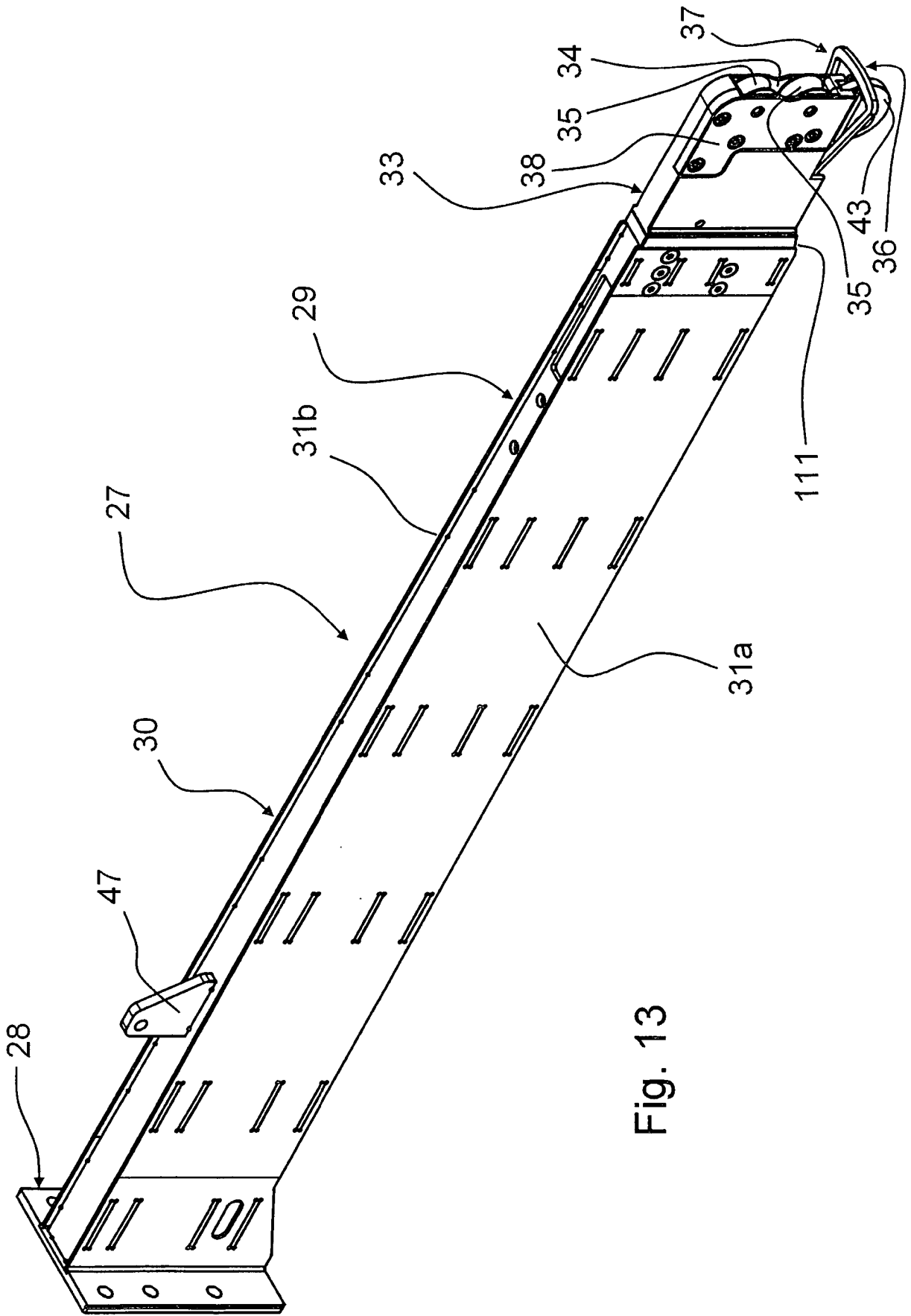
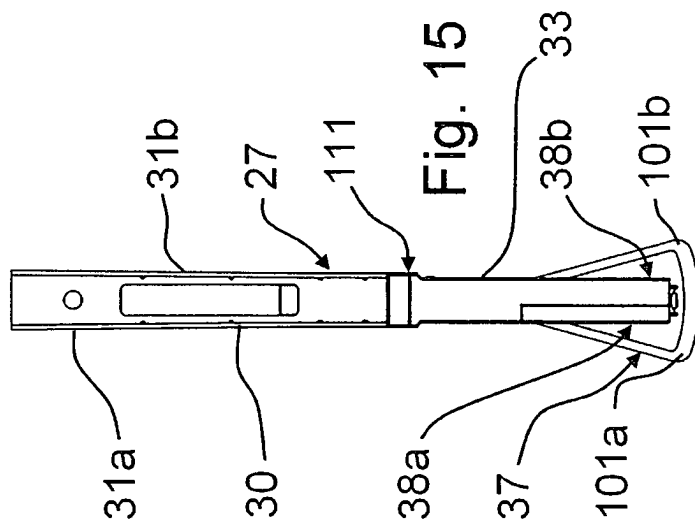
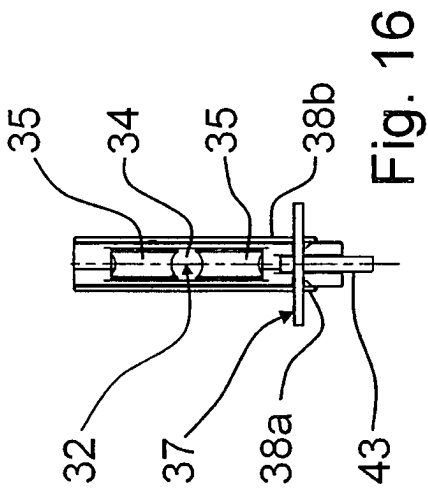
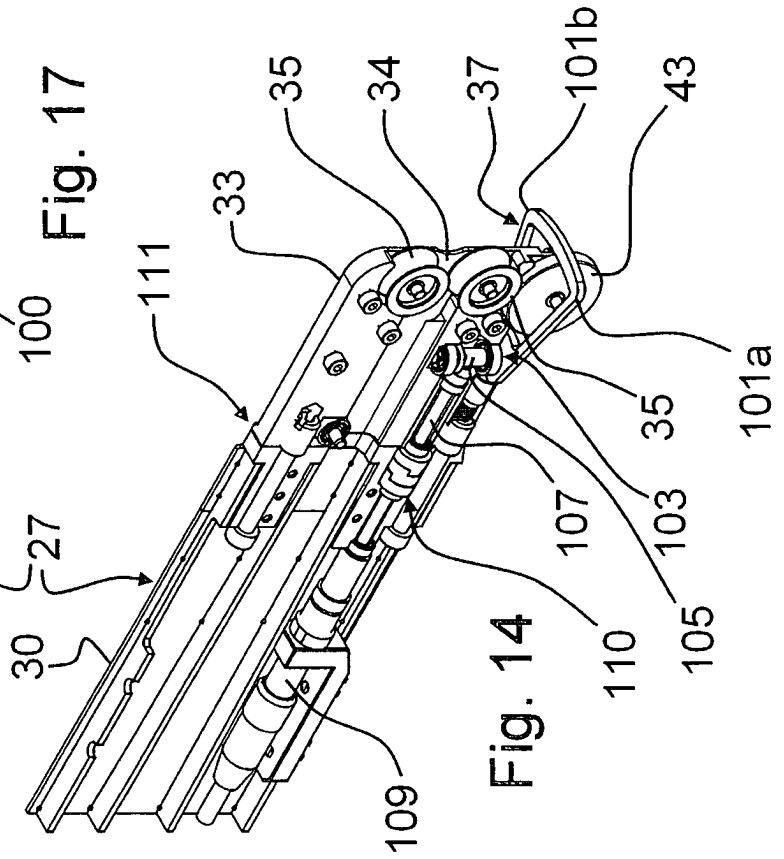
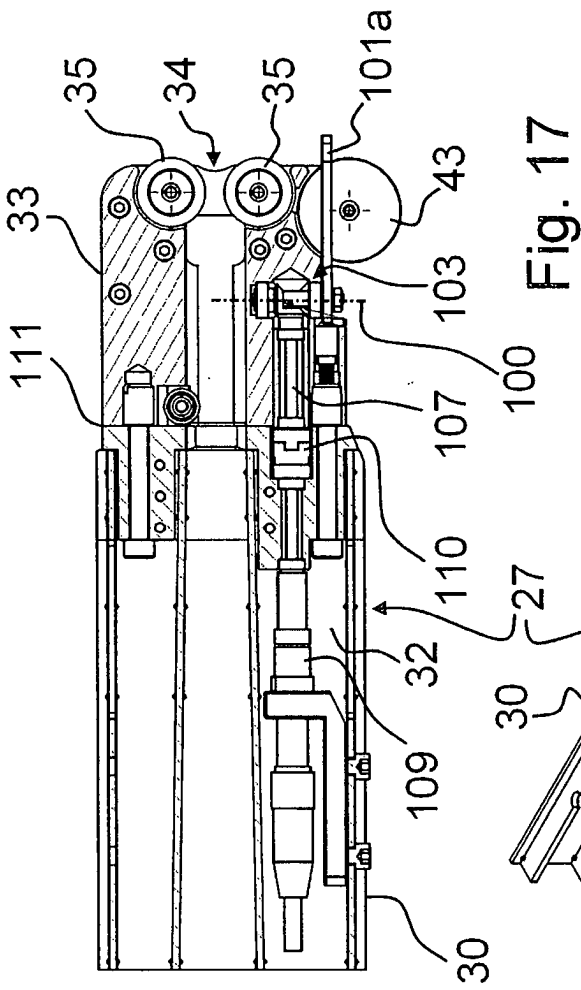


Fig. 13



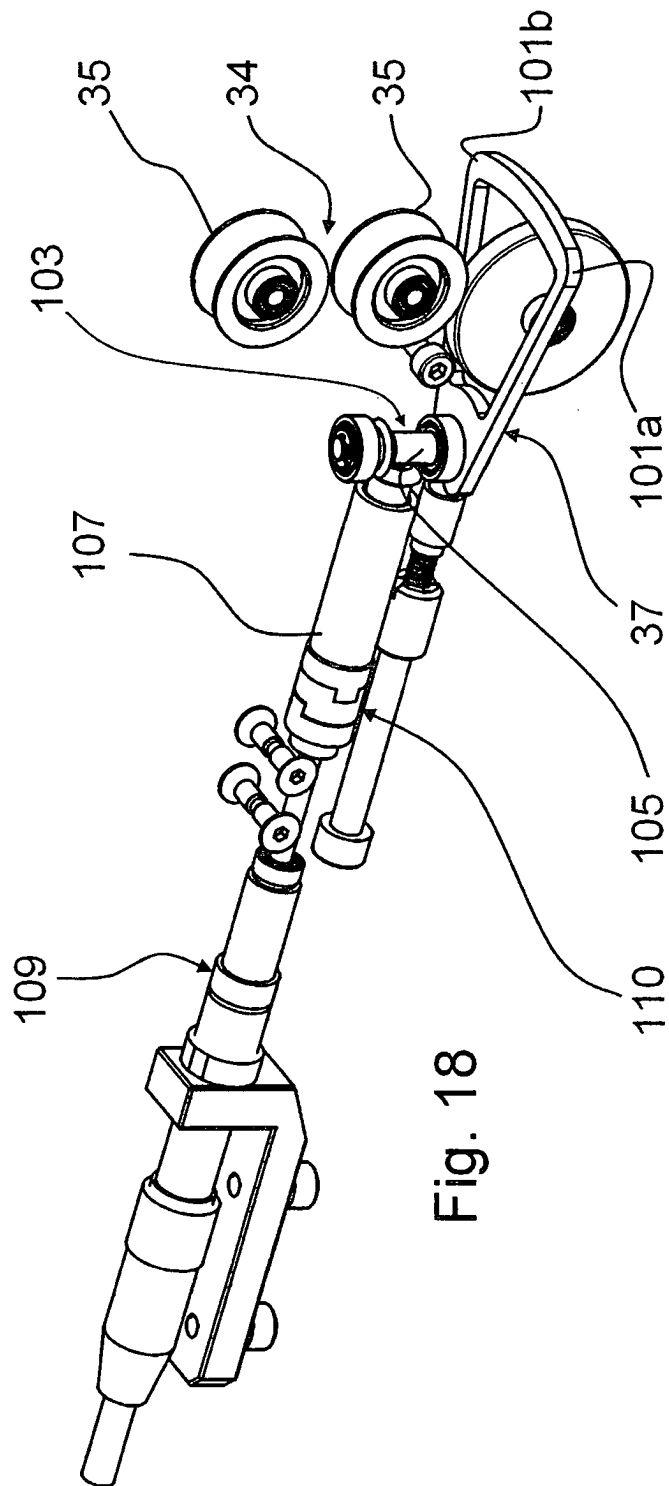


Fig. 18