



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.03.2002 Patentblatt 2002/13

(51) Int Cl.7: **E21D 11/40**

(21) Anmeldenummer: **01122173.6**

(22) Anmeldetag: **15.09.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **Hentschel, Volker**
31141 Hildesheim (DE)

(72) Erfinder: **Hentschel, Volker**
31141 Hildesheim (DE)

(30) Priorität: **20.09.2000 DE 10046485**

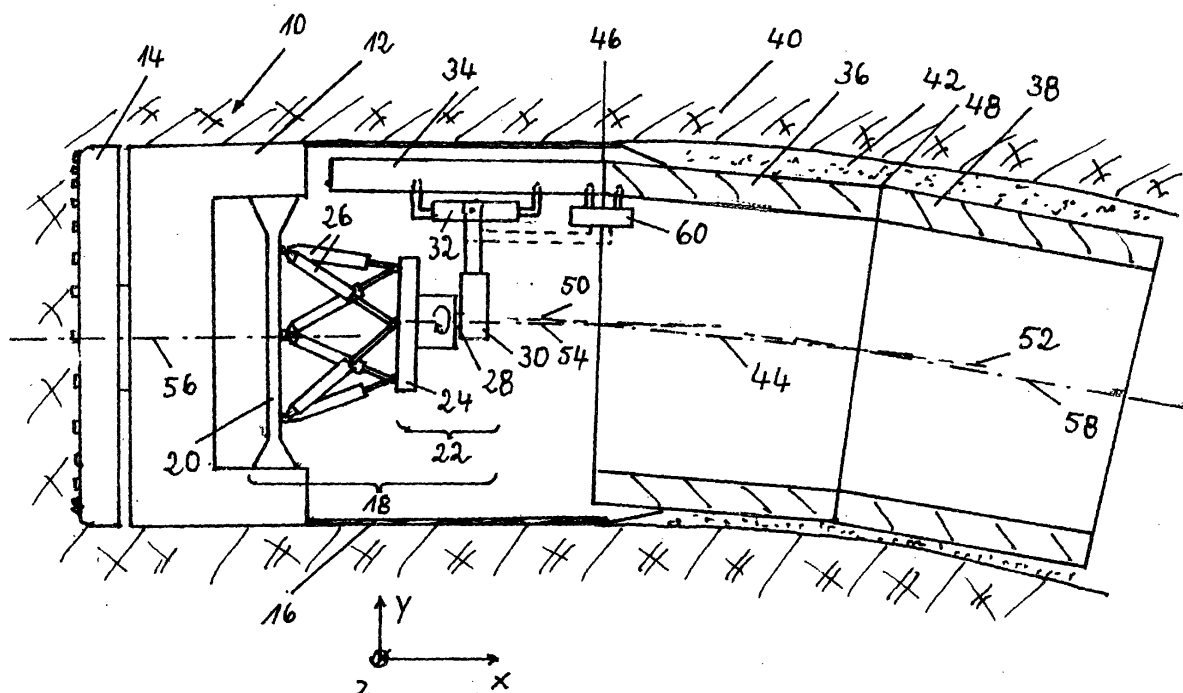
(74) Vertreter: **Patentanwälte Thömen & Körner**
Postfach 59 31
30059 Hannover (DE)

(54) **Vorrichtung zur Montage von Tunnelauskleidungselementen**

(57) Es wird ein Erektor zur Montage von Tübbing
 beim Tunnelausbau beschrieben.

Auf einer am Grundkörper einer Vortriebsmaschine
 abgestützten Basis befindet sich ein Schwerlastmani-
 pulator, der bezogen auf die Basis mehrachsrig verfahr-
 bar ist und eine Greifvorrichtung für die Tübinge trägt.
 Der Schwerlastmanipulator umfasst eine Plattform, die

mit der Basis über wenigstens sechs schräge und län-
 genverstellbare Streben raumgelenkig verbunden ist.
 Auf der Plattform ist ein Rotor angeordnet ist, der sei-
 nerseits einen längenverstellbaren Kragarm trägt. Am
 Ende des Kragarms ist die Greifvorrichtung angeordnet.
 Die längenverstellbaren Streben, der Rotor, der län-
 genverstellbare Kragarm und die Greifvorrichtung sind über
 Antriebe betätigbar.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Erektor zur Montage von Tübbing im Tunnelausbau nach dem Oberbegriffs des Anspruchs 1.

[0002] Bei der Montage von Tübbing im Tunnelausbau werden die Tübbinge mit einem Erektor in Position gebracht und mit dem zuletzt eingebauten Tübbingring des bereits ausgebauten Tunnels verspannt. Nach dem Einsetzen aller Großtübbinge und dem Schlusstübbing wird der vormontierte Tübbingring außen mit einem Bindemittel verfüllt und so in der Bodenformation fixiert.

[0003] Bisher erfolgt die Positionierung jedes Tübbings mit einem Erektor, dessen Basis durch einen Kragträger an der Vortriebsmaschine gebildet ist. Ein Schwerlastmanipulator kann auf einem Fahrwerk der Basis in Richtung der Längsmittelachse der Basis, also des Kragträgers der Vortriebsmaschine, sowie radial zu dessen Achse verfahren werden und um die Längsmittelachse der Basis geschwenkt werden. Durch iterative und überlagerte Verfahrbewegungen in Richtung dieser Achsen läßt sich die gewünschte Position anfahren.

[0004] Allerdings ist die Bedienung des bisher benutzten Erektors sehr kompliziert und schwierig, da die Freiheitsgrade der Positionierung nicht dem Verlauf der Tunneltrasse angepasst sind. Dies hat folgende Ursachen:

[0005] Im Allgemeinen beschreibt der Verlauf der Tunnelröhre eine räumlich gekrümmte Bahn, die endgültig erst mit dem fortschreitenden Vortrieb definiert wird. Da sich eine gekrümmte Bahn durch zylindrische Tübbingringe mit planparallelen und zur Zylinderachse koaxialen Stirnflächen nicht realisieren lässt, werden aus Tübbing zusammengesetzte Tübbingringe eingebaut, deren Stirnflächen sowohl relativ zueinander als auch relativ zur Zylinderachse des jeweiligen Tübbingringes geneigt sind. Diese Tübbingringe werden jeweils um ihre Zylinderachse verdreht aneinandergesetzt, so dass je nach Verdrehungswinkel der aneinander gesetzten Tübbingringe sowohl ein resultierend gerader Verlauf als auch ein resultierend gekrümmter Verlauf darstellbar ist. Die maximal mögliche Krümmung ist dabei durch die Neigung der Stirnflächen und die axiale Länge der Tübbingringe vorgegeben.

[0006] Die Tübbingringe werden aus sechs bis acht Großtübbing und einem kleinen Schlusstübbing zusammengesetzt. Um jeden einzelnen Tübbing zur Erzeugung des gewünschten Verlaufs der Tunnelröhre exakt positionieren und an die ringförmige Stirnfläche des letzten montierten Tübbingringes ansetzen zu können, müssten die Zylinderachse des letzten Tübbingringes und die Achse dessen freier Stirnfläche bekannt sein. Diese Kenntnis könnte aber nur durch vorherige Vermessung erlangt werden, was sehr aufwendig wäre. Denn das bisherige Montageverfahren führt wegen der nicht optimalen Verfahrachsen und der unter Belastung auftretenden Biegung und Torsion des Erektors zu unkontrollierbaren Abweichungen und erlaubt berech-

nungstechnisch keine exakte Bestimmung der Achsen.

[0007] Somit muss sich das Bedienungspersonal in der Praxis bei den Verfahrbewegungen visuell an der Stirnfläche des zuletzt eingebauten Tübbingringes orientieren und den Tübbing durch iterative, überlagerte Verfahrbewegungen in allen zur Verfügung stehenden Achsen in die Endlage bewegen. Dabei ist die Erfahrung, das Augenmaß und die Geschicklichkeit des Bedienungspersonals dafür entscheidend, in welcher Zeit und mit welcher Genauigkeit die Tübbinge positioniert werden. Ungenauigkeiten führen nämlich zu Spannungskonzentrationen, die Beschädigungen der Tübbinge oder Tübbingringe nach sich ziehen können.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Erektor dahingehend zu verbessern, dass sowohl die Verfahrachsen der Greifvorrichtung bezogen auf die Achsen des künftig eingebauten Tübbingringes optimierbar sind als auch Biege- und Torsionsbeanspruchungen des Erektors selbst reduziert werden.

[0009] Diese Aufgabe wird bei einem Erektor nach dem Oberbegriffs des Anspruchs 1 durch die im Kennzeichen angegebenen Merkmale gelöst.

[0010] Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0011] Bei dem erfindungsgemäßen Erektor lässt sich die Plattform mit dem Rotor mittels der längenverstellbaren Streben frei im Raum positionieren und damit auch in eine mit der Zylinderachse des künftigen Tübbingringes koaxiale Position bringen, die sich gleichzeitig mit der Achse der Stirnfläche des zuletzt montierten Tübbingringes und dessen Zylinderachse deckt. Die Positionierung der Plattform erfolgt dabei nach dem sogenannten Hexapod-Prinzip, bei dem über eine stabile Drei-Punkt-Lagerung die Plattform innerhalb des Verstellhubes der Streben beliebig veränderbar ist. Dies ermöglicht eine gewichtsoptimierte leichte und steife Konstruktion, die kaum Biege- und Torsionsbeanspruchungen unterliegt.

[0012] Ist die Plattform erst einmal koaxial zur Achse des künftigen Tübbingringes positioniert, kann ein planparalleles Andocken der Stirnfläche des zu positionierenden Tübbings an den bereits eingesetzten Tübbingring durch Drehen um die eingestellte Achse anschließendes radiales Verfahren auf den Radius des bisher eingebauten Tübbingringes und schließlich axiales Verfahren bewirkt werden. Ein Verkanten ist dadurch ausgeschlossen und damit auch die durch ein Verkanten sonst auftretenden erhöhten Kontaktspannungen mit der Folge von Beschädigungen der Stirnflächen des einzubauenden Tübbings oder des bereits eingebauten Tübbingringes.

[0013] Eine Weiterbildung sieht vor, dass den längenverstellbaren Streben und dem längenverstellbaren Kragarm Wegsensoren und dem Rotor ein Winkelsensor zugeordnet ist, und dass Signalleitungen der Weg- und Winkelsensoren mit einem Rechner verbunden sind, der aus den komplexen Wegen und Winkeln eine relative Lage und Ausrichtung der Greifvorrichtung ge-

genüber der Basis ermittelt, diese anzeigt und bei Montagebewegungen die Antriebe regelt. Die Verfahrensbewegungen sind daher exakt kontrollierbar. Beschädigungen durch eventuelle Fehlbedienung können minimiert werden.

[0014] Außerdem besteht die Möglichkeit, die Positionen der Tübbingringe und damit auch die Daten des vollständigen Tübbingringes, insbesondere dessen Zylinderachse sowie die Achse seiner freien Stirnfläche zu speichern, so dass dadurch der resultierende Verlauf der Achse der Tunnelröhre exakt ermittelbar ist und aufgrund der Kenntnis der Daten der bereits eingebauten Tübbingringe auch die Tübbinge für den nachfolgenden Tübbingring exakt positioniert werden können.

[0015] Weiterhin ist vorgesehen, dass der Greifvorrichtung wenigstens eine Klammervorrichtung zugeordnet ist, mittels der positionierte Tübbinge in Kontakt mit bereits montierten Tübbingringen bringbar und vorübergehend fixierbar sind.

[0016] Während bisher die positionierten Tübbinge mittels der Vorschubeinrichtung der Vortriebsmaschine in Kontakt mit den bereits montierten Tübbingringen gebracht und dabei unkontrolliert ihre Lage ändern konnten, wird nun mittels der Klammervorrichtung der Kontaktdruck erzeugt und dabei die Position aufrechterhalten. Die räumliche Lage der Tübbinge bleibt dadurch erhalten, wodurch auch die Zylinderachse des neu gebildeten Tübbingringes sowie die Achse der freien Stirnfläche für den nächsten Positioniervorgang berechnungstechnisch ermittelbar sind.

[0017] Bei einer ersten Ausführungsform bleibt die Klammervorrichtung mit der Greifvorrichtung verbunden und ist bereits nach weiterer Fixierung des positionierten Tübbings durch separate Halteelemente wieder lösbar. In diesem Fall wird nur eine einzige Klammer-
vorrichtung benötigt, die dann jeweils zusammen mit der Greifvorrichtung umgesetzt wird.

[0018] Bei einer zweiten Alternative ist die Klammer-
vorrichtung mehrfach vorhanden und nach der Fixierung des positionierten Tübbings wird diese von der Greifvorrichtung getrennt und verbleibt bis zur Endmontage aller Tübbinge zu einem Tübbingring mit den Tübbing-
ringen verbunden. Erst dann ist sie wieder lösbar.

[0019] Diese Lösung hat den Vorteil, dass separate Halteelemente in Form von Schraubenbolzen und Muttern entfallen können.

[0020] Weiterhin ist vorgesehen, dass die Greifvorrichtung und/oder die Klammervorrichtung einen Kraftsensor umfassen, dass eine Signalleitung des Kraftsensors mit dem Rechner verbunden ist und der Rechner die Fügekräfte ermittelt, diese anzeigt und bei Montagebewegungen die Antriebe regelt.

[0021] Durch diese Maßnahme kann der Kontaktdruck auf ein zwischen den Tübbing-
ringen bzw. Tübbingringen eingesetztes elastisches Distanzelement eingestellt werden, so dass einerseits eine Beschädigungs-
gefahr der Stirnflächen der Tübbinge bzw. Tübbingringe ausgeschlossen wird, andererseits aber für eine zuver-

lässige Dichtung gegenüber der Umgebung gesorgt ist und die Gefahr eines weiteren Verschiebens durch die Vortriebseinrichtung der Schildvortriebsmaschine vermieden wird.

5 **[0022]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, das in der Zeichnung dargestellt ist. Die Zeichnung zeigt einen schematischen Schnitt durch eine Tunnelröhre mit einer Schild-
vortriebsmaschine sowie dem erfindungsgemäßen
10 Erektor und einem Tunnelausbau.

[0023] In der Zeichnung umfaßt eine dargestellte Schildvortriebsmaschine 10 einen Grundkörper 12, ein Schneidrad 14 sowie einen Schildschwanz 16. Der Grundkörper 12 trägt einen Erektor 18, der seinerseits aus einer Basis 20 und einem Schwerlastmanipulator 22 besteht. Der Schwerlastmanipulator 22 umfaßt wieder-
15 derum eine Plattform 24, die über sechs schräge- und längenverstellbare Streben 26 raumgelenkig mit der Basis 20 verbunden ist. Auf der Plattform 22 als Stator befindet sich ein Rotor 28 mit einem längenverstellbaren Kragarm 30, dessen freies Ende eine Greifvorrichtung 32 trägt. Mittels der Greifvorrichtung 32 können Tübbinge 34 aus einem Magazin aufgenommen und in ihre Ein-
20 baulage verbracht werden.

25 **[0024]** Weiter rechts in der Zeichnung ist ein bereits vervollständigter Tunnelausbau erkennbar, der aus Tübbingringen 36 und 38 besteht, die ihrerseits aus Tübbing-
30 gen 34 zusammengesetzt sind. Außen sind die Tübbingringe 36 und 38 in einer sie umgebenden Bodenformation 40 durch Bindemittel 42 fixiert.

[0025] Die aus den Tübbing-
35 gen 34 zusammengesetzten Tübbingringe 36 und 38 bilden jeweils einen zylindrischen Mantelkörper mit einer Zylinderachse 44 und 58. Stirnflächen 46 und 48 der Enden des Tübbingringes 36 sind schräg zueinander geneigt, und sowohl die Achse 50 der Stirnfläche 46 als auch die Achse 52 der Stirnfläche 48 sind zur Zylinderachse 44 und 58 geneigt.

[0026] Der Sinn dieser konstruktiven Ausgestaltung der Tübbingringe 36, 38 besteht darin, mit gleichartigen Tübbing-
40 ringen sowohl einen gekrümmten, als auch einen geraden Tunnelverlauf darstellen zu können.

[0027] Um einen resultierend geraden Tunnelverlauf zu erzeugen, müßten aufeinanderfolgende Tübbingrin-
45 ge, z. B. 36 und 38, jeweils um ihre Zylinderachse 44 und 58 um 180° verdreht aneinandergefügt. Durch die dann zickzackförmige Anordnung aufeinanderfolgender Tübbingringe wird jeweils der Versatz ihrer Zylinderachsen 44 und 58 ausgeglichen, so dass der resultierend gerade Verlauf entsteht.

50 **[0028]** Eine maximale Krümmung ist möglich, wenn aufeinanderfolgende Tübbinge 36 oder 38 ohne Verdrehung aneinandergefügt werden, wie es die Zeichnung zeigt. Der Versatz der Zylinderachsen 44 und 58 beschreibt so die resultierende Krümmung. Zwischenwerte zwischen einem resultierend geraden Verlauf und einem Verlauf maximaler Krümmung werden erreicht, wenn die Tübbinge 36, 38 unter einem Winkel von we-
55 niger als 180° zusammengefügt werden. Dabei ist in der

Regel aber nur eine stufenweise Verdrehung möglich.

[0029] Um ein planparalleles Aneinanderfügen weiterer einzubauender Tübbinge 34 an den letzten eingebauten Tübbingring 36 ansetzen zu können, ist es zweckmäßig, bereits vorab jeden einzubauenden Tübbing 34 so auszurichten, dass sein Mantelkörper achsparallel zur Achse 54 des künftigen Tübbingrings ausgerichtet ist. Zum Anfahren seiner endgültigen Position ist dann nämlich nur noch eine Bewegung in drei Freiheitsgraden nötig, nämlich eine Drehung zur Zylinderachse 54 des künftigen Tübbingringes, um die entsprechende Winkelposition zu erhalten, anschließend eine Radialbewegung, die so bemessen ist, dass die Stirnfläche des Tübbings 34 mit der Stirnfläche des zuletzt eingebauten Tübbingringes 36 fluchtet und schließlich noch eine Axialbewegung in Richtung auf den zuletzt eingebauten Tübbingring 36.

[0030] Die Vorausrichtung ist nötig, da die Achse 56 des Grundkörpers 12 der Vortriebsmaschine 10 von ganz seltenen Ausnahmefällen abgesehen sowohl im Neigungswinkel als auch in der radialen Position von der Zylinderachse 54 des künftigen Tübbingringes abweicht. Die Vorausrichtung wird bei jedem künftigen Tübbingring jeweils einmalig durch entsprechende Positionierung der Plattform 24 vorgenommen. Diese ist durch koordinierte Längenverstellung der Streben 26 in begrenztem Maße beliebig im Raum positionierbar. Sie kann sowohl in Richtung einer Längsachse x, als auch quer dazu, nämlich in Richtung einer y-Achse und z-Achse, verfahren werden. Zusätzlich ist auch eine Drehbewegung um die x-Achse möglich. Nach einer Vorausrichtung der Plattform 24 beschränkt sich dann die Verfahrensbewegung des Schwerlastmanipulators 22 nur noch auf eine Drehung, eine Radial- und eine Axialbewegung, die nacheinander durchgeführt werden können. Ein iteratives Heranfahren, bei dem durch Verfahren in einer der Achsen auch wieder Verfahrensbewegungen in anderen Achsen verändert und korrigiert werden müssen, entfällt.

[0031] Bei einer praktischen Ausführung sind den längenverstellbaren Streben 26 und dem längenverstellbaren Kragarm 30 Wegsensoren und dem Rotor 28 ein Winkelsensor zugeordnet, die allerdings hier nicht dargestellt sind. Signalleitungen der Weg- und Winkelsensoren sind mit einem Rechner verbunden, der aus den komplexen Wegen und Winkeln eine relative Lage und Ausrichtung der Greifvorrichtung 32 gegenüber der Basis 20 ermittelt. Diese kann sowohl angezeigt, als auch zur Regelung der Antriebe bei Montagebewegungen genutzt werden. Ergänzende Kraftsensoren der Greifvorrichtung 32 können rechtzeitig Überlastungen bei Kollision oder durch Fügekräfte ermitteln, die Antriebe abschalten und so Beschädigungen vermeiden.

[0032] Ferner ist mit der Greifvorrichtung 32 eine Klammervorrichtung 60 verbunden, die nach Erreichen der Endlage eines neu einzubauenden Tübbings 34 mit diesem Tübbing 34 sowie dem bereits montierten Tübbingring 36 in Eingriff bringbar ist. Die Klammervorrich-

tung 60 kann dann die nötigen Fügekräfte aufbringen, so dass diese nicht vom Schwerlastmanipulator 22 ausgeübt werden müssen. Aufgrund des Abstandes zwischen dem Tübbing 34 und der Zylinderachse 54 würden nämlich sonst erhebliche Momente von dem Erek-tor 18 aufzubringen sein, die eine wesentlich robustere Bauweise mit hohem Eigengewicht erforderlich machen würden. So kann hingegen der Schwerlastmanipulator 22 als gewichtsoptimierte, leichte und steife Konstruktion ausgelegt werden, die sich nur auf die Positionierung beschränkt. Zum Aufbringen der Fügekräfte wird dann die Klammervorrichtung 60 eingesetzt.

[0033] Bei diesem Ausführungsbeispiel werden nach Schließen der Klammervorrichtung 60 und Erreichen der nötigen Fügekräfte der positionierte Tübbing 34 mit dem zuletzt eingebauten Tübbingring 36 durch separate Halteelemente, nämlich Schraubenbolzen und Schraubenmutter, fixiert. Nachdem alle Großtübbinge und schließlich der Schlußtübbing eingesetzt sind, kann der Vortrieb fortgesetzt werden und anschließend der Ringraum zwischen dem neu montierten Tübbingring und der verbleibenden Bodenformation 40 ebenfalls mit Bindemittel 42 ausgefüllt werden.

[0034] Durch die gestrichelt gezeichnete Verbindung der Klammervorrichtung 60 mit der Greifvorrichtung 32 ist eine Alternativlösung angedeutet, bei der die Klammervorrichtung 60 auch von der Greifvorrichtung 32 gelöst werden kann und bis zur Vervollständigung eines Tübbingringes am Ort verbleibt. In diesem Fall sind dann aber eine ausreichende Zahl Klammervorrichtungen 60 nötig, um alle Tübbinge bis zum Abbinden des Bindemittels 42 fixieren zu können.

Patentansprüche

1. Erek-tor (18) zur Montage von Tübbing (34) beim Tunnelausbau, bestehend aus einer am Grundkörper (12) einer Vortriebsmaschine (10) oder an bereits montierten Tübbingringen abgestützten Basis (20) sowie einem an der Basis (20) angeordneten Schwerlastmanipulator (22), der bezogen auf die Basis (20) mehrachsrig verfahrbar ist und eine Greifvorrichtung (32) für die Tübbinge (34) trägt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwerlastmanipulator (22) eine Plattform (24) umfasst, die mit der Basis (20) über wenigstens sechs schräge und längenverstellbare Streben (26) raumgelenkig verbunden ist, dass auf der Plattform (24) ein Rotor (28) angeordnet ist, der seinerseits einen längenverstellbaren Kragarm (30) tragen kann und dass am Ende des Kragarms (30) oder direkt am Rotor (28) die Greifvorrichtung (32) angeordnet ist und dass die längenverstellbaren Streben (26), der Rotor (28), der längenverstellbare Kragarm (30) und die Greifvorrichtung (32) über Antriebe betätigbar sind.

2. Erektor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** den längenverstellbaren Streben (26) und dem längenverstellbaren Kragarm (30) Wegsensoren und dem Rotor (28) ein Winkelsensor zugeordnet ist und dass Signalleitungen der Weg- und Winkelsensoren mit einem Rechner verbunden sind, der aus den komplexen Wegen und Winkeln eine relative Lage und Ausrichtung der Greifvorrichtung (32) gegenüber der Basis (20) ermittelt, diese anzeigt und bei Montagebewegungen die Antriebe regelt. 5 10
3. Erektor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Greifvorrichtung (32) wenigstens eine Klammervorrichtung (60) zugeordnet ist, mittels der positionierte Tübbinge (34) in Kontakt mit bereits montierten Tübbingen oder Tübbingringen (36) bringbar und vorübergehend fixierbar sind. 15
4. Erektor nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klammervorrichtung (60) mit der Greifvorrichtung (32) verbunden ist und nach weiterer Fixierung des positionierten Tübbings (34) durch separate Halteelemente wieder lösbar ist. 20 25
5. Erektor nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klammervorrichtung (60) mehrfach vorhanden und nach der Fixierung des positionierten Tübbings (34) von der Greifvorrichtung (32) trennbar ist, bis zur Endmontage aller Tübbinge zu einem Tübbingring (36) an den Tübbingen verbleibt und erst anschließend wieder lösbar ist. 30
6. Erektor nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Greifvorrichtung (32) und/oder die Klammervorrichtung (60) einen Kraftsensor umfasst, dass eine Signalleitung des Kraftsensors mit dem Rechner verbunden sind, der die Fügekräfte ermittelt, diese anzeigt und bei Montagebewegungen die Antriebe regelt. 35 40

45

50

55

