

(19)



(11)

EP 2 740 895 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.06.2014 Patentblatt 2014/24

(51) Int Cl.:
E21D 9/06 (2006.01) E21D 11/40 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13196094.0**

(22) Anmeldetag: **06.12.2013**

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

(72) Erfinder:
• **Scheidl, Stephan**
8184 Anger (AT)
• **Golser, Johann**
5020 Salzburg (AT)

(30) Priorität: **07.12.2012 DE 202012104780 U**

(74) Vertreter: **Dilg, Haeusler, Schindelmann**
Patentanwalts-gesellschaft mbH
Leonrodstrasse 58
80636 München (DE)

(71) Anmelder: **Geodata Messtechnik GmbH**
8700 Leoben (AT)

(54) **Tübbing-Abstandssensor für Tunnelbohrmaschine**

(57) Schild (400) für eine Tunnelbohrmaschine (100) zum Bohren eines Bohrlochs (104) in einem Gebirge (102), wobei das Schild (400) ein Schildrohr (118) zum Schützen eines Abschnitts der Tunnelbohrmaschine (100) vor sich von einer Bohrlochwandung lösendem Gebirgsmaterial, wobei das Schildrohr (118) vorübergehend zwischen einem zu verlegenden Tübbing (112) zum

Auskleiden der Bohrlochwandung einerseits und der Bohrlochwandung andererseits anzuordnen ist, und einen an und/oder in dem Schildrohr (118) angeordneten Sensor (116) zum Detektieren einer für einen Abstand zwischen dem Schildrohr (118) und dem zu verlegenden Tübbing (112) indikativen Information aufweist.

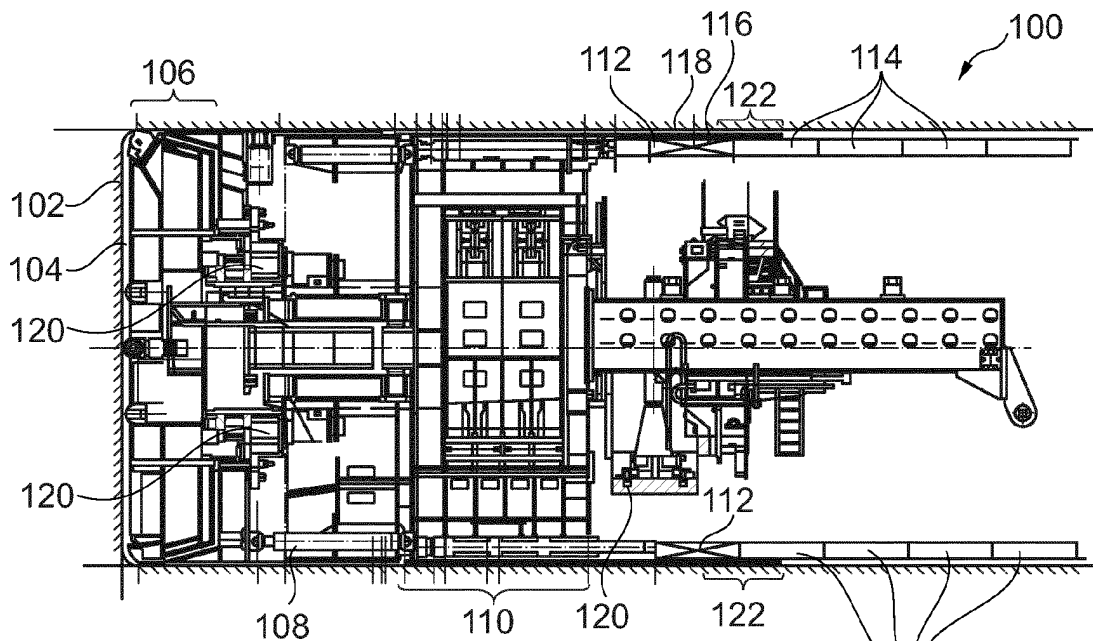


Fig. 1

EP 2 740 895 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schild für eine Tunnelbohrmaschine zum Bohren eines Bohrlochs in einem Gebirge, ein Verfahren zum Steuern des Auskleidens einer Bohrlochwandung eines mittels einer Tunnelbohrmaschine zu bohrenden Bohrlochs mit Tübbingen sowie eine Tunnelbohrmaschine.

[0002] Eine Tunnelbohrmaschine ist eine Maschine, die zum Bau von Tunneln eingesetzt wird. Bauteile einer Tunnelbohrmaschine sind ein Abbauschild mit Vorschub- und Verspanneinrichtungen, Einrichtungen für den Einbau von Stütz- und Ausbaumaßnahmen, Einrichtungen zum Materialabtransport, eine Versorgungseinheit (Strom, Druckluft, Bewetterung, Wasser), und Transporteinrichtungen für Ausbruchsmaterial, Stützmittel und Ausbaumaterialien.

[0003] Bei einer Tunnelbohrmaschine ist es als Basis für eine präzise Steuerung der Bauteile oder Komponenten wichtig, die räumliche Lage von einzelnen Bauteilen oder Komponenten relativ zueinander bestimmen zu können. Dies ist in vielen Fällen in schmutziger Umgebung, unter dem Einfluss starker mechanischer Belastungen und somit unter rauen Bedingungen erforderlich.

[0004] Im Betrieb einer solchen Tunnelbohrmaschine wird ein Bohrkopf mit Schneidelementen mittels eines Vorschubzylinders um eine Hubweite von zum Beispiel 1 m nach vorne geschoben und dringt dabei in das abzubauen Gebirge ein. Ein Gripper drückt bzw. verspannt sich gegen das Gestein, das die Bohrlochwandung eines bereits teilweise gebohrten Bohrlochabschnitts bildet und stützt dadurch die Tunnelbohrmaschine gegen das Gebirge ab. Nach einem solchen Hub wird die Verspannung des Grippers gegen das Gebirge gelöst, und der Nachzug wird gegenüber dem vorgeschobenen Bohrkopf nachgeführt. Um das sukzessive größer werdende Bohrloch ringförmig zu stabilisieren, wird das Bohrloch entsprechend Bohrfortschritt umfänglich durch Tübbinge ausgekleidet, die axial und radial gemeinsam eine ringförmige Stabilisierung des Bohrlochs schaffen. Der nächste Satz von Tübbingen kann je nach Typ der Tunnelbohrmaschine entweder während einem Hub oder nach Abschluss eines Hubs auf die Bohrlochwandung aufgesetzt werden.

[0005] Zwischen Komponenten der Tunnelbohrmaschine und der noch nicht mit Tübbingen ausgekleideten Gebirgswand bzw. Bohrlochwandung ist ein zumeist metallisches Rohr (zum Beispiel aus Stahl) vorgesehen, das als Schild bezeichnet wird. Das hintere Ende des Schilds wird als Schildschwanz bezeichnet. Das Schild dient dazu, Komponenten der Tunnelbohrmaschine vor möglicherweise einstürzendem Gestein zu schützen und wird zwischen das Gebirge und einen demnächst zu verlegenden Tübbing zwischengeordnet. Dabei ist es wichtig, dass der Abstand zwischen Tübbing und dem Schildrohr, welcher Abstand auch Schildschwanzluft genannt, nicht zu gering werden darf, insbesondere nicht Null werden darf. Sollte dies passieren, kann der Tübbing durch das

Schildrohr geschädigt werden. In einem extremen Fall kann die Tunnelbohrmaschine sogar vollständig stecken bleiben. Dies kann die Arbeiten während einer Standzeit der Tunnelbohrmaschine in der Größenordnung von Tagen oder Wochen be- oder sogar verhindern.

[0006] Aus den genannten Gründen ist es wichtig, den Abstand zwischen Schildrohr und Tübbingen genau zu kennen, um die Tunnelbohrmaschine entsprechend steuern zu können.

[0007] Um dies zu erreichen, ist zunächst bekannt, dass dieser Abstand manuell gemessen wird. Ein Polier geht dabei zum Beispiel mit einem Zollstock an vier Positionen am Umfang des Schildrohrs herum und misst den Abstand. Allerdings ist diese Methode fehleranfällig, aufwendig und für den Polier gefährlich.

[0008] Das Unternehmen VMT bietet das sogenannte "Automatic Tail Skin Clearance Measurement System SluM" an, mit dem derartige Abstände sensorisch gemessen werden können. Dabei werden mehrere Laser im Nachzug angeordnet, die mittels einer Laserdistanzmessung an mehreren Stellen den Abstand zwischen Tübbing und Wand messen. Allerdings wird durch die Montage der Laserabstandsmessgeräte im Bereich des Nachzugs die Bautätigkeit und das Verlegen der Tübbinge behindert, da in diesem Bereich der Erektor arbeitet, der die Tübbinge verlegt. Auch ist in diesem Bereich die Zerstörungsgefahr für die empfindlichen Laser erheblich. Ein weiterer Nachteil dieses Systems ist, dass zunächst die Distanz zwischen Schildrohr und Bohrlochwandung gemessen wird und erst danach die Tübbinge vermessen werden. Zwischen diesen beiden Teilmessungen vergeht mitunter eine Zeit von einigen Minuten, so dass ein Vergleich der beiden Messergebnisse nur bedingt möglich ist und auch die Genauigkeit der Messung manchmal nicht ausreichend ist.

[0009] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Sensorik zum Ermitteln eines Abstands zwischen Tübbingen und einem Schild einer Tunnelbohrmaschine bereitzustellen, die auch unter rauen Bedingungen fehlerrobust einsetzbar ist.

[0010] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände mit den Merkmalen gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Weitere Ausführungsbeispiele sind in den abhängigen Ansprüchen gezeigt.

[0011] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist ein Schild für eine Tunnelbohrmaschine zum Bohren eines Bohrlochs in einem Gebirge geschaffen, wobei das Schild ein Schildrohr zum Schützen eines Abschnitts (insbesondere von Komponenten) der Tunnelbohrmaschine vor sich von einer Bohrlochwandung lösendem Gebirgematerial aufweist, wobei das Schildrohr vorübergehend zwischen einem zu verlegenden Tübbing (d.h. einem Tübbing, der noch nicht an der Bohrlochwandung befestigt ist, aber dort demnächst befestigt werden soll) zum Auskleiden der Bohrlochwandung einerseits und der Bohrlochwandung (d.h. der Grenz wand zwischen dem Gebirge und dem bereits gebohrten Teil des Bohrlochs) andererseits anzuordnen ist.

Das Schild weist ferner mindestens einen an und/oder in dem Schildrohr angeordneten (insbesondere an dem Schildrohr befestigtem) Sensor zum Detektieren einer für einen Abstand zwischen dem Schildrohr und dem zu verlegenden Tübbing indikativen Information (zum Beispiel ein Sensorsignal, aus dem alleine oder in Kombination mit weiteren, gemessenen und/oder vorbekannten Daten der Abstand rechnerisch ermittelbar ist) auf.

[0012] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist eine Tunnelbohrmaschine zum Bohren eines Bohrlochs in einem Gebirge bereitgestellt, wobei die Tunnelbohrmaschine ein Schild mit den oben genannten Merkmalen aufweist.

[0013] Gemäß noch einem anderen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Steuern des Auskleidens einer Bohrlochwandung eines mittels einer Tunnelbohrmaschine zu bohrenden Bohrlochs mit Tübbing geschaffen, wobei bei dem Verfahren ein Schildrohr eines Schilds der Tunnelbohrmaschine zwischen einem zu verlegenden Tübbing einerseits und der Bohrlochwandung andererseits angeordnet wird, um einen Abschnitt (insbesondere Komponenten) der Tunnelbohrmaschine vor sich von der Bohrlochwandung lösendem Gebirgematerials zu schützen, und eine für einen Abstand zwischen dem Schildrohr und dem zu verlegenden Tübbing indikative Information mittels mindestens eines an und/oder in dem Schildrohr angeordneten Sensors detektiert wird, und das Verlegen des zu verlegenden Tüblings an der Bohrlochwandung basierend auf der detektierten Information gesteuert wird.

[0014] Unter dem Abstand des zu verlegenden Tüblings von dem Schildrohr kann die minimale Distanz zwischen einer vorbestimmten Stelle oder einem vorbestimmten Flächenbereich des Schildrohrs einerseits und dem zur Verlegung anstehenden Tübbing andererseits verstanden werden. Unter diesem Begriff kann aber auch ein beliebiger anderer, vordefinierter Abstandsparameter im Verhältnis Schildrohr-Tübbing verstanden werden. Dies kann in einem Ausführungsbeispiel der geringste Abstand des Tüblings von einer Oberfläche des Schildrohrs sein. Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel kann dies der Abstand zwischen dem Tübbing und einem vorbestimmten Abschnitt des Schildrohrs sein, zum Beispiel dessen Innenkragen oder dessen Innenfläche. Es ist erfindungsgemäß auch möglich, mehrere Abstände zwischen Tübbing und unterschiedlichen Oberflächenbereichen des Schildrohrs zu erfassen, zum Beispiel in mehreren umfänglichen Flächenabschnitten des Schildrohrs, um eine weiter verfeinerte Informationsgrundlage hinsichtlich der umfänglichen Abstandsverteilung zu erhalten.

[0015] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung wird ein Sensor zum sensorischen Erfassen von Daten, welche das Ermitteln des Abstands zwischen Schildrohr und einem zu verlegenden Tübbing erlauben, vorzugsweise an der Innenfläche des Schildrohrs montiert oder vorgesehen. Diese Position des Sensors am Schildrohr ist unempfindlich gegen herabstür-

zendes Gestein oder dergleichen, da sich das Schildrohr zwischen Tübbing und Bohrlochwandung befindet und sich die Messung zwischen Tübbing und Schildrohr geschützt an der Innenfläche des Schildrohrs abspielt. Darüber hinaus stört die Positionierung des Sensors an dieser Stelle nicht die Bautätigkeit der Tunnelbohrmaschine und erlaubt somit eine hochpräzise und fehlerrobuste Messung. Die Integration des Sensors am oder im Schild verbessert somit die Betriebssicherheit der Tunnelbohrmaschine und ermöglicht ein vollkommen gefahrloses und hochpräzises Erfassen des Abstands zwischen dem nächsten zu verlegenden Tübbing und der inneren Oberfläche des Schildrohrs.

[0016] Im Weiteren werden zusätzliche exemplarische Ausführungsbeispiele des Schilds, der Tunnelbohrmaschine und des offenbarten Verfahrens beschrieben.

[0017] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann der Sensor an einer der Bohrlochwandung abgewandten inneren Mantelfläche des Schildrohrs angeordnet sein (zum Beispiel darauf fest montiert sein) und/oder in einer der Bohrlochwandung abgewandten inneren Mantelfläche des Schildrohrs angeordnet sein (zum Beispiel darin integriert sein, beispielsweise an der Oberfläche bündig mit dem Schildrohr abschließend). Auf diese Weise ist der Sensor vor dem umgebenden Gebirge, vor Tübbing und vor Komponenten der Tunnelbohrmaschine sicher geschützt und ist außerdem in der Lage, barrierefrei einen innerhalb des Schildrohrs angeordneten Tübbing zu detektieren.

[0018] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann das Schildrohr einen zumindest teilumfänglichen, insbesondere vollumfänglichen, Stützring an einem - bezogen auf eine Vorschubrichtung der Tunnelbohrmaschine - rückseitigen Ende des Schildrohrs aufweisen. An einer Rückseite des Schildschwanzes ist üblicherweise das Schildrohr mit einem Stützring versehen, der ebenfalls aus Stahl ausgebildet sein kann. Dieser Stützring bildet gemeinsam mit dem Rest des Schildrohrs einen geschützten oder abgeschirmten Raum, der von anderen Komponenten, insbesondere auch von dem zu handhabenden Tübbing, frei bleibt. Somit bietet die Position in einem Grenzbereich zwischen Stützring und Mantel des Schildrohrs eine ideale Aufnahmeposition für den Sensor.

[0019] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel können der Stützring und eine Mantelfläche des Schildrohrs einstückig bzw. integral, insbesondere einstückig, ausgebildet sein. Der Stützring und das Schildrohr können als miteinander verschweißte Teile, zum Beispiel aus Stahl, ausgebildet werden.

[0020] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann der Stützring ausgehend von einer hohlzylindrisch ausgebildeten und endseitig offenen Mantelfläche des Schildrohrs kragenförmig nach innen ragend ausgebildet sein. Anschaulich ist im Querschnitt ein rechter Winkel zwischen dem kragenförmig nach innen gestülpten Stützring und dem hohlzylindrischen, insbesondere hohlkreiszyklindrischen, Schildrohr gebildet. In die-

sem Winkel kann vorteilhaft der Sensor positioniert werden, ohne der Gefahr einer Zerstörung oder Beschädigung ausgesetzt zu sein.

[0021] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann der Sensor an und/oder in einer der Bohrlochwandung abgewandten inneren Mantelfläche des Schildkörpers angrenzend an den Stützring angeordnet sein. Zum Beispiel kann der Sensor in einem Bereich von weniger als 50 cm, insbesondere einem Bereich von weniger als 30 cm, von dem Stützring entfernt an der inneren Mantelfläche des hohlzylindrischen Schildkörpers angebracht sein, wo die abschirmende Schutzwirkung des Stützrings besonders ausgeprägt ist.

[0022] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann der Sensor über die innere Mantelfläche weniger weit hervorstehend ausgebildet sein als der Stützring. Dann bietet die Auskrugung des Stützrings einen besonders guten mechanischen Schutz des in dessen Schattenraum angebrachten Sensors.

[0023] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann der Sensor an einem in Vorschubrichtung der Tunnelbohrmaschine rückseitigen Ende eines Schildschwanzes des Schildrohrs angeordnet sein. Nahe dieser Position befindet sich ein als nächstes zu verlegender Tübbing, so dass das Anordnen des Sensors am Ende des Schildschwanzes besonders präzise die Bestimmung der Größe der Schildschwanzluft ermöglicht.

[0024] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann der Sensor ein Ultraschallsensor sein. Ein Ultraschallsensor ist besonders gut geeignet, da er in seiner Bauform flach, kostengünstig verfügbar und auch in rauer bzw. schmutziger Atmosphäre zuverlässig einsetzbar ist, wie sie in einem Bohrloch herrscht. Ein solcher Ultraschallsensor basiert darauf, von einer bekannten Position aus Ultraschallwellen zu emittieren und diese nach Wechselwirkung mit dem in der Nachbarschaft des Ultraschallsensors angeordneten zu verlegenden Tübbing zu detektieren. Ein Ultraschallsensor ist erfindungsgemäß besonders bevorzugt, da er gegen Verschmutzung und dergleichen vollkommen unempfindlich ist.

[0025] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann der Sensor eine Ultraschallquelle zum Erzeugen und Richten von Ultraschall auf den Tübbing aufweisen und einen Ultraschalldetektor zum Erfassen von an dem Tübbing reflektiertem Ultraschall aufweisen. Ultraschallquelle und Ultraschalldetektor können in einer kompakten Einheit integriert sein und können gemeinsam mit einer Auswerteeinheit durch einen Vergleich des ausgesandten Ultraschalls und des reflektierten Ultraschalls den Abstand des Tübbings von der Innenfläche des Schildrohrs bestimmen.

[0026] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann das Schild ein Ultraschallablenkelement zwischen der Ultraschallquelle und dem Ultraschalldetektor einerseits und dem Tübbing andererseits aufweisen, um Ultraschall von der Ultraschallquelle auf den

Tübbing und von dem Tübbing auf den Ultraschalldetektor abzulenken. Ein derartiges Ultraschallablenkelement kann zum Beispiel ein Prisma oder ein Reflektorspiegel sein, das oder der so beschaffen ist, dass seine Oberfläche Ultraschallwellen, die von dem Ultraschallgenerator kommen, auf den Tübbing richtet und Ultraschallwellen, die von dem Tübbing kommen, auf den Ultraschalldetektor richtet. Durch das Vorsehen eines solchen Ultraschallablenkelements ist der Einsatz eines Ultraschallsensors auch unter beengten Bauraumbedingungen möglich, da diese Geometrie ein Emittieren des primären Ultraschalls parallel zu einer Innenfläche des Schildrohrs erlaubt.

[0027] Gemäß einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel kann der Sensor ein elektromagnetischer Strahlungssensor sein. Alternativ zu einem Ultraschallsensor kann also auch ein Strahlungssensor verwendet werden, der auf der Emission und Detektion von elektromagnetischer Strahlung, wie zum Beispiel sichtbarem Licht, Ultraschall, Infrarot oder elektromagnetischer Strahlung eines anderen geeigneten Wellenlängenbereichs, basiert. Bei dem Einsatz elektromagnetischer Strahlungssensoren, zum Beispiel von Laserabstandsmessgeräten, ist bei dem erfindungsgemäßen Einsatz darauf zu achten, dass eine Verschmutzung entsprechender Komponenten vermieden wird oder dass bei erfolgter Verschmutzung diese Komponenten wieder gereinigt werden. Letzteres kann manuell oder mittels einer automatischen Reinigungsanlage, zum Beispiel einem Scheibenwischersystem, erfolgen.

[0028] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann der Sensor eine elektromagnetische Strahlungsquelle zum Erzeugen und Richten von elektromagnetischer Strahlung auf den Tübbing aufweisen und einen elektromagnetischen Strahlungsdetektor zum Erfassen von an dem Tübbing reflektierter elektromagnetischer Strahlung aufweisen. Zum Beispiel kann die elektromagnetische Strahlungsquelle eine Laserquelle sein, die kohärentes Licht in Richtung des Tübbings emittiert. Das von dem Tübbing reflektierte Laserlicht kann dann ausgewertet werden, um den Abstand des Tübbings von dem Schildrohr zu ermitteln.

[0029] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann das Schild ferner ein elektromagnetisches Strahlungsablenkelement zwischen der elektromagnetischen Strahlungsquelle und dem elektromagnetischen Strahlungsdetektor einerseits und dem Tübbing andererseits aufweisen, um elektromagnetische Strahlung von der elektromagnetischen Strahlungsquelle auf den Tübbing und von dem Tübbing auf den elektromagnetischen Strahlungsdetektor abzulenken. Gerade Laserabstandssensoren haben häufig eine relativ große Abmessung, die bei den beengten Verhältnissen im Grenzbereich eines Schildrohrs und eines kragenförmigen Stützrings besonders leicht montiert werden können, wenn eine Abstrahl- und Empfangsrichtung des Laserlichts parallel zur Vorschubrichtung ermöglicht wird. Bei Einsatz eines Ablenkprismas, eines Reflektorspiegels oder der-

gleichen kann auch ein solches relativ großes Laserabstandsmessgerät erfindungsgemäß eingesetzt werden.

[0030] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann das Schild eine Mehrzahl von Sensoren (zum Beispiel zwischen drei und zehn, insbesondere sieben) mit den oben beschriebenen Merkmalen aufweisen, wobei die Sensoren entlang eines Umfangs des Schildrohrs verteilt sind. Insbesondere können die Sensoren umfänglich um eine Vorschubachse herum angeordnet sein. Auf diese Weise ist es möglich, die Schildschwanzluft um das gesamte Schildrohr herum überwachen zu können. Insbesondere können im Wesentlichen auf gegenüberliegenden Seiten des Schildrohrs angeordnete Sensoren korrelierte Abstandsinformationen liefern, da bei Verringern des einen Abstands der andere, gegenüberliegende Abstand vergrößert werden muss. Auf diese Weise kann mit einer teils redundanten Messung die Fehlerrobustheit des Systems weiter verbessert werden.

[0031] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann ein Bodenbereich des Schildrohrs, welcher Bodenbereich bei bestimmungsgemäßer Verwendung in Kontakt mit dem Gebirge gerät, von Sensoren freigehalten sein. Zum Beispiel kann ein Bereich des Schildrohrs, der vom Boden weniger weit als 1 m, insbesondere weniger weit als 50 cm, entfernt ist, von Sensoren frei bleiben. Es ist auch möglich, dass der von Sensoren freigehaltene Bereich des Schildrohrs einem Winkelbereich von $\pm 60^\circ$, insbesondere $\pm 30^\circ$, um den bodennächsten Punkt des Schildrohrs herum entspricht. Dadurch ist vermieden, dass Sensoren durch Kontakt mit Erdreich, Flüssigkeit und sonstigem Gebirgsmaterial beschädigt oder zerstört werden.

[0032] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann das Schild eine Verfüllstofftransportleitung zum Versorgen eines Zwischenraums zwischen den Tübbingen und der Bohrlochwandung mit Verfüllstoff, und eine Kabelverbindung, insbesondere eine stahlmantelnde Kabelverbindung, zum Ausbilden einer elektrischen Verbindung zwischen dem Sensor und einem Partnergerät, insbesondere einer Sensorsignalauswerteeinheit zum Auswerten eines Signals des Sensors und/oder einer elektrischen Energieversorgungseinheit zum Versorgen des Sensors mit elektrischer Energie, aufweisen, wobei die Verfüllstofftransportleitung und die Kabelverbindung nebeneinander vorzugsweise beide entlang einer inneren Mantelfläche des Schildrohrs geführt sind. Über eine Verfüllstofftransportleitung, zum Beispiel eine Zementleitung, kann zur Fixierung des Tübbings Zement in den Ringraum zwischen Tübbing und Gebirge gepumpt werden. Allerdings kann nicht nur Zement verwendet werden, sondern es können alternativ oder ergänzend auch andere Verfüllstoffe wie Perlkies zum Einsatz kommen. Derartiger Verfüllstoff wird benötigt, um Tübbinge an der Bohrlochwandung zu befestigen, um dem Bohrloch vollumfänglich Stabilität zu verleihen. Da solche Verfüllstofftransportleitungen ohnehin entlang der Innenfläche des Schildrohrs geführt werden, ist das dazu parallele bzw. gemeinsame Führen von Aus-

werte- bzw. Versorgungsleitungen der Sensoren besonders platzsparend und im Wesentlichen ohne Zusatzaufwand möglich. Auch wird die Innenfläche des Schildrohrs, welche aufgrund des Führens von Leitungen besonders geschützt werden muss, klein gehalten.

[0033] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann ein Außendurchmesser des Schildrohrs in einem Bereich zwischen ungefähr 2 m und ungefähr 15 m, insbesondere in einem Bereich zwischen ungefähr 4 m und ungefähr 13 m, liegen. Somit ist das erfindungsgemäße Schild für Tunnelbohrmaschinen unterschiedlichster Größe verwendbar.

[0034] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann die Tunnelbohrmaschine eine Auswerteeinheit aufweisen, die zum Auswerten des von dem Sensor erfassten Sensorsignals eingerichtet ist, um den Abstand zwischen dem Schildrohr und dem zu verlegenden Tübbing zu ermitteln. Eine solche Auswerteeinheit kann ein Prozessor sein, der aus den Rohmessdaten die tatsächliche Abstandsinformation ermittelt.

[0035] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann die Auswerteeinheit eingerichtet sein, ein vorbestimmtes Ereignis auszulösen, wenn der ermittelte Abstand einen vorbestimmten Schwellwert unterschreitet. Dieser Schwellwert kann zum Beispiel ungefähr 5 cm, insbesondere ungefähr 2 cm, betragen. Auf diese Weise kann vermieden werden, dass die Schildschwanzluft gefährlich klein wird. Wird sie zu Null, so kann dies zu einer Beschädigung der Tübbinge führen, da das Schildrohr dann an diesen entlang schrammt. Auch kann dies zu einem Steckenbleiben der gesamten Tunnelbohrmaschine führen, was erhebliche Standzeiten zur Folge haben kann.

[0036] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann das vorbestimmte Ereignis ein Abschalten der Tunnelbohrmaschine, ein Ausgeben einer Warnung und/oder ein Anpassen eines Betriebsparameters der Tunnelbohrmaschine sein, um den Abstand wieder zu erhöhen. Andere oder mehrere Ereignisse können ebenfalls ausgelöst werden, wenn die Schildschwanzluft eine bestimmte Größe unterschreitet bzw. zu Null wird.

[0037] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann die Tunnelbohrmaschine eine Tübbingverlegesteuereinheit aufweisen, die zum Steuern des Auskleidens der Bohrlochwandung mit Tübbingen basierend auf der für den Abstand indikativen Information ausgebildet ist. Das Verlegen der Tübbinge, welche als gekrümmte, im Wesentlichen trapezförmige Körper ausgebildet sein können, erfolgt gemäß vorbestimmter Regeln oder Algorithmen, in die eine Richtung des zu bohrenden Bohrlochs (Linkskurve, Rechtskurve, Steigung, Gefälle, oder Geradeausverlauf), aber auch die gegenwärtige Absolutposition der zu verlegenden Tübbinge bzw. die Relativposition zwischen Tübbingen und Schildrohr gehört. Es können trapezförmige Universaltübbinge verwendet werden, um alle Arten von Richtungen eines Bohrlochs auskleiden zu können. Der Verlegeprozess der Tübbinge unter Einsatz eines Erektors kann erfin-

dungsgemäß gesteuert werden, um die hochpräzise aufgenommenen Sensordaten, die auf den Abstand zwischen Schildrohr und zu verlegenden Tübbingen schließen lassen, in diese Berechnung eingehen.

[0038] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann die Tunnelbohrmaschine einen rotierbaren Bohrkopf an einem frontseitigen Ende der Tunnelbohrmaschine aufweisen, an dem eine Mehrzahl von Schneidelementen zum Abtragen des Gebirges angeordnet sind. Die Tunnelbohrmaschine kann ferner eine Vorschubeinrichtung aufweisen, die zum Ausüben einer Vorschubkraft zum Verschieben des Bohrkopfes gegen das Gebirge aufweist. Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann die Tunnelbohrmaschine einen Gripper aufweisen, der eingerichtet ist, die Tunnelbohrmaschine mittels Verspannens gegen das Gebirge (in einer Richtung senkrecht zu der Vorschubrichtung) vorübergehend ortsfest abzustützen. Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann die Tunnelbohrmaschine einen Erektor aufweisen, der zum Verlegen der Tübbinge entlang der Bohrlochwandung ausgebildet ist. Ferner kann die Tunnelbohrmaschine einen bezogen auf die Vorschubrichtung rückseitig angeordneten Nachzug aufweisen, der Versorgungseinrichtungen zum Versorgen der Tunnelbohrmaschine aufweist.

[0039] Zur Maschinensteuerung der Tunnelbohrmaschine durch ein Steuerleitsystem kann zunächst unter Verwendung eines Kameramesssystems eine Frontschildposition ermittelt werden. Mittels eines Theodolitsystems kann die Positionierung eines Gripperschildes ermittelt werden. Dadurch ist ein georeferenziertes Einmessen von Frontschild und Gripperschild möglich. Mit einer Zweiachsen-Neigungssensormessung in horizontaler und vertikaler Messrichtung kann auch eine Orientierungsinformation bestimmt werden. Somit sind die Position von Frontschild und Gripperschild stets bekannt. Ferner ist die Geometrie des ausgebrochenen Hohlraums oder Bohrlochs bekannt. Die Auskleidung der Bohrlochwandung mit Tübbingen soll nun der Schildachse folgen, da ansonsten die Schildschwanzluft gegen Null geht und die Tübbinge beschädigt werden können. Um das Auskleiden der Bohrlochwandung mit Tübbingen zu steuern, ist noch die Information erforderlich, wie die Tübbinge relativ zu dem Schildschwanz orientiert sind, um eine korrekte Steuerung durchzuführen. Mit der erfindungsgemäßen Abstandsmessung zwischen zu verlegenden Tübbingen und Schildrohr kann gesteuert werden, wie die Tübbinge verlegt werden sollen. Basierend auf dem erfindungsgemäß aufgenommenen Sensorsignal wird die Auskleidung der Bohrlochwandung mit Tübbingen gesteuert, wobei das Sensorsignal als Eingangsparameter für die Berechnung der Tübbingverkleidung dient.

[0040] Im Folgenden werden exemplarische Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit Verweis auf die folgenden Figuren detailliert beschrieben.

Fig. 1 und Fig. 2 zeigen eine Tunnelbohrmaschine

gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung in zwei unterschiedlichen Betriebszuständen.

Fig. 3 zeigt eine Darstellung eines Schildschwanzes, das erfindungsgemäß mit einem Sensor ausgestattet ist.

Fig. 4 bis Fig. 7 zeigen unterschiedliche Schilde für Tunnelbohrmaschinen gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung.

[0041] Gleiche oder ähnliche Komponenten in unterschiedlichen Figuren sind mit gleichen Bezugsziffern versehen.

[0042] Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch ein Bohrloch 104, das in einem Gebirge 102 mittels einer Tunnelbohrmaschine 100 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung gebohrt wird.

[0043] Fig. 1 zeigt die Tunnelbohrmaschine 100 zu Beginn eines Arbeitshubes, während dem ein Bohrkopf 106 der Tunnelbohrmaschine 100 sich vorwärts, das heißt gemäß Fig. 1 nach links, in das Gebirge 102 vorarbeitet und dabei Gestein des Gebirges 102 unter Ausbilden eines sich sukzessive vergrößern Bohrlochs 104 abträgt.

[0044] Bei der Tunnelbohrmaschine 100 ist ein Gripper 110 gezeigt, der sich in gemäß Fig. 1 vertikaler Richtung gegen das Gebirge 102 verkeilen oder verspreizen kann, um einen Abschnitt der Tunnelbohrmaschine 100 an dieser Position vorübergehend zu verankern. Ein Vorschubzylinder 108, der mittels Elektromotoren 120 angetrieben wird, drückt den Bohrkopf 106 gemäß Fig. 1 nach links in Vortriebsrichtung, so dass Schneidelemente an einer Frontwand des Bohrkopfes 106 in einer dem Fachmann bekannten Art und Weise das Material des Gebirges 102 abtragen und dabei das Bohrloch 102 zunehmend weiter bohren. Ein Hub der Tunnelbohrmaschine 100, zum Beispiel in der Größenordnung zwischen 1 m und 2 m, entspricht einer Dimension, über die hinweg Kolben des Vorschubzylinders 108 ausgefahren werden können, um den Bohrkopf 106 nach vorne treiben. Am Ende eines solchen Vortriebs hat sich der Bohrkopf 106 von dem Nachzug der Tunnelbohrmaschine 100, das heißt den gemäß Fig. 1 rechtsseitigen Teil der Tunnelbohrmaschine 100, entfernt und der Vorschubzylinder 108 hat seine maximale Expansionsstellung erreicht. In diesem Betriebszustand muss der Vorschubzylinder 108 wieder in seine Ausgangsposition zurückgebracht werden und muss der Nachzug der Tunnelbohrmaschine 100 nachgeführt werden, bevor ein nächster Hub der Tunnelbohrmaschine 100 ausgeführt werden kann.

[0045] Hierfür muss zunächst die Verspannung des Grippers 110 gegenüber dem umgebenden Gebirge 102 gelöst werden. Dann kann, wenn der Vorschubzylinder 108 seine maximale Expansionsstellung erreicht hat (wie in Fig. 2 gezeigt), der Vorschubzylinder 108 und alle gemäß Fig. 1 und Fig. 2 davon rechts vorgesehenen Komponenten nach links nachgeführt werden.

[0046] Ein noch nicht mit Tübbingen 114 ausgekleide-

ter Teil der Bohrlochwandung, das heißt der Grenzoberfläche zwischen Gebirge 102 und Bohrloch 104, wird fortlaufend mit weiteren Tübbingen 112 ausgekleidet. Die Tübbinge 112 können als im Wesentlichen trapezförmige, aber leicht gekrümmte Körper angesehen werden, welche umfänglich um das im Wesentlichen kreisförmige Bohrloch 104 auf die Bohrlochwandung aufgesetzt werden und dort mit Verfüllstoff befestigt werden. Tübbing 112 ist derjenige Tübbing, der gegenwärtig gerade zum Auskleiden der Bohrlochwandung vorbereitet bzw. verwendet wird. Die eigentliche Auskleidung und Handhabung der Tübbinge 112 erfolgt mittels eines Erektors 120.

[0047] Ein Schildrohr 118 eines Schilds schützt den Gripper 110, den Erekter 120 und andere Komponenten der Tunnelbohrmaschine 100 vor unerwünschten Einflüssen der Umgebung. Zu solchen unerwünschten Einflüssen zählt das Herabfallen von lockerem Gestein des Gebirges 102 am Rand der Bohrlochwandung. Der Hohlzylinder aus Stahl, welcher das Schildrohr 118 bildet, legt sich allseitig schützend um die Komponenten der Tunnelbohrmaschine 100, die er umgibt. Im Weiteren zu verlegende Tübbinge 112 werden vor dem Handhaben durch den Erekter 120 im Inneren des Schildrohrs 118 positioniert. Anders ausgedrückt befindet sich das Schildrohr 118 in diesem Betriebszustand zwischen der Bohrlochwandung einerseits und dem im Weiteren zu verlegenden Tübbingen 112 andererseits.

[0048] In Fig. 1 ebenfalls gezeigt ist schematisch ein Stützring 122 des Schildrohrs 118, der sich an einem - bezogen auf die Vortriebsrichtung - rückwärtigen Ende des Schildrohrs 118 befindet. Der Stützring 122 ist, obgleich dies in Fig. 1 und Fig. 2 nicht zu erkennen ist, als ein sich nach innen erstreckender, ringscheibenförmiger Kragen ausgebildet, der rechtwinklig gegenüber der ansonsten hohlzylindrischen Rohrwandung des Schildrohrs 118 abgewinkelt ist und das auch als Schildschwanz bezeichnete Ende des Schilds bildet.

[0049] Um die zu verlegenden Tübbinge 112 präzise handhaben zu können, ist die Kenntnis von deren Position erforderlich. Ferner ist erforderlich, dass die sogenannte Schildschwanzluft, das heißt ein gemäß Fig. 1 vertikaler Abstand zwischen Schildrohr 118 und dem dem Schildrohr 118 zugewandten Ende des jeweiligen Tübbings 112, stets größer als Null bleibt. Wird die Schildschwanzluft zu Null, schrammt der zu verlegende Tübbing 112 anschaulich an einer Innenseite des Schildrohrs 118 entlang und kann dabei beschädigt werden. Es ist auch möglich, dass die gesamte Tunnelbohrmaschine 100 stecken bleibt, wenn die Schildschwanzluft Null wird.

[0050] Um die Größe dieses Abstands sensorisch zu überwachen, ist erfindungsgemäß mindestens ein Sensor 116 an einer inneren Mantelfläche des Schildrohrs 118 angebracht, um von dort den jeweiligen Abstand zwischen Schildrohr 118 und dem zu verlegenden Tübbing 112 zu messen. Unterschiedliche Ausgestaltungen des Sensors 116 und unterschiedliche Montageformen werden unten Bezug nehmend auf Fig. 4 bis Fig. 7 anhand

beispielhafter Ausführungsformen näher erläutert.

[0051] Fig. 3 zeigt aber zunächst noch eine Ansicht 300 des Inneren des erfindungsgemäß mit einem Sensor 116 ausgestatteten Schildrohrs 118 am Schildschwanz. Auch der endseitige Kragen, welcher den Stützring 122 bildet, ist in Fig. 3 zu erkennen. Weitere Komponenten der Tunnelbohrmaschine 100 im Inneren des Schildrohrs 118 sind in Fig. 3 ebenfalls gezeigt, werden aus Gründen der Kürze aber nicht näher beschrieben.

[0052] Es ist ferner in Fig. 3 gezeigt, dass sich zwei Verfüllstofftransportleitungen 304 entlang einer inneren Mantelfläche in axialer Richtung erstrecken. Diese Verfüllstofftransportleitungen 304 dienen dem Zuführen von Verfüllstoff zwischen Bohrlochwandung und Tübbingen, um die Tübbinge an der Bohrlochwandung zu immobilisieren.

[0053] Erfindungsgemäß ist nun der Sensor 116 zum Erfassen des Abstands zwischen Schildrohr 118 und dem zu verlegenden Tübbing 112 (nicht gezeigt in Fig. 3) an einer Grenze zwischen dem Stützring 122 und der Innenfläche des hohlzylindrischen Abschnitts des Schildrohrs 118 angebracht. Der Sensor 116, zum Beispiel ein Ultraschallsensor, benötigt Energie zum Betrieb, welche über eine Stromleitung 302 zugeführt wird. Vorteilhaft ist die Stromleitung 302 parallel zu den Verfüllstoffversorgungsleitungen 304 verlaufend angeordnet und befindet sich in deren unmittelbarer Nähe, so dass etwaige Behinderungen der Bautätigkeit, die durch das Vorsehen der Leitungen 302, 304 einhergehen, gering gehalten werden.

[0054] Auch kann die Leitung 302 zum Übermitteln elektrischer Sensorsignale von dem Sensor 116 an eine in Fig. 3 nicht gezeigte Tübbingverlegesteuereinheit dienen. Diese verwendet unter anderem die Sensorinformation des Sensors 116, um das Verlegen der Tübbinge zu steuern. Für dieses Steuern ist die genaue Kenntnis der Position der Tübbinge ebenso erforderlich wie weitere Geometrieinformationen (zum Beispiel die Lage von Gripperschild und Frontschild, welche unter Verwendung von Kameramesssystemen bzw. von Theodoliten ermittelt werden können). Dem Fachmann ist an sich bekannt, wie eine solche Steuerung des Verlegens der Tübbinge vorzunehmen ist. Erfindungsgemäß kann jedoch aufgrund des Anordnens der Sensoren 116 an einer Innenfläche des Schildrohrs 118 die Sensorinformation mit hoher Präzision und sehr fehlerrobust geliefert werden. In der schmutzigen Atmosphäre eines Bohrlochs kann ein im Inneren des Schildrohrs 118 angeordneter Sensor 116 gut geschützt betrieben werden. Auch ist aufgrund des kragenförmigen Umstülpens des Stützrings 122 ein mechanischer Schutz des Sensors 116 gegeben.

[0055] Fig. 4 zeigt nun eine Querschnittansicht eines Schilds 400 einer Tunnelbohrmaschine 100, das durch das Schildrohr 118 mit seiner endseitigen Ringscheibe als Stützring 122 gebildet ist. Ein Pfeil in Fig. 4 zeigt die Vortriebsrichtung der Tunnelbohrmaschine 100 an, das heißt die Richtung, entlang der sich ein Bohrkopf 106 (nicht gezeigt in Fig. 4) sukzessive in das Gebirge 102

vorarbeitet. Obgleich dies in der Querschnittsansicht von Fig. 4 nicht zu erkennen ist, läuft der Stützring 122 vollumfänglich um den hohlkreisförmigen Abschnitt des Schildrohrs 118.

[0056] Fig. 4 zeigt schematisch eine Mehrzahl von Tübbing 112, 114. Tübbinge 112 sollen gegenwärtig verlegt werden und befinden sich in dem gezeigten Betriebszustand in einem jeweiligen Abstand zu der Innenfläche des Schildrohrs 118. Für den gemäß Fig. 4 oben gezeigten Tübbing 112 ist der Abstand mit d bezeichnet.

[0057] In Fig. 4 ist ferner gezeigt, dass ein Ultraschallsensor 116 auf die innere Mantelfläche des Schildrohrs 118 aufgesetzt und dort unbeweglich befestigt ist. Der Ultraschallsensor 116 enthält eine Ultraschallquelle zum Emittieren von primärem Ultraschall 402 auf den zu verlegenden Tübbing 112. Sekundärer Ultraschall 404, der an dem Tübbing 112 reflektiert wird, wird von einem Ultraschalldetektor des Ultraschallsensors 116 detektiert. Aus dem erfassten Sensorsignal kann der Ultraschallsensor 116 den Abstand zu dem zu verlegenden Tübbing 112 bestimmen (insbesondere den Abstand bezogen auf eine vorgebbare Referenzposition, zum Beispiel die Position des Ultraschallsensors 116 oder die Innenfläche des Schildrohrs 118). Der Stützring 122 dient der Abschirmung des Sensors 116 vor unerwünschten Einflüssen der Umgebung und als mechanischer Schutz des Sensors 116 vor Beschädigungen.

[0058] Fig. 4 zeigt ferner ein Versorgungs- und Signaltransportkabel 302, das sich von dem Ultraschallsensor 116 aus in axialer Richtung entlang einer Innenfläche des Schildrohrs 118 erstreckt. Das Kabel 302 kann stahlmantelt sein, um es an die rauen Bedingungen im Arbeitsbereich einer Tunnelbohrmaschine 100 anzupassen. Das Versorgungs- und Signaltransportkabel 302 versorgt den Ultraschallsensor einerseits mit elektrischer Energie. Andererseits übermittelt der Ultraschallsensor über das Versorgungs- und Signaltransportkabel 302 die detektierte Sensorinformation an ein Auswertegerät (nicht gezeigt).

[0059] Fig. 5 zeigt schematisch und im Querschnitt nur einen unteren Teil eines Schildrohrs 118 eines Schilds 400 gemäß einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0060] In Fig. 5 ist ein Laserabstandsmessgerät 116 als Sensor vorgesehen. Das Laserabstandsmessgerät 116 emittiert kohärentes monochromatisches Laserlicht 502 in gemäß Fig. 5 horizontaler Richtung. Dieses primäre Laserlicht 502 wird durch ein optisches Prisma 500 um 90° auf den Tübbing 112 abgelenkt, von dort reflektiert und gelangt wiederum über das optische Prisma 500 in Form von Sekundärstrahlung 504 zu einem lichtempfindlichen Element des Laserabstandsmessgeräts 116. Die Konfiguration mit dem Prisma 500 erlaubt es, in besonders beengter Umgebung Lasermessgeräte 116 einzusetzen, da diese anschaulich mit ihrer flachen, großflächigen Seite auf das Innere des Schildrohrs 118 montiert werden können und in horizontaler Richtung das primäre Laserlicht 502 emittieren können. Es liegt selbst-

verständlich im Umfang der Erfindung, das Laserabstandsmessgerät 116 in einer Vertikalbaukonstruktion ohne optisches Prisma 500 oder dergleichen auszugestalten, in der das Licht gemäß Fig. 1 in rein vertikaler Richtung zwischen dem Laserabstandsmessgerät 116 und dem Tübbing 112 läuft, wie dies in Fig. 4 für den Ultraschallsensor 116 gezeigt ist.

[0061] Fig. 6 entspricht dem Ausführungsbeispiel von Fig. 4, wobei der Ultraschallsensor 116 nun in das Innere des Schildrohrs 118 integriert ist, so dass seine Oberfläche bündig mit einer inneren Mantelfläche des Schildrohrs 118 abschließt bzw. fluchtet. Dadurch ist der Ultraschallsensor 116 besonders gut vor mechanischen Einflüssen der Umgebung geschützt.

[0062] Fig. 7 zeigt ein Schild 400 gemäß noch einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem der Sensor 116 in den Stützring 122 integriert ist, wohingegen ein Ultraschallreflexionsprisma 700 an einer inneren Oberfläche des Schildrohrs 118 befestigt ist. Die primäre Ultraschallstrahlung 402 wird von dem Sensor 116 ausgesandt, an dem Ultraschallreflexionsprisma 700 nach oben in Richtung des zu verlegenden Tübbings 112 hin reflektiert und gelangt nach Reflexion an letzterem und nach abermaliger Reflexion an dem Ultraschallreflexionsprisma 700 zu einem Ultraschalldetektor des Ultraschallsensors 116.

[0063] Wie in Fig. 7 mit gepunkteten Linien angedeutet, muss der Ultraschallsensor 116 nicht zwingend in den Stützring 122 integriert sein, sondern kann auch auf diesen überstehend aufgesetzt sein. In beiden Fällen dient der Stützring 122 als Schutz vor mechanischen Beschädigungen.

[0064] Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass "aufweisend" keine anderen Elemente oder Schritte ausschließt und "eine" oder "ein" keine Vielzahl ausschließt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

45 Patentansprüche

1. Schild (400) für eine Tunnelbohrmaschine (100) zum Bohren eines Bohrlochs (104) in einem Gebirge (102), wobei das Schild (400) aufweist:

ein Schildrohr (118) zum Schützen eines Abschnitts der Tunnelbohrmaschine (100) vor sich von einer Bohrlochwandung lösendem Gebirgematerial, wobei das Schildrohr (118) vorübergehend zwischen einem zu verlegenden Tübbing (112) zum Auskleiden der Bohrlochwandung einerseits und der Bohrlochwandung andererseits anzuordnen ist;

- einen an und/oder in dem Schildrohr (118) angeordneten Sensor (116) zum Detektieren einer für einen Abstand zwischen dem Schildrohr (118) und dem zu verlegenden Tübbing (112) indikativen Information. 5
2. Schild (400) gemäß Anspruch 1, wobei das Schildrohr (118) einen zumindest teilumfänglichen, insbesondere vollumfänglichen, Stützring (122) an einem in Vorschubrichtung der Tunnelbohrmaschine (100) rückseitigen Ende des Schildrohrs (118) aufweist. 10
3. Schild (400) gemäß Anspruch 2, ferner aufweisend zumindest eines der folgenden Merkmale: 15
- der Stützring (122) und eine Mantelfläche des Schildrohrs (118) sind einstückig, insbesondere einstoffig, ausgebildet;
- der Stützring (122) ragt ausgehend von einer hohlzylindrisch ausgebildeten und endseitig offenen Mantelfläche des Schildrohrs (118) krangenförmig nach innen; 20
- der Sensor (116) ist an und/oder in einer der Bohrlochwandung abgewandten inneren Mantelfläche des Schildrohrs (118) angrenzend an den Stützring (122) angeordnet. 25
- der Sensor (116) ist an und/oder in einer der Bohrlochwandung abgewandten inneren Mantelfläche des Schildrohrs (118) angrenzend an den Stützring (122) angeordnet, wobei der Sensor (116) über die innere Mantelfläche weniger weit hervorsteht als der Stützring (122). 30
4. Schild (400) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, ferner aufweisend zumindest eines der folgenden Merkmale: 35
- der Sensor (116) ist an einem in Vorschubrichtung der Tunnelbohrmaschine (100) rückseitigen Ende eines Schildschwanzes des Schildrohrs (118) angeordnet; 40
- der Sensor ist ein Ultraschallsensor (116) oder ein elektromagnetischer Strahlungssensor (116);
- der Sensor (116) weist eine Ultraschallquelle zum Erzeugen und Richten von Ultraschall auf den Tübbing (112) auf und weist einen Ultraschalldetektor zum Erfassen von an dem Tübbing (112) reflektiertem Ultraschall auf; 45
- der Sensor (116) weist eine Ultraschallquelle zum Erzeugen und Richten von Ultraschall auf den Tübbing (112) auf und weist einen Ultraschalldetektor zum Erfassen von an dem Tübbing (112) reflektiertem Ultraschall auf, ferner aufweisend ein Ultraschallablelement (700) zwischen der Ultraschallquelle und dem Ultraschalldetektor einerseits und dem Tübbing (112) andererseits, um Ultraschall von der Ul-
- traschallquelle auf den Tübbing (112) und von dem Tübbing (112) auf den Ultraschalldetektor abzulenken; 5
- ein Außendurchmesser des Schildrohrs (118) liegt in einem Bereich zwischen 2 m und 15 m, insbesondere in einem Bereich zwischen 4 m und 13 m;
- der Sensor (116) ist an und/oder in einer der Bohrlochwandung abgewandten inneren Mantelfläche des Schildrohrs (118) angeordnet. 10
5. Schild (400) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Sensor (116) eine elektromagnetische Strahlungsquelle zum Erzeugen und Richten von elektromagnetischer Strahlung auf den Tübbing (112) aufweist und einen elektromagnetischen Strahlungsdetektor zum Erfassen von an dem Tübbing (112) reflektierter elektromagnetischer Strahlung aufweist. 15
6. Schild (400) gemäß Anspruch 5, ferner aufweisend ein elektromagnetisches Strahlungsablelement (500) zwischen der elektromagnetischen Strahlungsquelle und dem elektromagnetischen Strahlungsdetektor einerseits und dem Tübbing (112) andererseits, um elektromagnetische Strahlung von der elektromagnetischen Strahlungsquelle auf den Tübbing (112) und von dem Tübbing (112) auf den elektromagnetischen Strahlungsdetektor abzulenken. 20
7. Schild (400) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, aufweisend eine Mehrzahl von Sensoren (116) mit den Merkmalen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Sensoren entlang eines Umfangs des Schildrohrs (118), insbesondere umfänglich um eine Vorschubachse herum, verteilt sind. 25
8. Schild (400) gemäß Anspruch 7, wobei ein Bodenbereich des Schildrohrs (118), der bei bestimmungsgemäßer Verwendung in Kontakt mit dem Gebirge (102) am Bohrlochboden gerät, von Sensoren (116) freigehalten ist. 30
9. Schild (400) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, aufweisend: 35
- eine Verfüllstofftransportleitung (304) zum Versorgen eines Zwischenraums zwischen den Tübbing (112, 114) und der Bohrlochwandung mit Verfüllstoff, um die Tübbinge (112, 114) an der Bohrlochwandung zu befestigen; 40
- eine Kabelverbindung (302), insbesondere eine stahlummantelte Kabelverbindung, zum Ausbilden einer elektrischen Verbindung zwischen dem Sensor (116) und einem Partnergerät, insbesondere einer Auswerteeinheit zum Auswerten eines Signals des Sensors (116) und/oder 45

- einer elektrischen Energieversorgungseinheit zum Versorgen des Sensors (116) mit elektrischer Energie;
wobei die Verfüllstofftransportleitung (304) und die Kabelverbindung (302) nebeneinander, insbesondere parallel zueinander, entlang einer inneren Mantelfläche des Schildrohrs (118) geführt sind.
- 10.** Tunnelbohrmaschine (100) zum Bohren eines Bohrlochs (104) in einem Gebirge (102), wobei die Tunnelbohrmaschine (100) ein Schild (400) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 aufweist.
- 11.** Tunnelbohrmaschine (100) gemäß Anspruch 10, aufweisend eine Auswerteeinheit, die zum Auswerten eines von dem Sensor (116) erfassten Sensorsignals eingerichtet ist, um den Abstand zwischen dem Schildrohr (118) und dem zu verlegenden Tübbing (112) zu ermitteln.
- 12.** Tunnelbohrmaschine (100) gemäß Anspruch 11, wobei die Auswerteeinheit eingerichtet ist, ein vorbestimmtes Ereignis auszulösen, wenn der ermittelte Abstand einen vorbestimmten Schwellwert, insbesondere 5 cm, weiter insbesondere 2 cm, unterschreitet.
- 13.** Tunnelbohrmaschine (100) gemäß Anspruch 12, wobei das vorbestimmte Ereignis ausgewählt ist aus einer Gruppe, die besteht aus einem Abschalten der Tunnelbohrmaschine (100), dem Ausgeben einer Warnung, und dem Anpassen eines Betriebsparameters der Tunnelbohrmaschine (100), um den Abstand wieder zu erhöhen.
- 14.** Tunnelbohrmaschine (100) gemäß einem der Ansprüche 10 bis 13, ferner aufweisend zumindest eines der folgenden Merkmale:
- die Tunnelbohrmaschine (100) weist eine Tübbingverlegesteuereinheit auf, die zum Steuern des Auskleidens der Bohrlochwandung mit Tübbingen (112, 114) unter Verwendung der für den Abstand indikativen Information ausgebildet ist;
einen rotierbaren Bohrkopf (106) an einem frontseitigen Ende der Tunnelbohrmaschine (100), an dem eine Mehrzahl von Schneidelementen zum Abtragen des Gebirges (102) angeordnet sind;
eine Vorschubeinrichtung (108), die zum Ausüben einer Vorschubkraft zum Vorschieben eines Bohrkopfes (106) gegen das Gebirge (102) ausgebildet ist;
einen Gripper (110), der ausgebildet ist, die Tunnelbohrmaschine (100) mittels Verspannens gegen das Gebirge (102) vorübergehend ortsfest abzustützen;
- einen Erektor (120), der zum Verlegen der Tübbinge (110, 112) entlang der Bohrlochwandung ausgebildet ist;
einen bezogen auf eine Vorschubrichtung rückseitig angeordneten Nachzug, der Versorgungseinrichtungen zum Versorgen der Tunnelbohrmaschine (100) aufweist.
- 15.** Verfahren zum Steuern des Auskleidens einer Bohrlochwandung eines mittels einer Tunnelbohrmaschine (100) zu bohrenden Bohrlochs (104) mit Tübbingen (112), wobei das Verfahren aufweist:
- Anordnen eines Schildrohrs (118) eines Schilds (400) der Tunnelbohrmaschine (100) zwischen einem zu verlegenden Tübbing (112) einerseits und der Bohrlochwandung andererseits, um einen Abschnitt der Tunnelbohrmaschine (100) vor sich von der Bohrlochwandung lösendem Gebirgematerials zu schützen,
Detektieren einer für einen Abstand zwischen dem Schildrohr (118) und dem zu verlegenden Tübbing (112) indikativen Information mittels mindestens eines an und/oder in dem Schildrohr (118) angeordneten Sensors (116), und
Steuern des Verlegens des zu verlegenden Tübbings (112) an der Bohrlochwandung basierend auf der detektierten Information.

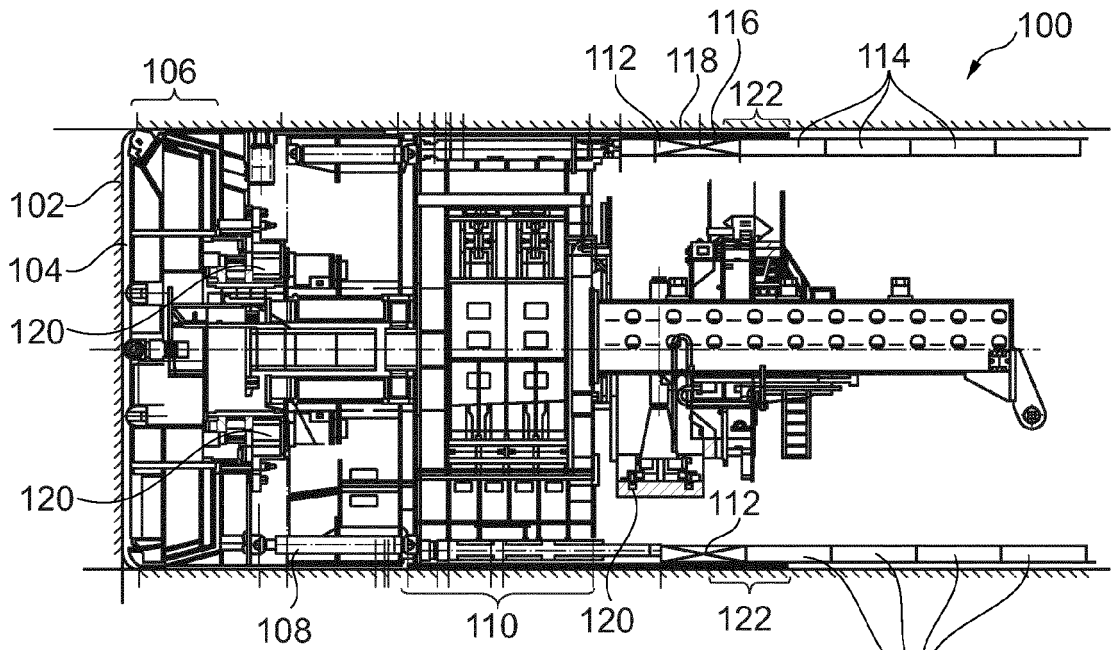


Fig. 1

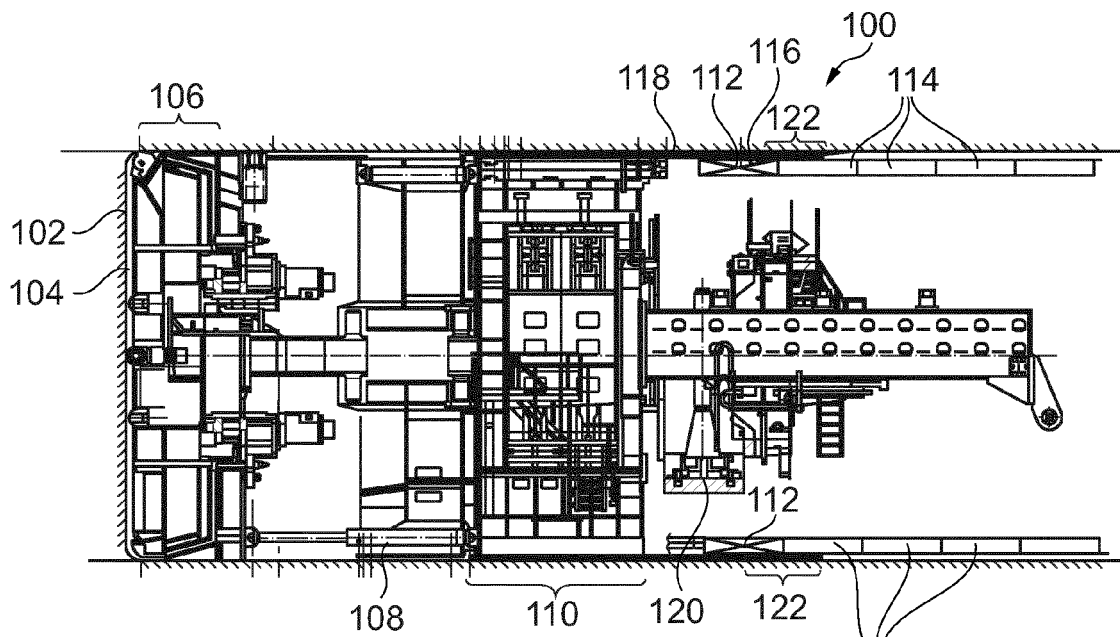


Fig. 2

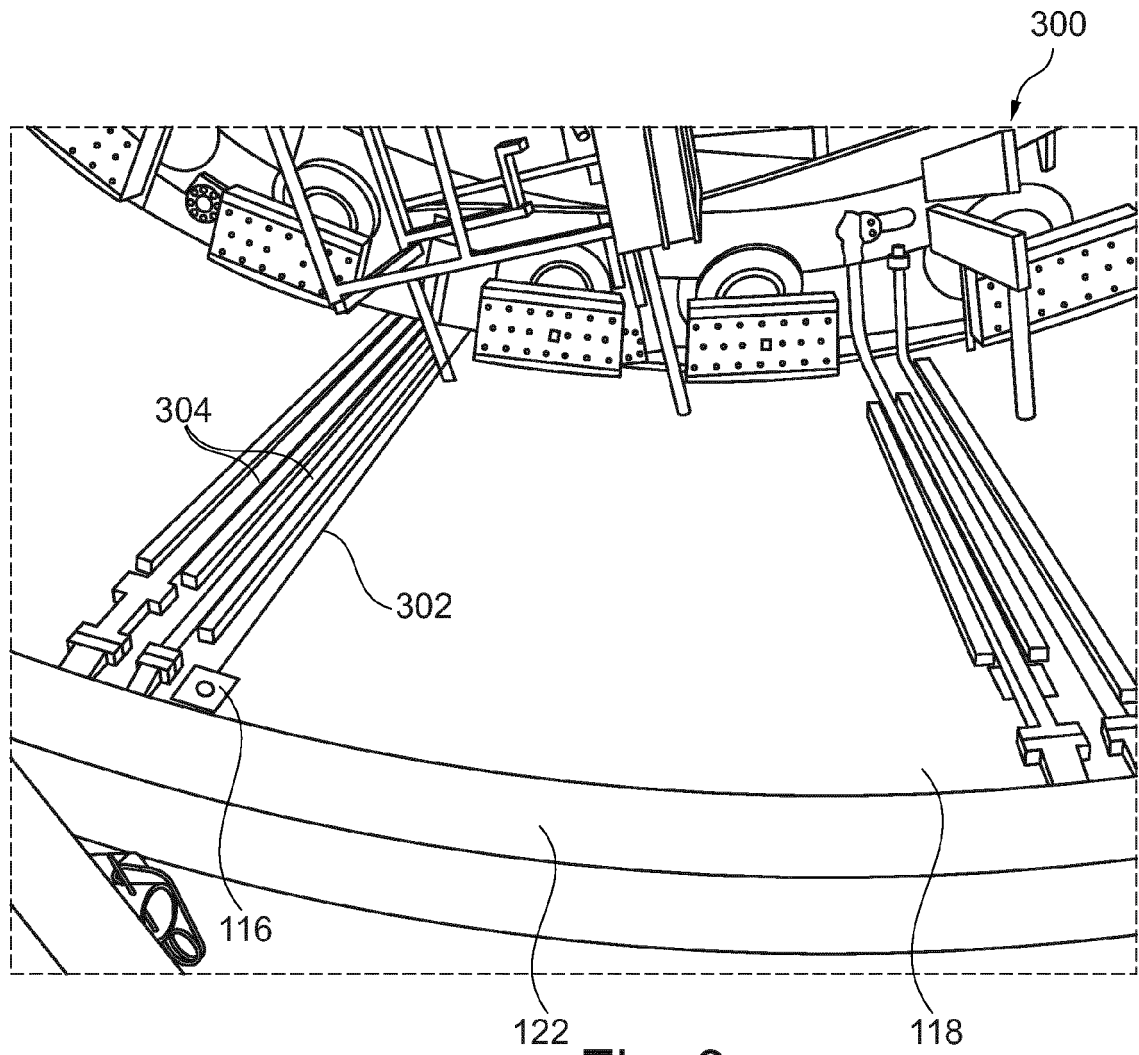


Fig. 3

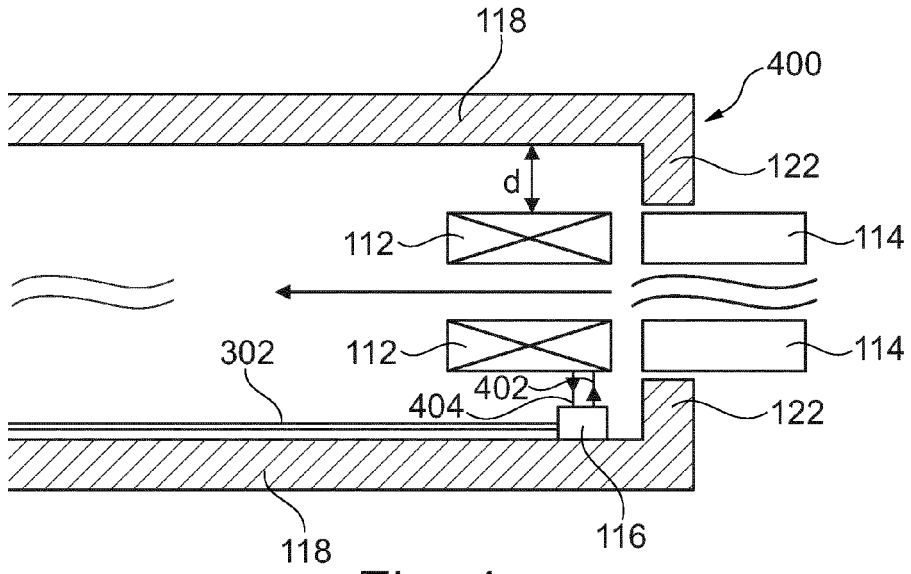


Fig. 4

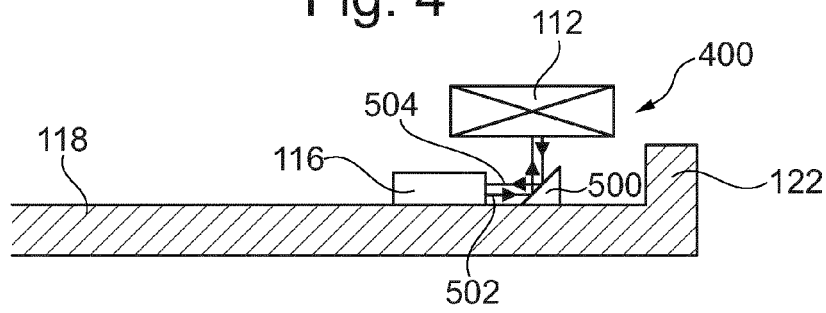


Fig. 5

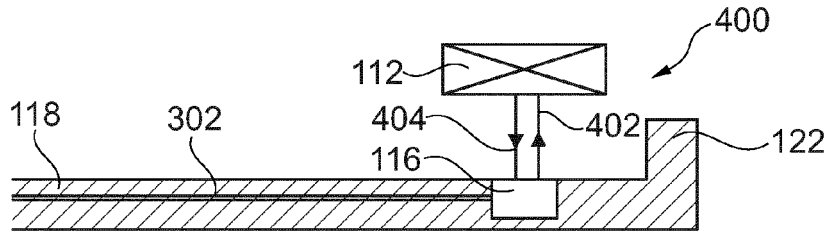


Fig. 6

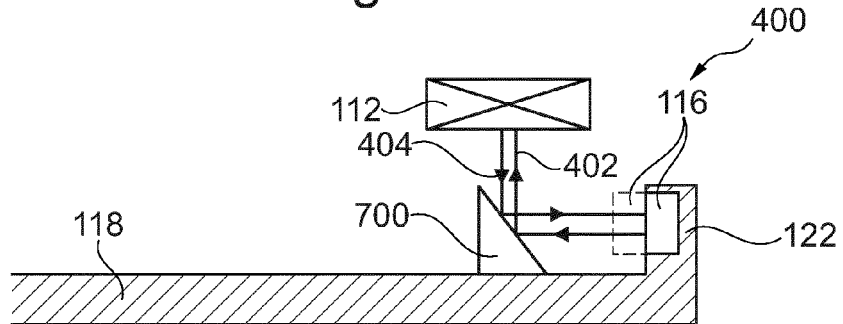


Fig. 7