



⑫ **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

⑰ Anmeldenummer : **93890020.6**

⑤ Int. Cl.⁵ : **E21D 9/06, E21D 11/08**

⑱ Anmeldetag : **17.02.93**

⑳ Priorität : **21.02.92 AT 324/92**

㉑ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
25.08.93 Patentblatt 93/34

㉒ Benannte Vertragsstaaten :
AT CH DE FR IT LI

㉓ Anmelder : **INGENIEURE MAYREDER, KRAUS & CO. CONSULT GESELLSCHAFT m.b.H.**
Sophiengutstrasse 20
A-4020 Linz (AT)

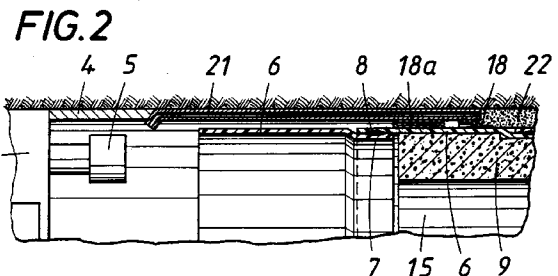
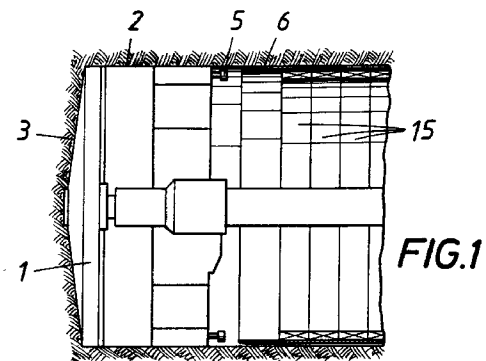
㉔ Anmelder : **TUNNEL AKTIENGESELLSCHAFT TUNNEL PLANUNGS-, ERRICHTUNGS- UND BETRIEBS-AKTIENGESELLSCHAFT**
Franzensgasse 25
A-1050 Wien (AT)

㉕ Erfinder : **Wagner, Harald, Dr.**
Kirchenberg 207
A-4310 Mauthausen (AT)
Erfinder : **Schulter, Alfred, Dipl.-Ing.**
Daimlerstrasse 23
A-4020 Linz (AT)
Erfinder : **Pfeil, Helmut, Dipl.-Ing.**
Schatzweg 189
A-4040 Linz (AT)
Erfinder : **Schubert, Otto**
Franzensgasse 25
A-1050 Wien (AT)

㉖ Vertreter : **Hübscher, Heiner, Dipl.-Ing. et al**
Spittelwiese 7
A-4020 Linz (AT)

⑤④ **Verfahren zum Herstellen langer Tunnel in Tübbingbauweise.**

⑤⑦ Bei einem Verfahren zum Herstellen langer Tunnels in Tübbingbauweise wird eine neue Kombination von Mitteln und Verfahrensschritten eingesetzt, wobei mit einer Tunnelbohrmaschine (1) mit nachgiebigem Schildmantel (4) ausgebrochen, kontinuierlich im Schutze des Schildschwanzes mit einander zu Tübbingringen (15) ergänzenden Tübbingsteinen besonderer Form nach dem Baukastenprinzip ausgebaut wird, die bis zu Erreichen eines neuen Gleichgewichtszustandes des Gebirges auftretenden Verformungskräfte vom Schildschwanz (4) und von den begrenzt nachgiebig ausgebildeten Tübbingringen aufgenommen werden, eine Außenabdichtung der Röhre vorgesehen wird und der Spalt zwischen Ausbruch (2) und Tunnelröhre mit einem Material (22) ausgefüllt wird, das zur Aufnahme langzeitiger Verformungskräfte begrenzt nachgiebig sein kann. Ein nach dem Verfahren hergestellter Tunnelausbau, besondere Formen der Tübbingsteine und neue Ausbildungen der Fahrbetriebsmittel für den Tunnel sind angegeben.



Die Erfindung bezieht sich auf ein neues Verfahren zur Herstellung langer Tunnels in Tübbingbauweise. Ferner betrifft die Erfindung einen nach diesem neuen Verfahren hergestellten Tunnelausbau und schließt auch Überlegungen für einen rationellen Betrieb des Tunnels sowie neue Fahrbetriebsmittel für den Tunnel ein.

5 Unter "langen" Tunnels werden in der Folge Tunnels mit Längen von mindestens 10 km, insbesondere aber wesentlich längere Tunnels verstanden, die zur Lösung überregionaler Verkehrsprobleme, insbesondere des Problems des grenzüberschreitenden Transitverkehrs dienen sollen. Ausgangspunkt für die Überlegungen ist die Planung einer neuen Tunneltrasse zwischen dem südbayerischen und norditalienischen Raum, wobei konkret an einen Tunnel zur Aufnahme des Transitverkehrs mit Nordportal im Bereich Rosenheim und Südportal im Raum Sterzing oder Franzensfeste gedacht ist, für den sich eine Länge von etwa 116 km ergibt.

10 Im konkreten Fall erscheint ein entsprechend langer Tunnel die zweckmäßigste Lösung, da durch ihn die kritischen Verkehrsbereiche im Inntal, im Raume Innsbruck und im Brennerbereich entlastet würden.

Eine Grundüberlegung der Erfindung besteht darin, daß bei entsprechend langen Tunnels bei Planung, Errichtung, Koordination des Ausbaues und beim Betrieb neue Wege beschritten werden müssen, wenn der Tunnel in einer tragbaren Bauzeit kostengünstig errichtet werden soll und auch der Betrieb bei hoher Durchsatzleistung nur erträgliche Kosten verursacht.

Eine Grundvoraussetzung für die obigen Bedingungen besteht darin, daß der Tunnel unter möglichst hoher Vortriebsgeschwindigkeit und unter Einhaltung weitgehender Sicherheitsbedingungen errichtet werden muß und zwischen Errichtungszeit und Fertigausbau sowie Inbetriebnahme keine zu langen Zeiträume vergehen. Damit scheidet die herkömmliche Tunnelbauweise, aber auch die Neue Österreichische Tunnelbauweise als Herstellungsverfahren aus, da in beiden Fällen nach dem Ausbruch Gebirgssicherungsarbeiten notwendig sind und dann erst ein Endausbau erfolgen kann. Bei der Tübbingbauweise gibt es bereits Ansätze, die einen rationelleren Ausbau eines Tunnels unter Verwendung von Fertigteilen ermöglichen. Ein möglicher Tübbingausbau bietet sich aus der AT-A 389 149 an, bei der vorgesehen wird, Tübbingringe aus in der Grundform trapezoidförmigen Tübbingsteinen zusammenzusetzen, wobei zwischen den Schrägseiten dieser Tübbingsteine Nut-Federverbindungen mit in zueinander offene Nuten der Steine eingelegten, vorzugsweise im Querschnitt runden Federn, die auch als Gleitführung beim Einfügen der einzelnen Steine in den Ring verwendbar sind, und für die Verbindung an den Ringstirnseiten in die Steine einsetzbare Dübel Verwendung finden. Hier können die Tübbingsteine untereinander nach einem Baukastensystem zu Ringen und die Ringe untereinander nach einem Stecksystem verbunden werden und es besteht auch die Möglichkeit, dadurch Richtungsabweichungen des Tunnelausbaues von der Geraden zu erzielen, daß man Tübbingsteine verwendet, die einander zu Tübbingringen mit untereinander einen spitzen Winkel einschließenden, durch die Stirnseiten bestimmten Ebenen verwendet, wobei zwei gegengleich zusammengesetzte Ringe einen Zylinder mit paralleler Stirnseiten ergeben, durch Verdrehung der Ringe aus dieser Lage aber Abweichungen des Ausbaues nach den Seiten und oben und unten möglich werden.

Es ist auch bei der Tübbingbauweise an sich bekannt, zur Aufnahme von Gebirgsverformungen in die Tübbingringe nachgiebige Zonen aus verformbaren Körpern einzubauen. Schließlich sind verschiedene Arten der Abdichtung zwischen aufeinanderfolgenden Tübbingsteinen unter Verwendung von Ein-oder Auflagedichtungen bekannt.

40 Hauptaufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines neuen Verfahrens, das die Herstellung langer Tunnel bei hoher Vortriebsgeschwindigkeit und weitgehend dem Vortrieb folgendem Endausbau ermöglicht. Eine Teilaufgabe der Erfindung besteht in der Schaffung von für dieses Verfahren geeigneten Tunnelausbauten sowie von neuen für lange Tunnels besonders geeigneten, eine hohe Betriebssicherheit verbürgenden Fahrbetriebsmitteln.

45 Ein erfindungsgemäßes Verfahren ist grundsätzlich durch die Kombination der zum Teil für sich bekannten Mittel und Verfahrensschritte, gemäß Anspruch 1 gekennzeichnet.

Eine hohe Vortriebsgeschwindigkeit wird dadurch ermöglicht, daß für den Ausbruch ein nur unwesentlich größerer Ausbruchsquerschnitt vorzusehen ist als dem äußeren Ausbauquerschnitt des Tunnels entspricht. Entscheidend für das erfindungsgemäße Verfahren ist, daß die Last des Gebirges bereits während des Ausbruches von der Tunnelbohrmaschine und deren Schildmantel aufgenommen und kontinuierlich sowie nachgiebig auf den Ausbau übertragen wird, so daß der Ausbruchsbereich dauernd unter dem Gegendruck des Schildschwanzes und in weiterer Folge der Tübbingringe steht und dadurch Auflockerungen vermieden werden. Dadurch wird der neue Gleichgewichtszustand meist schon auf geringen Verformungswegen erreicht und zusätzliche Sicherungen und Abstützungen des Gebirges z.B. durch Ankerung, Spritzbeton, Injektionen usw. werden, von Sonderfällen abgesehen, unnötig. Selbstverständlich kann man bei absolut standfestem Gebirge in den entsprechenden Teilbereichen des Tunnels auf einen Teil der angeführten Maßnahmen zur Aufnahme von Langzeitverformungen verzichten und man wird auch nur dort abdichten, wo es notwendig ist. Die vorgesehene Außenabdichtung gibt eine weitgehende Sicherheit gegen Gas- und Flüssigkeitseinbrüche und der

Tunnelausbau bis zur Fertigstellung folgt praktisch unmittelbar auf den Ausbruch, so daß der Tunnel bis in den Ausbruchsbereich für Transportaufgaben voll eingesetzt werden kann.

Damit können auch Zugänge zum Tunnel über Schächte usw. weitgehend entfallen und man wird im Idealfall solche Zugänge nur etwa im Bereich von Talquerungen, wo der Tunnel die Oberfläche erreicht, oder bei für die Versorgung, das Rangieren od. dgl. der später einzusetzenden Fahrbetriebsmittel und ähnliche Aufgaben benötigten Anschluß- oder Erweiterungsstellen vorsehen. Im Endausbau wird es sich empfehlen, die Tunnelröhre zur Sicherung eines geschützten Betriebes auch in Bereichen der Trassenführung fortzusetzen, wo der Tunnel an sich die Oberfläche erreicht oder die Fahrbahn über der Landschaftsoberfläche verläuft.

Eine einwandfreie Abdichtung wird durch die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 2 erzielt.

Eine Hauptüberlegung, die der Weiterbildung nach Anspruch 3 zugrundeliegt, besteht darin, daß es sich empfehlen wird, den Tunnel für Schienenfahrzeuge auszulegen, da entsprechend modifizierte Schienenfahrzeuge unproblematisch sowohl hinsichtlich der Energieversorgung der Fahrbetriebsmittel als auch hinsichtlich einer völligen oder teilweisen Automatisierung und Fernsteuerung der Fahrbewegungen sind, so daß einerseits die vorhandene Tunnelkapazität optimal ausnützlich wird und andererseits die Möglichkeit gegeben ist, etwa für den Gütertransport den gesamten Tunnel oder wesentliche Tunnelabschnitte ohne Personaleinsatz zu durchfahren, d. h. die Güter ohne Personal und mitfahrende Personen durch den Tunnel zu leiten, wodurch auf die besonders teuren und aufwendigen Sicherungsmaßnahmen verzichtet werden kann, die bei mitfahrendem Begleitpersonal oder beim Personentransport unbedingt einzuhalten sind. Als Beispiel für diese sonst notwendigen Sicherungsmaßnahmen seien hier nur kurze Fluchtwege aus jeder Stelle des Tunnels, Brandschutzmaßnahmen, überdimensionierte Belüftungseinrichtungen, Beleuchtung der Fluchtwege usw. erwähnt.

Um die Bauzeit wesentlich zu verringern und trotzdem eine weitgehende Anpassung an die Gegebenheiten zu erzielen, wird gemäß Anspruch 4 vorgegangen. Mit modernen Tunnelbohrmaschinen lassen sich hohe Vortriebsgeschwindigkeiten von z. B. 60 m pro Tag erzielen. Wenn nun über Sensoren unter Einsatz von der Tunnelbohrmaschine voreilenden Sonden und laufend von der Bohrmaschine aus vorgenommenen geophysikalischen oder seismographischen Untersuchungen Problemzonen rechtzeitig erkannt werden, kann man solche Problemzonen häufig umgehen, sich jedenfalls darauf vorbereiten oder nur in jenen Bereichen anschneiden, in denen dies mit weniger Störungen verbunden ist bzw. nur über kurze Strecken den Einsatz zusätzlicher Sicherungsmaßnahmen nötig macht.

Insgesamt gesehen wird es sich empfehlen, gemäß Anspruch 5 zu arbeiten.

Durch diesen gezielten Einsatz der Sensorik und Robotik läßt sich eine maximale Automatisierung von Vortrieb und Ausbau unter geringstem Personalaufwand und damit auch unter geringster Personalfährdung erzielen, wobei in Abhängigkeit von den Meldungen der Sensoren angepaßte, selbst programmierende Steuerprogramme für Vortriebs- und Ausbauautomaten gewählt werden können, so daß für jede Momentanbedingung die relativ günstigste Abstimmung dieser Bausätze aufeinander wählbar ist. Über die Steuereinheit bzw. den übergeordneten Rechner werden auch Zu- und Abtransport des Materials insbesondere der Bauteile einerseits und des Ausbruchmaterials andererseits in Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Fahrbetriebsmitteln und der bis zur nächsten Be- bzw. Entladestelle zurückzulegenden Strecke koordiniert, um sowohl die Fahrbetriebsmittel optimal auszunützen als auch die Dauerver- und -entsorgung des Ausbruchsbereiches zu gewährleisten.

Ein nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellter Tunnelausbau in Tübbingbauweise ist in Anspruch 6 angegeben. Neben der möglichen Zusammensetzung der Tübbingsteine zu den Ringen und der Ringe zur Tunnelröhre nach einem einfachen Baukastensystem hat diese Ausgestaltung den besonderen Vorteil, daß die Federn der Nut-Federverbindungen zugleich die zur Aufnahme des auf die Tübbingringe entfallenden Anteiles des zum anderen Teil schon vom nachgiebigen Schildmantel aufgenommenen unmittelbar auftretenden Verformungsweges des Gebirges notwendigen Elemente bilden, so daß sonst notwendige aufwendigere Ausgleichseinrichtungen wie in eigenen Gehäusen untergebrachte Verformungselemente vermieden werden und die zusammendrückbaren Federn gegebenenfalls in Verbindung mit Fugendichtbändern zugleich für die Abdichtung der Längsfugen zusätzlich verwendbar sind.

Vorteilhafte Ausbildungen von Nuten und Federn entnimmt man Anspruch 7.

Um den Endausbau zu vereinfachen und zu beschleunigen wird eine Weiterbildung nach Anspruch 8 vorgesehen.

Bei einer Ausführung gemäß Anspruch 9 hat die Verwendung eines Linearmotorantriebes für die Schienenfahrzeuge gegenüber einem an sich ebenfalls möglichen Betrieb der Schienenfahrzeuge mit Elektrolokomotiven oder elektrischen Triebwagen verschiedene grundsätzliche Vorteile. Zunächst kann die eingesetzte Antriebsleistung an Neigung und Gefälle der Strecke angepaßt werden und es ist eine vollautomatisierte Steuerung der momentan im Tunnel vorhandenen Fahrbetriebsmittel möglich, wobei die Versorgungsleitungen zu den Wicklungsabschnitten des Linearmotors ortsfest verlegt werden können, so daß die sich durch Fahrleitungen und Stromabnehmer ergebenden Probleme wegfallen und auch die Absicherung spannungsführender

Teile vereinfacht wird. Der Hauptvorteil eines Linearmotors besteht zusätzlich zu den schon erwähnten Vorteilen darin, daß es möglich wird, über den Linearmotor unmittelbar über die Dauermagneteinheiten im wesentlichen in Fahrtrichtung auf die Fahrbetriebsmittel wirkende Antriebs- bzw. Bremskräfte zu erzeugen, so daß relativ leichte Fahrbetriebsmittel und keine wegen der Übertragung der Vortriebskräfte durch Reibung auf die Schienen notwendigerweise sehr schweren Lokomotiven benötigt werden, also das Leergewicht/Nutzlastverhältnis wesentlich günstiger als beim E-Lokbetrieb wird.

Konstruktiv empfiehlt sich eine Ausführung nach Anspruch 10. Dadurch wird vermieden, daß Abweichungen der Schienen von einer Parallellage zum Linearmotor, die sowohl durch Montageungenauigkeiten als auch durch allfällige Bewegungen der Tunnelröhre unter dem Gebirgsdruck möglich sind bzw. Fahrbewegungen oder das Federungsspiel der Schienenfahrzeuge die Größe des Luftspaltes beeinflussen bzw. eine einen schlechten Wirkungsgrad ergebende große durchschnittlich Luftspaltgrößen erforderlich machen.

Schließlich wird eine weitere Rationalisierung durch die Ausübung nach Anspruch 11 erzielt.

Gleicht man den Querschnitt der einzelnen Tunnelröhren an die Außenumrisse der für den Tunnel vorgesehenen Fahrbetriebsmittel bzw. der durch den Tunnel zu transportierenden Güter, z. B. LKW-Züge oder Container an, so findet man mit einer Lichtweite einer Tunnelröhre von etwa 5,5 m das Auslangen. Der Ausbruchsquerschnitt und damit die Materialabtragung bei zwei solchen Tunnelröhren ist wesentlich kleiner als der Ausbruchsquerschnitt einer einzigen Tunnelröhre, die, wenn sie zwei entsprechende Fahrbetriebsmittel nebeneinander aufnehmen soll, einen Durchmesser von wenigstens 9,5 m haben müßte. Ferner wird die Betriebssicherheit durch gesonderte Tunnelröhren für die beiden Fahrtrichtungen erhöht und das Gebirge wird durch zwei kleinere Tunnel wesentlich weniger als durch einen Großtunnel gestört, wobei auch der Gebirgsdruck in ungünstigen Bereichen auf einen kleinen Tunnel entscheidend geringer ist, so daß beim kleineren Tunnel wesentlich schwächere Tübbingbausteine zum Einsatz gelangen können.

Weitere Einzelheiten und Vorteile des Erfindungsgegenstandes entnimmt man der nachfolgenden Zeichnungsbeschreibung.

In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielsweise veranschaulicht. Es zeigen

Fig. 1 in stark schematisierter Darstellungsweise einen im Vortrieb befindlichen Tunnel im Längsschnitt durch den Ausbruchsbereich,

Fig. 2 als Detail zu Fig. 1 den Schildmantel und Schildschwanz der Tunnelbohrmaschine,

Fig. 3 als Detail zu Fig. 2 das Schildschwanzende mit den dort vorgesehenen Dichtungen,

Fig. 4 zwei miteinander verbundene Tübbingsteine in Vorderansicht,

Fig. 5 den fertiggestellten Tunnel im Querschnitt mit seinen Fahrbetriebsmitteln bei der Verwendung als rollende Landstraße,

Fig. 6 einen weiteren Querschnitt durch den Tunnel mit einem Waggon,

Fig. 7 als Detail zu den Fig. 5 und 6 den unteren Bereich der Tunnelröhre mit einem auf Schienen abgestützten Zugfahrzeug und dem vorgesehenen Linearmotor und

Fig. 8 eine Seitenansicht zu Fig. 7, wobei nur der Linearmotor und die ihm zugeordneten Teile des Zugfahrzeuges veranschaulicht wurden.

Nach den Fig. 1 bis 4 wird eine Tunnelbohrmaschine 1 für den Vortrieb eines Tunnelausbruches 2 eingesetzt. Derartige Tunnelbohrmaschinen 1 sind dem Prinzip nach bekannt, sie tragen in einem kombinierten Fräs- und Ausbruchvorgang die Stollenbrust 3 des Tunnels ab und fördern das Ausbruchsmaterial zu nicht dargestellten Aufnahmeeinrichtungen, wie Transportbänder u. dgl., die dieses Material zu bereitgestellten Fahrzeugen, insbesondere als Schienenfahrzeuge ausgebildeten Kippern weiterleiten. Die Tunnelbohrmaschine 1 besitzt einen nachgiebig ausgebildeten Schildmantel 4 und einen an diesen Schildmantel anschließenden, ebenfalls nachgiebigen Schildschwanz. Für die Erzeugung der Vorschubbewegung sind an der Bohrmaschine 1 hydraulische Pressen 5 vorgesehen, mit deren Hilfe in später noch zu beschreibender Weise auch Tübbingsteine an vorher verlegte Steine angedrückt bzw. Tübbingringe zusammengepreßt werden können.

Im Schutze des Schildschwanzes werden in kritischen Ausbruchsbereichen mit potentiellen Wasser- oder Gaszutritt Dichtungsmembranen 6 verlegt und zu geschlossenen Ringen geformt, die sich im Bereich der Ränder 7, 8 mit bereits vorher verlegten Membranen 6 überlappen und gegebenenfalls verklebt werden. In die so gebildete gas- und feuchtigkeitsdichte Hülle werden Tübbingsteine 9 bis 14 eingelegt, wobei jeweils eine gerade Anzahl, beim Ausführungsbeispiel sechs Tübbingsteine einander zu einem geschlossenen Tübbingring 15 ergänzen. Die Tübbingsteine haben die Grundform von Trapezen bzw. Trapezoiden, wobei bei der Trapezform die Parallelseiten der Steine zugleich die Stirnseiten der Ringe 15 bilden. Trapezoidförmige Steine werden verwendet, wenn die Stirnseiten der Ringe in im spitzen Winkel zueinander verlaufenden Ebenen verlaufen sollen, damit die Möglichkeit besteht, durch Aneinanderreihung solcher Ringe in verschiedenen Drehstellungen Abweichungen der Tunnellängsachse von der Geraden zu fahren.

Bei trapezförmigen Steinen können untereinander gleiche Steine 9 bis 14 Verwendung finden. Bei trapezoidförmigen Steinen sind zur Bildung eines Ringes drei paarweise gleiche Steine notwendig. In allen Fällen

wird für die Verbindung der Ringstirnseiten und für das Ansetzen eines neuen Steines an einem bestehenden Ring 15 eine gegebenenfalls zugkraftübertragende Steckdübelverbindung vorgesehen, wobei Steckdübel Verwendung finden, die in zugeordnete Einführungs Löcher der Steine eingreifen, mit Hilfe der Pressen 5 eingepreßt werden und die eine beschränkte Übertragung von Scherkräften zulassen.

5 Für die Verbindung der Steine 9 bis 14 zu einem Ring 15 sind die Steine an den schrägen Längsseiten mit beim Ausführungsbeispiel einen Halbkreis oder kreisabschnittsförmigen Querschnitt aufweisenden Längsnuten versehen und es werden zur Herstellung von Nut-Federverbindungen in diese Längsnuten 16 Federn 17 eingelegt, die nach Fig. 4 einen rohrförmigen Querschnitt aufweisen können, aber auch aus Vollmaterial herstellbar sind, wobei gegebenenfalls in einer äußeren Rohrhülle ein weicherer Kern angebracht wird.

10 Wie vor allem die Fig. 2 und 3 zeigen, werden die Steine 9 bis 14 innerhalb der Dichtungsmembranen 6 im Schutze des Schildschwanzes 5 zu den Ringen 15 zusammengefügt und an die bereits fertig verlegten Ringe 15 angeschlossen. Der Schildschwanz 5 besitzt eine umlaufende Lippendichtung 18, sowie gegebenenfalls (Fig. 2) eine Ringdichtung 18a, mit denen er sich über die jeweilige Dichtungsmembran 6 auf einem schon fertig zusammengesetzten Ring 15 abstützt und kann ferner eine Bürstendichtung aus einzelnen Inkrementen 19 aufweisen, die sich dicht an die Ausbruchswand 2 legen. Der zwischen den Membranen und dem Ausbruch 2 freibleibende Hohlraum 20 wird über im oder entlang des Schildschwanzes verlegte Leitungen 21 mit einem Füllmaterial 22 ausgepreßt, wobei die Auspressung jeweils bis zu den Dichtungen 18, 19 erfolgt, wodurch erreicht wird, daß der Druck des Gebirges beim Vorschub der Tunnelbohrmaschine 1 und des Schildschwanzes 4 kontinuierlich von Vortriebsmaschine und Schildschwanz auf die bereits fertiggestellten Tübbingringe 15 übergeht und dort allenfalls eine Verformung der Federn 17 bewirkt. Später auftretende Langzeitverformungen können, wenn die durch die Federn 17 ursprünglich bestimmten Fugen zwischen aufeinanderfolgenden Steinen, z. B. 10, 12, sich schließen sollten, dadurch ausgeglichen werden, daß man ein in begrenztem Maße zusammendrückbares und/oder thixotropes Füllmaterial 22 verwendet, für das gegebenenfalls sogar in Hohlräumen der Steine 9 bis 14 führende Auslässe vorgesehen werden, durch die Material ab einem bestimmten Überdruck durchtreten kann. Der Vortrieb der Tunnelbohrmaschine wird von einer Steuereinheit überwacht und gesteuert. Dabei können Sensoren zur Überprüfung des vor der Tunnelbrust 3 liegenden Gebirges Verwendung finden, die allfällige Störungen im Gebirge anzeigen, so daß die Trassenführung im Sinne einer Umfahrung geändert werden kann. Auch der Einsatz und das Zusammenfügen der Tübbingsteine 9 bis 14 zu den Tübbingringen 15 wird von der zentralen Steuereinheit gesteuert, wobei vorzugsweise für das Einsetzen der Teile Montageroboter Verwendung finden. Auch die meisten anderen Arbeitsvorgänge, wie das Einlegen der Membranen 6, die Steuerung der Pressen 5, die Zufuhr des Füllmaterials 22 sowie die Verladung des Ausbruchsmaterials für den Abtransport, der Abtransport selbst und die Zulieferung der Bauteile für die Tunnelröhre wird weitgehend automatisiert.

35 Bei den dargestellten Ausführungsformen wird angenommen, daß zumindest im Endausbau zwei Tunnelröhren für die beiden Fahrtrichtungen Verwendung finden. Selbstverständlich kann in einer Zwischenausbaustufe eine Tunnelröhre im intermittierenden Betrieb einmal für die eine und dann für die andere Fahrtrichtung verwendet werden.

Nach den Fig. 5 und 6 sind die fertigen Tunnelröhren 23 mit Geleisen 24 ausgestattet, deren Abstützungen unmittelbar an den die Sohlsteine der Röhre 23 bildenden Tübbingsteinen 14 angebracht sind. Bei einer Variante nach Fig. 7 findet ein normaler Sohlstein 14' bei den Tübbingringen Verwendung und die Geleise 24 sind auf Einlageformteilen 25 angebracht, wobei diese Formteile 25 ohne weiteres auch über mehrere Tübbingringe durchlaufen können.

45 In Fig. 5 ist ein Tieflader-Schienenfahrzeug 26 veranschaulicht, auf das ein LKW-Zug 27 aufgebockt ist. In Fig. 6 fährt ein normaler Waggon 28 auf den Gleisen 24. In beiden Fällen ist die Tunnellichte nur unwesentlich größer als die Außenumrisse der jeweiligen Transporteinheit 26, 27 bzw. 28. In Fig. 5 wurde noch außerhalb des Fahrbereiches ein mit Geländer 29 ausgestatteter Laufsteg 30 angedeutet und es wurden in einem Kabelschacht zusammengefaßte Belüftungs- und Energieversorgungsleitungen 31 angedeutet.

Für die jeweils eingesetzten Fahrbetriebsmittel 26, 28 wird vorzugsweise ein Linearmotorantrieb verwendet. Ein derartiger Antrieb besteht dem Prinzip nach aus am Sohlstein 14 bzw. dem Stein 25 abgestützten Trägern 32, auf denen in Tunnellängsrichtung die Feldwicklungen 33 eines Linearmotors angeordnet werden. Die Fahrbetriebsmittel sind mit Dauermagnetsätzen 34 ausgestattet, auf die das Linearfeld wirkt und damit eine Fortbewegung in Tunnellängsrichtung erzeugt. Neben den Feldwicklungen 33 und an deren Seitenflanken sind Fahrbahnen 35, 36 ausgebildet, auf denen Wägelchen 37 mit um horizontale und vertikale Achsen drehbaren Laufrollen 38, 39 abgestützt sind, die die Dauermagneteinheiten 34 unter Einhaltung eines konstanten Luftspaltes entlang den Feldwicklungen 33 führen. Zwischen diesen Wägelchen 37 und dem jeweiligen Fahrzeug 26 bzw. 28 ist eine ein Vertikal- und Seitenspiel zulassende Kupplung 40 vorhanden, so daß Relativbewegungen des jeweiligen Fahrbetriebsmittels 26, 28 gegenüber dem Linearmotor 33 möglich werden.

Bei Tiefladerkonstruktionen 26 kann man jeden einzelnen Tieflader mit einem Dauermagnetsatz 34 und

damit einem eigenen Antrieb ausstatten. Über den Linearmotor können sowohl Vortriebs- als auch Bremskräfte erzeugt werden. Die Steuerung erfolgt extern über zentrale Steuereinheiten. Innerhalb einer Zugseinheit können auch nur einige der Fahrbetriebsmittel 26 Dauermagnetsätze aufweisen. Für das Durchschleusen normaler Eisenbahnwaggons durch die Tunnelröhre 23 werden zweckmäßig eigene Zugfahrzeuge eingesetzt, die, da der Vortrieb über den Linearmotor erfolgt, im Gegensatz zu Lokomotiven nur ein geringes Eigengewicht aufzuweisen brauchen.

Bei den dargestellten Ausführungsbeispielen wird sich als Dauer- und Höchstgeschwindigkeit der Fahrbetriebsmittel ein Bereich von etwa 60 bis 80 km/h empfehlen. Bei höheren Geschwindigkeiten käme es bei den vergleichsweise engen Tunnelröhren 23 zu Problemen infolge der Luftwirbelbildung und der Luftverdrängung durch die Fahrbetriebsmittel. Bei höheren Geschwindigkeiten müßte man möglichst geschlossene Stromlinienform aufweisende Fahrbetriebsmittel einsetzen, also LKW und Container in entsprechend stromlinienförmig gestaltete Waggons, die mit den Folgewaggons ohne Unterbrechung zusammenhängen verladen und/oder in kurzen Abständen Umleitvorrichtungen für die verdrängte Luft anbringen, die den Gesamtaufwand des Tunnelbaus wesentlich erhöhen würden.

Eine Möglichkeit wäre hier statt des Geländers 29 in Fig. 5 eine durchgehende Wand anzubringen und den dadurch segmentförmig abgeteilten Außenbereich der Tunnelröhre über abstandsweise angebrachte Löcher zur Aufnahme der vor dem Fahrbetriebsmittel verdrängten Luft und zu deren Rückleitung zur Rückseite des Fahrbetriebsmittels zu verwenden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen langer Tunnels in Tübbingbauweise, gekennzeichnet durch die Kombination der zum Teil für sich bekannten Mittel und Verfahrensschritte, daß
 - der Ausbruch gebirgsschonend mit einer Tunnelbohrmaschine (1) mit nachgiebigem, sich gegebenenfalls von der Ausbruchsbrust weg verjüngendem, Schildmantel (4) vorgenommen wird,
 - kontinuierlich entsprechend dem Ausbruchsfortschritt im Schutze des Schildschwanzes der Ausbau mit einander zu Tübbingringen (15) ergänzenden, in ihrer Grundform trapezoidförmigen Tübbingsteinen (9 - 14) vorgenommen wird, so daß
 - die bei und nach dem Ausbruch des Gebirges bis zum Erreichen eines neuen Gleichgewichtszustandes auftretenden Verformungen zum Teil vom Schildmantel (4) und zu einem anderen Teil von in Umfangsrichtung nachgiebig ausgebildeten Elementen der Tübbingringe, nämlich nachgiebigen in die Tübbingsteine integrierten Längsfugenzonen oder die Steine zum Ring verbindenden Zwischenstücken (17) aufgenommen werden,
 - daß im Bedarfsfall für die Aufnahme von Langzeitverformungen des Gebirges und zur gleichmäßigen Druckverteilung auf die Tübbingringe eine Hinterfüllung des Ringspalt zwischen Ausbruch und aus den Tübbingringen gebildeter Tunnelröhre mit einer im beschränkter Maße kompressiblen oder thixotropen, gegebenenfalls über Auslässe im Schildschwanz oder den Tübbingsteinen auspreßbarem Material (22) vorgenommen wird und
 - daß die aus den Tübbingringen (15) gebildete Tunnelröhre zumindest im Bereich wasser- oder gasführender Zonen des Gebirges von einer im Schutze des Schildschwanzes vor dem Einbau der Tübbingsteine angebrachten Dichtungsmembran umhüllt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schildschwanz (4) mit Gleitdichtungen (18, 19) gegen den Ausbruch (2) und den jeweils vordersten vollständig zusammengesetzten Tübbingring (9) bzw. die zwischenliegende Membran (6) abgedichtet und das Hinterfüllmaterial (22) in den Ringspalt jeweils bis zu diesen Dichtungen eingepreßt wird, so daß der Gebirgsdruck beim Vorschub kontinuierlich vom Schildschwanz auf das Hinterfüllmaterial und damit die Tübbingringe übergeht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Endausbau des Tunnels mit Gleisanlage (24) und vornehmlich elektrischen Fahrbetriebsmitteln (33) für Schienenfahrzeuge (26, 28) entsprechend dem Vortriebsfortschritt jeweils bis in die unmittelbare Nähe der Tunnelbohrmaschine (1) vorgenommen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, daß Baubetrieb und Trassenführung des Tunnels nur näherungsweise vorausbestimmt, beim Vortrieb das vor der Tunnelbohrmaschine (1) befindliche Gebirge fortlaufend überprüft und Vortrieb sowie Endtrasse nach den Ergebnissen dieser Überprüfungen unter allfälliger Umgehung gefährlicher oder problematischer Gebirgszonen bestimmt wird.

- 5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Vortrieb unter Einsatz der Sensorik über elektronische Steuereinrichtungen weitgehend automatisiert überwacht und gesteuert wird und daß auch der Einbau zumindest der Tübbingsteine (9 - 14) und deren Zusammensetzung zu den Tübbingringen und zur Tunnelröhre über Roboter vorgenommen wird, wobei eine übergeordnete Steuereinheit auch den Materialzu- und -abtransport durch die schon bestehende Tunnelröhre koordiniert.
- 10
7. Nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 5 hergestellter Tunnelausbau in Tübbingbauweise, dadurch gekennzeichnet, daß, einander in gerader Anzahl zu je einem Tübbingring (15) ergänzende, untereinander zumindest ähnliche in der Grundform trapezoidförmige Tübbingsteine (9 - 14) als Fertigteile vorgesehen sind, die an den nach Einbau die Ringfuge bestimmenden Stirnseiten über dübelartige, eine beschränkte Übertragung von Scherkräften zulassende Steckverbindungen und entlang der schrägen Längsfugen über aus durchlaufenden Längsnuten (16) der schrägen Längsseiten und eingelegten Federn (17) bestehende Nut-Federverbindungen zusammengehalten sind, wobei die Federn (17) in unbelastetem Zustand die Steine (9 - 14) unter Längsfugenbildung auf Distanz halten und unter dem Gebirgsdruck unter Verringerung der Fugenbreite zusammendrückbar ausgebildet sind.
- 15
8. Tunnelausbau nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Federn (17) einen runden, z. B. rohrförmigen Querschnitt und die Nuten (16) in den Längsseiten der Tübbingsteine (9 - 14) eine angepaßte Profilform aufweisen.
- 20
9. Tunnelausbau nach den Ansprüchen 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die die Sohlsteine (14) der einzelnen, Tübbingringe (15) bildenden Tübbingsteine (9 - 14) innenseitig mit Verankerungen oder Abstützungen für die Schienen (24) einer Gleisanlage versehen sind.
- 25
10. Tunnelausbau nach einem der Ansprüche 6 - 8, dadurch gekennzeichnet, daß als fahrbetriebmittel für den Tunnel (23) Schienenfahrzeuge (26, 28) und ein Linearmotorantrieb (33, 34) vorgesehen sind, wobei die Wicklungsabschnitte (33) des Linearmotors entlang der Strecke, vorzugsweise zwischen den Schienen (24) des Geleises, ortsfest angeordnet und mit den Schienenfahrzeugen (26) zugeordnete Dauermagneteinheiten (34) gekuppelt sind.
- 30
11. Tunnelausbau nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die einem Schienenfahrzeug bzw. einer Zugeinheit zugeordneten Dauermagneteinheiten (34) zur Einhaltung im wesentlichen konstanter Luftspalte mit Wägelchen (37) auf eigenen den Wicklungen (33) des Linearmotors zugeordneten Laufbahnen (35, 36) abgestützt und geführt sind und über ein Querspiel zulassende Mitnehmerkupplungen (40) mit dem zugeordneten Schienenfahrzeug od. dgl. (26) verbunden sind.
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

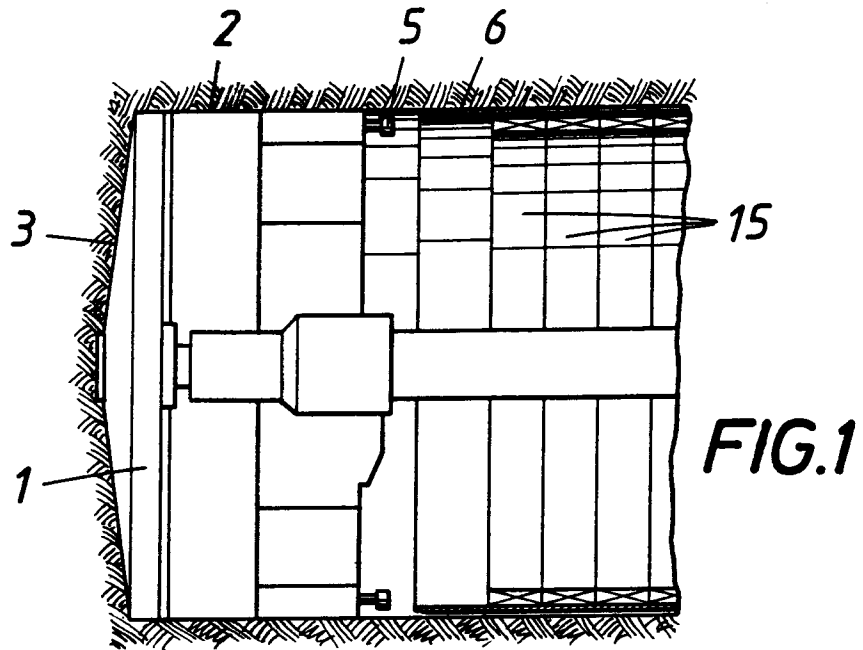


FIG. 2

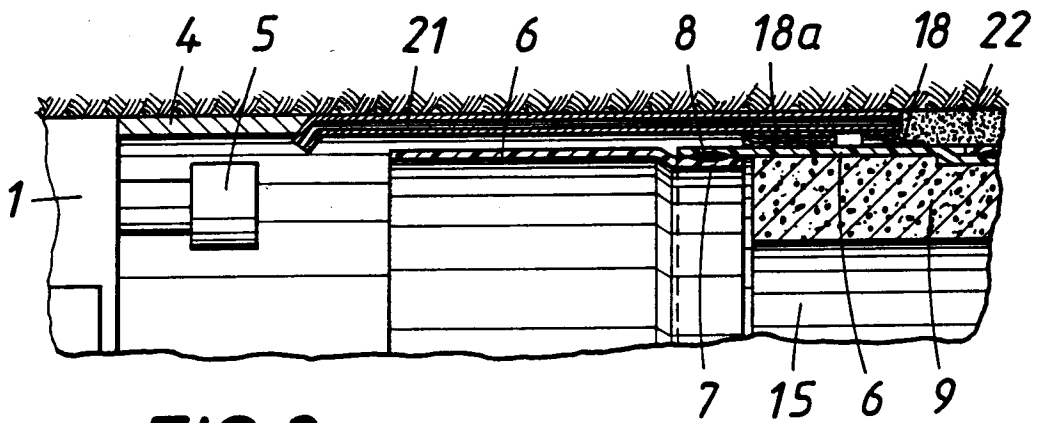


FIG. 3

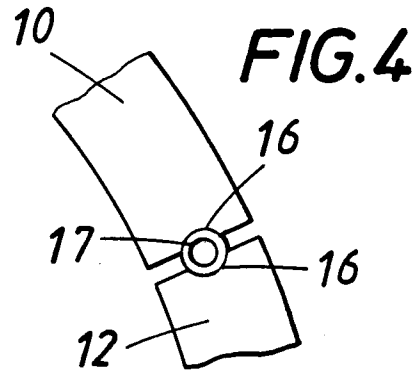
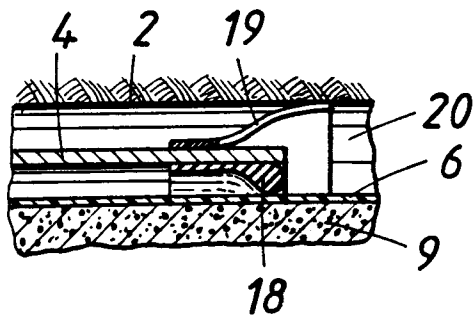


FIG. 4

FIG. 5

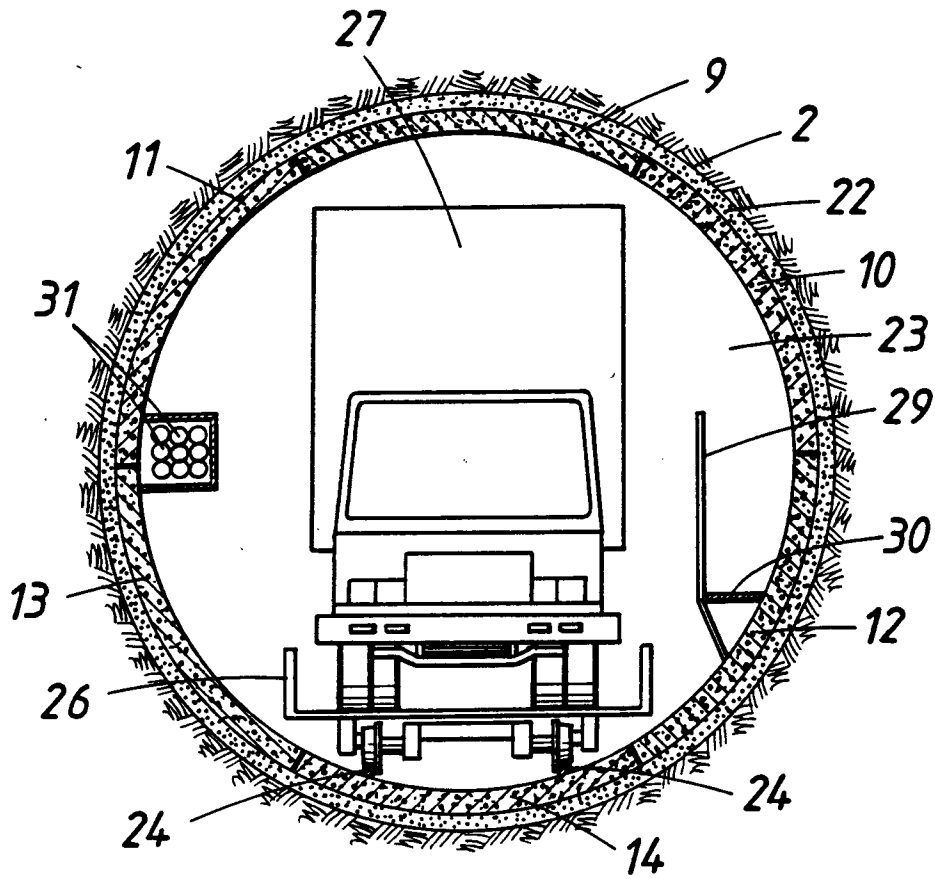


FIG. 6

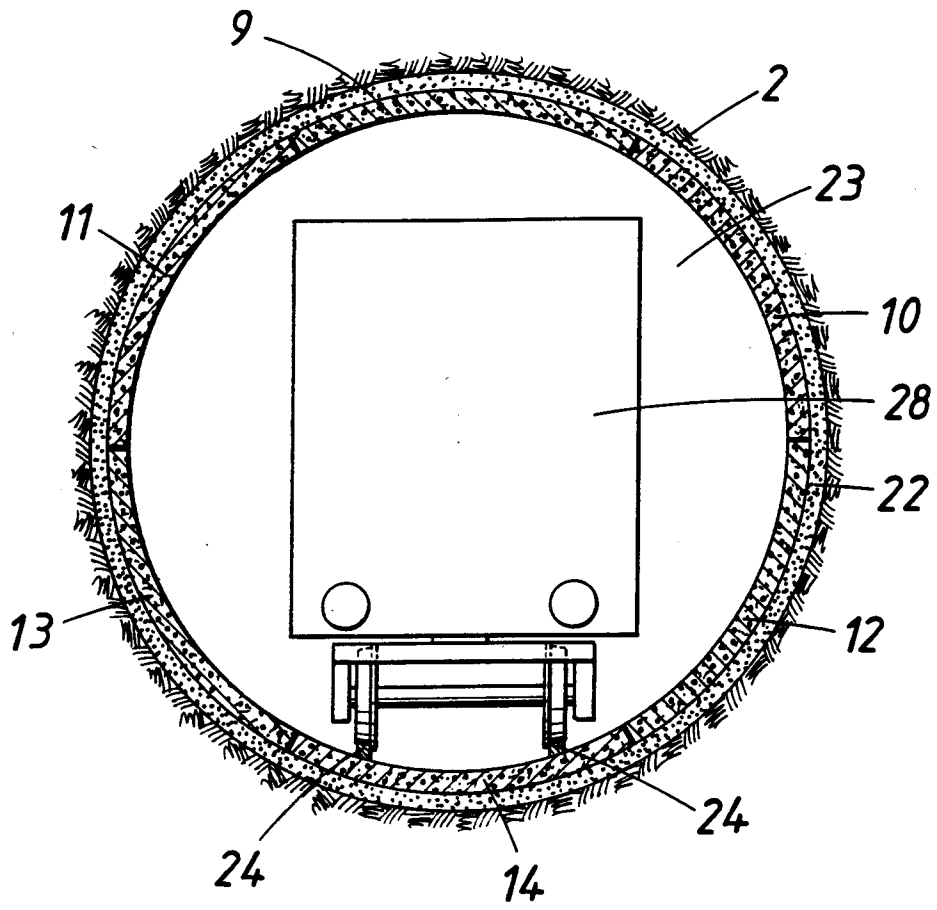


FIG.7

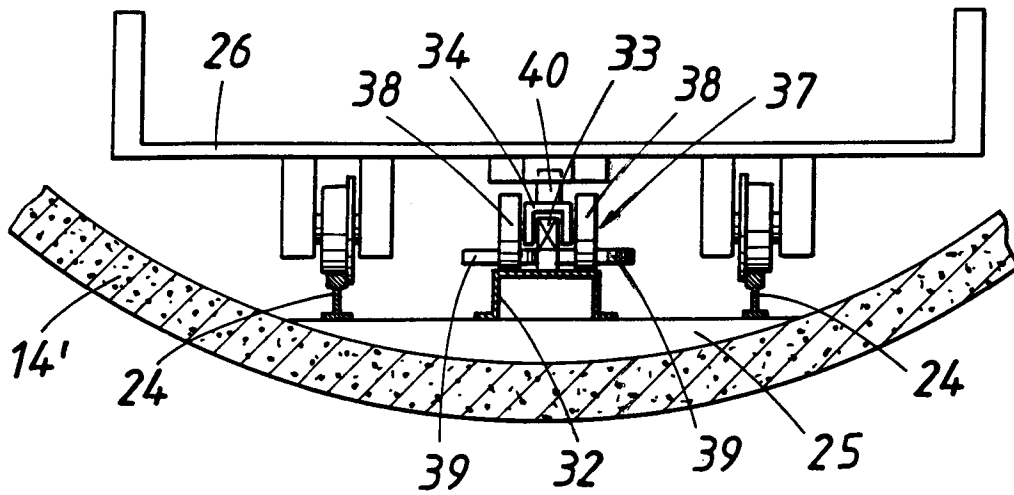
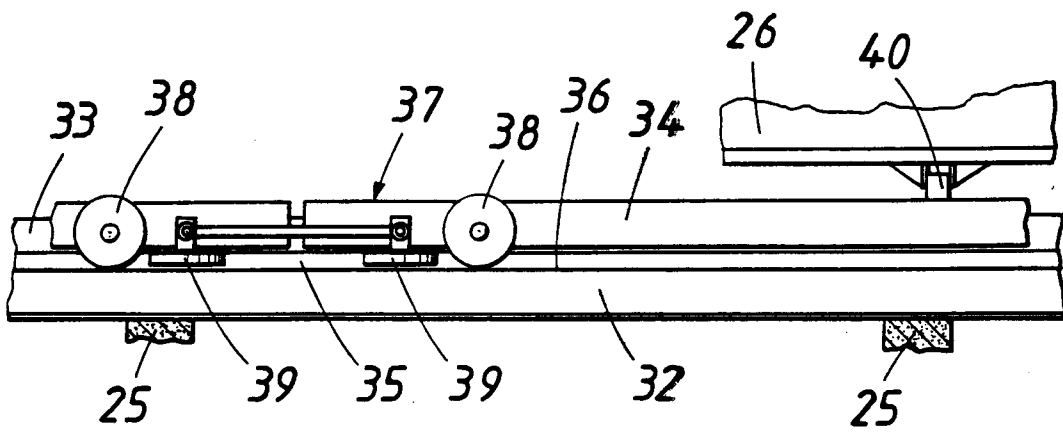


FIG.8





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 93 89 0020

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	EP-A-0 097 113 (WAYSS & FREYTAG AKTIENGESELLSCHAFT) * Ansprüche *	1	E21D9/06 E21D11/08
A	AT-B-393 871 (INGENIEURE MAYREDER, KRAUS & CO. BAU-HOLDING GESELLSCHAFT M.B.H.) * Seite 3, Zeile 25 - Zeile 51; Abbildung 1 *	1,6	
A,D	AT-B-389 149 (INGENIEURE MAYREDER, KRAUS & CO. BAUGESELLSCHAFT M.B.H.) * Anspruch 1; Abbildungen *	6,7	
A	DE-B-1 238 945 (PHILIPP HOLZMANN AKTIENGESELLSCHAFT) * Ansprüche; Abbildungen *	1	
A	GB-A-2 146 371 (DYCKERHOFF & WIDMANN AG) * Ansprüche 1,19-22; Abbildung 3 *	1,2	
A	CH-A-545 888 (CELMAC AG) * Spalte 1, Zeile 50 - Spalte 2, Zeile 5; Abbildung 1 *	6,7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
A	DE-A-2 101 092 (LÜTGENDORF) * Ansprüche 1,2; Abbildung 3 *	6	E21D

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 17 MAI 1993	Prüfer RAMPELMANN J.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 01.82 (P0403)