

(19)



(11)

**EP 3 521 557 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**07.08.2019 Patentblatt 2019/32**

(51) Int Cl.:  
**E21D 11/10** <sup>(2006.01)</sup> **E21D 11/15** <sup>(2006.01)</sup>  
**E21D 11/18** <sup>(2006.01)</sup> **E21F 1/00** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **19154313.1**

(22) Anmeldetag: **29.01.2019**

(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**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(30) Priorität: **31.01.2018 EP 18154521**

(71) Anmelder: **ICW Ingenieur Consult Würzburg Peter Hofstetter**  
**97209 Veitshöchheim (DE)**

(72) Erfinder: **Hofstetter, Peter**  
**97209 Veitshöchheim (DE)**

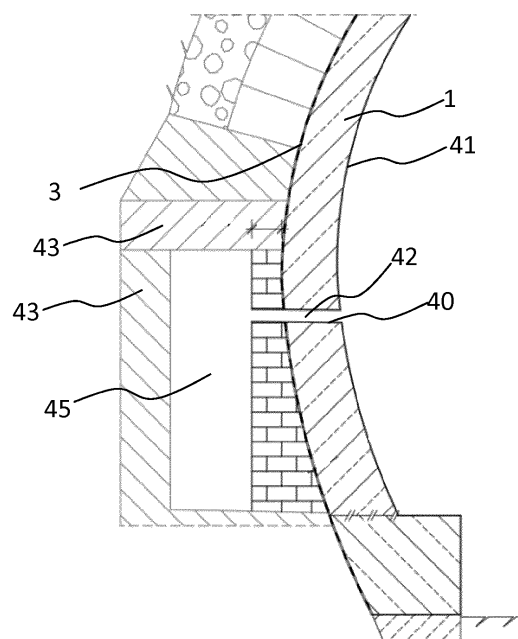
(74) Vertreter: **Caspary, Karsten et al**  
**Kroher-Strobel**  
**Rechts- und Patentanwälte PartmbB**  
**Bavariaring 20**  
**80336 München (DE)**

### (54) MULTIFUNKTIONSRAHMEN FÜR RÖHRENARTIGE BAUWERKE

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Rahmenkonstruktion (1) für den Ausbau der Innenschale eines röhrenartigen Bauwerks wie Tunnel, Unterführungen oder Gewölbebrücken bzw. -durchlässe mit einer Mehrzahl von Rahmenelementen (2), die die einen nicht geschlossenen Rahmenbogen bilden und aufweisen: einen Stahlträgerbogen (9) mit einer Innenseite und einer Außenseite, eine Bewehrungslage (15, 17) auf der Innenseite und/oder der Außenseite des Stahlträgerbogens (9), die an dem Stahlträgerbogen (9) mittels Halteelementen (14) angebracht ist, eine abnehmbare Scha-

lungslage (23) in einem vorbestimmten Abstand zur Innenseite des Stahlträgerbogens (9), erste Abstandhalter (19) auf der Außenseite des Stahlträgerbogens (9) zur Abstützung an der Außenwandung (3) oder der Wand des röhrenartigen Bauwerks und zweite Abstandhalter (21) auf der Innenseite des Stahlträgerbogens (9) zur Fixierung der Schalungslage (23), wobei die Rahmenkonstruktion (1) dazu eingerichtet ist, abschnittsweise mit Beton (27) aufgefüllt zu werden und dabei den hydrostatischen Druck des Betons aufzunehmen.

Fig. 8



EP 3 521 557 A1

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Rahmenaufbau beim Bau oder bei der Sanierung von röhrenartigen Bauwerken wie Tunnel, Unterführungen oder Gewölbebrücken bzw. Gewölbedurchlässe, insbesondere einen Multifunktionsrahmen für den Ausbau der Innenschale eines röhrenartigen Bauwerks, und ein Verfahren zur Durchführung des Ausbaus der Innenschale eines röhrenartigen Bauwerks bei der Sanierung oder auch beim Neubau von Tunneln, Unterführungen oder Gewölbedurchlässen.

**[0002]** Befahrbare Tunnelröhren oder Unterführungen, insbesondere solche mit Gleisbett und zwei oder mehr Gleisen, aber auch mit Straßenbelag versehene Tunnelröhren oder Unterführungen müssen nach einer bestimmten Betriebszeit saniert werden, was nicht nur die eigentliche Fahrbahn bzw. die Gleise betrifft, sondern vor allen Dingen die Wand. Hier kommt es üblicherweise zu Verschleiß durch Korrosion und auch zu Ausbrüchen, was eine Gefahr für die die Röhre passierenden Menschen und Maschinen darstellt.

**[0003]** Aus verkehrstechnischen Gründen können bei der Sanierung von manchen Tunnelröhren lediglich während der Betriebsruhe oder der verkehrsarmen Zeitabschnitte die Tunnelwandung gesäubert, abgebohrt, verfestigt oder herausgebrochene Abschnitte der Tunnelwandung mit Material verputzt und Dichtungsmaterial abgedichtet werden. Es gibt ebenfalls Fälle, bei denen nach entsprechender Vorbereitung und Abdichtung der Tunnelwandung oder der Gebirgswand an dieser eine neue Innenschale anbetoniert wird. Dabei werden die benötigten Maschinen und Baumaterialien vor Ort geparkt, nach Abschluss oder bei Unterbrechung der Arbeiten aus der Tunnelröhre herausgebracht und an geeigneten Plätzen gelagert, um anschließend für den nächsten Arbeitszeitabschnitt wieder in die Tunnelröhre hineingebracht zu werden. Dies erfordert einen hohen logistischen Aufwand und damit Kosten.

**[0004]** Ebenso müssen bei Sanierungen von Unterführungen oder Gewölbebrücken bzw. Gewölbedurchlässen, über denen auch Fahrbahnen oder Gleise führen, diese Strecken üblicherweise während der Sanierungsarbeiten an den Röhren und Durchlässen auch gesperrt werden.

**[0005]** Ein weiterer zu berücksichtigender Aspekt bei Sanierungen von Tunnelröhren, Unterführungen, Gewölbebrücken und dergleichen ist der Natur- und Landschaftsschutz, denn oft werden derartige Bauwerke von Tieren als Nist- und Schutzraum verwendet, dienen also als Biotop. Beispielsweise sind in vielen älteren Tunnelröhren spezielle Nischen für Fledermäuse vorhanden. Die gesetzlichen Vorgaben hinsichtlich des Schutzes derartiger Lebensräume sind streng, d. h. für Tunnelröhren z. B., dass die Nist- und Schutzräume für Fledermäuse erhalten bleiben müssen. Herkömmliche Sanierungsverfahren und -systeme können diesen Anforderungen nicht oder nur partiell Rechnung tragen, und wenn, dann

nur mit erheblich erhöhtem Aufwand.

**[0006]** Bei bekannten Verfahren des Tunnelneubaus wie z. B. der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise (NÖT) wird unmittelbar nach Ausbruch zur Sicherung des Gebirges eine Außenschale aus Spritzbeton aufgebracht und gegebenenfalls zusätzlich gesichert. Diese Außenschalen bei Tunnelneubauten werden wie entsprechend verputzte alte Tunnelaußenwände abgedichtet, und anschließend wird eine Innenschale aus Ort beton als dauerhafter Ausbau des Tunnels eingebracht. Die Dicke der Schale beträgt üblicherweise etwa 30 cm bis 70 cm, kann aber auch größer sein. Die Abschnitte der Innenschale werden meist in Längen von etwa 8 m bis etwa 25 m betoniert und sind in der Regel bewehrt.

**[0007]** Außen- und Innenschale eines Tunnelgebäudes oder einer Unterführung sind üblicherweise mittels einer Dichtungsfolie gegeneinander abgedichtet, die die Innenschale und auch den Innenraum vor aggressivem (Berg-) Wasser schützt. Damit die Dichtungsfolie bzw. die Kunststoffdichtbahn (KDB) nicht beschädigt wird, darf die Bewehrung der Innenschale nicht unmittelbar an der Außenschale der Röhre fixiert werden. Dies macht selbsttragende Bewehrungsrahmen erforderlich, bestehend aus Tragbögen mit dazwischen angeordneten Bewehrungslagen, die häufig als Doppellage ausgeführt sind.

**[0008]** Derartige Bewehrungsrahmen sind beispielsweise in der DE 20 2017 105 802 U1, der AT 362 739 B, oder der DE 39 27 446 C1 beschrieben. Nachteilig an diesen Konstruktionen ist jedoch, dass zur Betonauf- bzw. -hinterfüllung des Bewehrungsrahmens Schalwagen eingesetzt werden, was sehr aufwändig, kostenintensiv und daher nur mit vollständiger Streckensperrung möglich ist.

**[0009]** Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Rahmenkonstruktion und ein Verfahren für den Ausbau der Innenschale eines röhrenartigen Bauwerks bereit zu stellen, die bzw. das im Wesentlichen die oben genannten Nachteile des Standes der Technik überwindet, preisgünstig zu realisieren ist, einen unkomplizierten Aufbau aufweist, die gesetzlichen Vorgaben hinsichtlich Natur- und Landschaftsschutz erfüllt, eine selbsttragende Betoninnenschale und insbesondere eine abschnittsweise Betonierung ohne Schalwagen ermöglicht.

**[0010]** Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

**[0011]** Erfindungsgemäß bereitgestellt wird eine Rahmenkonstruktion für den Ausbau der Innenschale eines röhrenartigen Bauwerks wie Tunnel, Unterführungen oder Gewölbebrücken bzw. -durchlässe mit einer Mehrzahl von Rahmenelementen, die die einen nicht geschlossenen Rahmenbogen bilden und aufweisen: einen Stahlträgerbogen mit einer Innenseite und einer Außenseite, eine Bewehrungslage auf der Innenseite und/oder der Außenseite des Stahlträgerbogens, die an dem

Stahlträgerbogen mittels Halteelementen angebracht ist, eine abnehmbare Schalungslage in einem vorbestimmten Abstand zur Innenseite des Stahlträgerbogens, erste Abstandhalter auf der Außenseite des Stahlträgerbogens zur Abstützung an der Außenwandung oder der Wand des röhrenartigen Bauwerks und zweite Abstandhalter auf der Innenseite des Stahlträgerbogens zur Fixierung der Schalungslage, wobei die Rahmenkonstruktion dazu eingerichtet ist, abschnittsweise mit Beton aufgefüllt bzw. hinterfüllt zu werden und dabei den hydrostatischen Druck des Betons aufzunehmen. Diese Konstruktion ermöglicht einen abschnittweisen Ausbau eines röhrenartigen Bauwerks mit einer selbsttragenden, nicht geschlossenen Stahlbetoninnenschale, ohne die im Inneren oder darüber liegende Strecke allzu lange mit Sperrzeiten für den Verkehr zu belegen, weil durch die verkürzten Arbeitsabschnitte und Arbeitspakete beispielsweise keine Schalung mit Schwalgen notwendig ist. Abschnittsweise bedeutet sowohl vertikal als auch horizontal, wobei die bereits betonierten Abschnitte die Rahmenkonstruktion zusätzlich stabilisieren. Dabei trägt sich die nicht geschlossene Konstruktion mit der Bewehrung selbst und stützt sich in den Seitenwänden des röhrenartigen Bauwerks gegen die Wandung bzw. die Altchale und auf dem Boden ab. Auch eine bisher oft nötige aufwändige Verwendung von teurem Spritzbeton wird vermieden, insbesondere eine Wasseraufbereitung aufgrund von Rückprallrückständen des Spritzbetons. Darüber hinaus ist durch die Einstellmöglichkeiten eine flexible Positionierung der Rahmenelemente sowie auch der Bewehrung möglich, wodurch die geforderten Sicherheitsabstände problemlos eingehalten werden können.

**[0012]** Vorzugsweise weist jeder Stahlträgerbogen an seinen beiden Enden eine Fußplatte auf, die auf einem Fundament fixierbar ist. Damit ist die Rahmenkonstruktion optimal mit dem Untergrund des röhrenartigen Bauwerks verankerbar und bietet eine zentrale Lastabtragung. Bevorzugt ist die Fußplatte mit der Stirnseite des Stahlträgerbogens verschweißt. Das Fundament kann flexibel als Punktfundament ausgebildet sein oder alternativ als zumindest teilweise durchgehender Fundamentstreifen jeweils am Rande des röhrenartigen Bauwerks.

**[0013]** Mit besonderem Vorteil weist die Rahmenkonstruktion eine Mehrzahl von in Röhrenrichtung in Reihe hintereinander angeordneten Rahmenelementen auf. Dies trägt zur Modularität und damit beispielsweise zu einem abschnittweisen Vorgehen bei der Sanierung von Röhren oder Unterführungen bei. Durch die geeignete Auswahl der Länge der Rahmenelemente können besondere Bedingungen des Ausbruchs oder eines bestehenden Bauwerks wie Fugen und dergleichen berücksichtigt werden.

**[0014]** Bevorzugt ist ein Stahlträgerbogen als Doppel-T-Träger mit HEA oder HEB Profil ausgebildet. Derartige normierte Profilstähle sind für die meisten öffentlichen Ausschreibungen gefordert. Alternativ zu einem Doppel-

T-Profil sind auch andere Profilstähle denkbar, beispielsweise mit U-Profil oder T-Profil.

**[0015]** Insbesondere vorteilhaft ist es, wenn der Stahlträgerbogen mehrteilig und derart ausgebildet ist, dass mehrere Stahlträgerbogen in ihrer Längsrichtung miteinander verbindbar sind. Bei großen Röhrenquerschnitten können die Stahlträgerbogen außerhalb des Bauwerks vorbereitet, aufeinander gesetzt und beispielsweise mittels geeigneter Verbindungsplatten miteinander verschraubt werden. Dadurch erhöht sich die Flexibilität der Konstruktion, und die Kosten können gesenkt werden.

**[0016]** Mit weiterem Vorteil sind die Halteelemente derart ausgebildet, dass der Abstand zwischen der Bewehrungslage und dem Stahlträgerbogen einstellbar ist. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, die notwendige Mindestbetonabdeckung der Stahlbetonbauteile je nach Geometrie vor Ort durch entsprechende Einstellung zu gewährleisten. Besonders geeignet ist das Halteelement, das ein L-förmiges Profillech und ein gerades Halteblech mit Langloch und Gewindestange aufweist. Diese Konstruktion ist einfach, gut handhabbar sowie einstellbar und ausreichend stabil und kann mit Standardprofilen ausgeführt werden. Diese Abstandseinstellung kann auch nach Anbringen der Bewehrungslage(n) noch vorgenommen werden, was zusätzliche Flexibilität bringt.

**[0017]** Besonders bevorzugt weist die Bewehrungslage eine Mehrzahl von Bewehrungsstäben als Längs- und Querbewehrung auf. Die mittels der Halteelemente im Abstand genau eingestellte Bewehrungslage besteht im Wesentlichen aus handelsüblichen Bewehrungsstahlstäben, die den einschlägigen Normen genügen. Die Befestigung der Bewehrungsstahlstäbe erfolgt durch Verrödelung der Stäbe, also durch Zusammenbinden mittels Rödeldraht, so dass ein engmaschiges Netz und damit Tragwerk aus Bewehrungsstahlstäben entsteht. Denkbar ist auch der Einsatz von vorgefertigten Bewehrungsmatten, die entsprechend mittels der Halteelemente an den Stahlträgerbogen fixiert werden.

**[0018]** Mit weiterem Vorteil weisen die ersten Abstandhalter eine Lastverteilungsplatte auf, die insbesondere wandseitig angebracht ist. Da die Lasten an der abgedichteten Wandung erheblich sein können und eine Beschädigung der Dichtungsfolie unbedingt vermieden werden muss, werden solche Lastverteilungsplatten verwendet, die beispielsweise ein quadratische (z. B. 25 cm x 25 cm) oder eine Kreisform aufweisen können, um die quasi punktförmige Last der ersten Abstandhalter in die Fläche zu verteilen. Die Abstandhalter können Gewinde aufweisen, womit der Abstand zwischen abgedichteter Wandung und Stahlträgerbogen exakt einstellbar ist. Alternative sind auch andere Abstandsmechanismen wie z. B. mittels Querstäben in Umfangslöchern möglich.

**[0019]** Bevorzugt weist die Rahmenkonstruktion quer zur Röhrenrichtung mindestens ein Hohlkanalelement auf, das sich von der Innenseite der Rahmenkonstruktion bis in die Außenschale des Tunnelgebäudes erstreckt und den Innenraum des Tunnelgebäudes mit einem Hohlraum außerhalb der Rahmenkonstruktion verbindet.

**[0020]** Dabei ist das Hohlkanalelement mit Vorteil mit einer Dichtungsfolie auf der Außenschale des Tunnelgebäudes derart luft- und wasserdicht verbunden, dass ein Eintreten von Wasser von außen durch das Hohlkanalelement in den Innenraum des Tunnelgebäudes verhindert wird. Damit können Öffnungen in der Wand der Rahmenkonstruktion und dadurch des Tunnelgebäudes zu Räumen geschaffen werden, die für bisher darin lebende Tiere zugänglich bleiben. Den Anforderungen an den Natur- und Landschaftsschutz wird dadurch Rechnung getragen. Weder wird durch das Hohlkanalelement die Stabilität der Gesamtkonstruktion negativ beeinflusst noch das Herstellungsverfahren verzögert. Auch die extrem wichtige Dichtigkeit der Gesamtkonstruktion ist dadurch nicht negativ beeinflusst.

**[0021]** Weiterhin erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Durchführung des Ausbaus der Innenschale eines röhrenartigen Bauwerks mit den folgenden Schritten: a) Fixieren einer Mehrzahl von Stahlträgerbogen auf dafür eingerichteten Fundamenten, b) Einstellen des Abstands zwischen Stahlträgerbogen und Dichtungsfolie mittels Abstandhalter, c) Anbringen einer Bewehrungslage auf der Innenseite und/oder auf der Außenseite der Stahlträgerbogen mittels Halteelementen in einem einstellbaren Abstand, d) Anbringen einer ersten Schalungslage einer ersten Schalungshöhe auf der Innenseite der Stahlträgerbogen mittels Abstandhaltern jeweils beginnend am Fußpunkt der Stahlträgerbogen auf beiden Seiten des röhrenartigen Bauwerks, e) Betonieren einer ersten Betonschicht entsprechend der ersten Schalungshöhe der ersten Schalungslage, f) Anbringen einer nächsthöheren Schalungslage einer vorbestimmten Schalungshöhe auf der Innenseite der Stahlträgerbogen mittels Abstandhaltern beginnend jeweils am freien Ende der unteren Schalungslagen, g) Betonieren einer nächsthöheren Betonschicht jeweils entsprechend der vorbestimmten Schalungshöhe der nächsthöheren Schalungslagen, h) Wiederholen der Schritte f) und g), bis die Betonschichten auf beiden Seiten aneinander stoßen, so dass sich eine geschlossene Innenschale im Bauwerk ergibt. Dieses Verfahren ermöglicht eine auch vertikal abschnittsweise Installation einer sehr stabilen, selbsttragenden Innenschale in einem röhrenartigen Bauwerk wie einem Tunnel, einer Unterführung oder einer Gewölbebrücke, so dass der Streckenbetrieb in der Röhre und bzw. oder auch darüber nicht für eine längere Zeit unterbrochen werden muss. Dadurch wird unter anderem die teure und zeitaufwändige Verwendung eines Schalwagens vermieden, der einen erheblich größeren Ausbruchquerschnitt der Röhre erfordert. Darüber hinaus führt die Verwendung eines Schalwagens beim Ausschalieren durch das in der Norm tolerierte "Nachsacken" der betonierten Schale zu Ungenauigkeiten in der fertigen Schale. Weiterhin ermöglicht das Verfahren eine sehr exakte, auch nachträglich noch veränderbare Positionierung der Bewehrungslagen, so dass die notwendige Mindestbetondeckung eingehalten werden kann. Durch die Selbsttragung ist eine zusätzliche Unterstützung im Firstbereich

nicht erforderlich.

**[0022]** Mit besonderem Vorteil wird in Schritt b) der Abstand der Bewehrungslage(n) mit Hilfe der Halteelemente eingestellt. Dadurch wird eine Flexibilität gegeben, die möglicherweise vorhandene große Toleranzen ausgleichen kann, um beispielsweise die Mindestbetondeckung der verbauten Stahlbetonbauteile von ca. 5 cm zu gewährleisten. Auch nach dem Anbringen der inneren oder äußeren Bewehrungslage ist eine Einstellung des Abstands noch möglich.

**[0023]** Das Verfahren weist des Weiteren bevorzugt den Schritt des Entfernens der Schalungslagen auf. Die Schalung eines bereits betonierten Abschnitts, ob vertikal oder horizontal, kann nach Trocknung bzw. Fixierung des Betons zeitnah entfernt, gesäubert, gegebenenfalls geschmiert und danach wieder für den nächsten Abschnitt verwendet werden. Das spart zusätzliches Baumaterial, was bei kurzen Arbeitszeitabschnitten beispielsweise bei der Sanierung von Bahntunnels ohne Vollsperrung auch eine Zeitersparnis mit sich bringt.

**[0024]** Weiterhin vorteilhaft ist es, dass die Schritte e) und g) mit Ortbeton ausgeführt werden. Das aufwändige Verwenden von Spritzbeton, der teurer und weniger haltbar als Ortbeton ist, kann dadurch vermieden werden. Denn beim Aufbringen des Spritzbetons trifft regelmäßig ein Teil des Betonmaterials durch Rückprall auf den Boden oder in die Umgebung, die deshalb einer besonderen, kostenintensiven Aufbereitung unterzogen werden müssen.

**[0025]** Weitere Vorteile der Erfindungen ergeben sich aus den nachfolgenden Zeichnungen, die eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen. Es zeigen:

- Fig. 1 einen Schnitt durch ein röhrenartiges Bauwerk, in dem eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Rahmenkonstruktion installiert ist;
- Fig. 2 einen Ausschnitt aus Fig. 1, der den Aufbau der erfindungsgemäßen Rahmenkonstruktion zur Bauwerkswand hin veranschaulicht;
- Fig. 3 einen Ausschnitt aus Fig. 1, der ein Detail der erfindungsgemäßen Rahmenkonstruktion nach innen darstellt;
- Fig. 4 ein Detail der Rahmenkonstruktion aus Fig. 1, das die Verbindung von zwei Stahlträgerbogen genauer darstellt;
- Fig. 5 ein Detail aus Fig. 1, das die Verbindung der erfindungsgemäßen Rahmenkonstruktion zum Boden hin darstellt;
- Fig. 6 eine Querschnittsansicht der erfindungsgemäßen Rahmenkonstruktion aus Fig. 1 im Detail eines Bogens darstellt;

- Fig. 7 einen Ausschnitt von Elementen aus Fig. 6, die die Befestigung der Bewehrungslagen am Stahlträgerbogen näher darstellen;
- Fig. 8 ein Detail einer Querschnittsansicht der erfindungsgemäßen Rahmenkonstruktion gemäß einer weiteren Ausführungsform zeigt; und
- Fig. 9 eine Ansicht auf das Detail aus Fig. 8 von der Außenseite des Tunnelgebäudes zeigt.

**[0026]** Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch ein Tunnelgebäude, in dem eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Rahmenkonstruktion 1 installiert ist. In dem hier vorgestellten Fall ist ein Tunnelgebäude eines zu sanierenden Bahntunnels dargestellt, in dem die Rahmenkonstruktion 1, die aus mehreren Rahmenelementen 2 besteht, die in Längsrichtung des Tunnelgebäudes angeordnet sind, die Basis für eine Betoninnenschale bildet, die auf der Innenseite einer bereits existierenden Außenschale 3 eines Altunnels angebracht ist. Der Boden des Tunnelgebäudes umfasst ein Gleisbett 5, auf dem im Wesentlichen in der Mitte zwei Gleise 7 angeordnet sind, sodass ein eingleisiger Zugbetrieb in diesem Bahntunnel möglich ist. Es ist anzumerken, dass die vorliegende Erfindung sich jedoch auch auf mehrgleisige Bahntunnel oder auch auf Tunnelgebäude beziehen kann, die Fahrbahnen für Lastkraftwagen oder Personenkraftwagen aufweisen. In gleicher Weise kann die Erfindung auch in Bahn-, Straßen- oder anderen Unterführungen sowie in Einhausungen, Gewölbebrücken oder -durchlässen, die gemauert oder betoniert sind, verwendet werden. Darunter fallen auch röhrenartige Bauwerke, durch die eine Wasserstraße führt oder ein Gewässer fließt.

**[0027]** Das Rahmenelement 2 selbst umfasst als Bauselement einen Stahlträgerbogen 9, der in der dargestellten Ausführungsform als Doppel-T-Träger aus einem HEB S355 Stahlprofil gebildet ist. Der Stahlträgerbogen 9 ist jeweils an seinen Enden mit einer angeschweißten Fußplatte 11 versehen, die auf einem Fundament 13 befestigt ist. Das Fundament 13 kann in Längsrichtung des röhrenartigen Bauwerks durchgehend vorhanden sein, es ist jedoch auch möglich, dass die Fundamente 13 nur teil- oder abschnittsweise als Punktfundamente innerhalb des röhrenartigen Bauwerks vorgesehen sind, nämlich dort, wo die Stahlträgerbogen 9 auf den Boden des röhrenartigen Bauwerks treffen. In jedem Fall muss eine ausreichende Verankerung im Boden durch das Fundament gewährleistet sein.

**[0028]** Die Stahlträgerbogen 9A weisen an ihrer Innenseite und auch an ihrer Außenseite, jedoch nicht direkt an ihren Flanschen, jeweils eine Bewehrungslage 15, 17 auf, die mittels Halteelementen an den Stahlträgerbogen 9 fixiert sind. Details hierzu sind in der vorliegenden Beschreibung bezüglich der nachfolgenden Figuren beschrieben.

**[0029]** Da die Außenschale 3 des röhrenartigen Bau-

werks mit einer Dichtungsfolie 4, d. h. einer Kunststoffdichtbahn, zum Zwecke der Abdichtung des Röhreninneren vor dem Eindringen von (Berg-) Wasser wasserdicht abgeschlossen ist, darf die Rahmenkonstruktion 1 mit der Außenschale 3 nicht derart verbunden sein, dass die Dichtungsschicht unterbrochen oder beschädigt wird. Deshalb sind die Stahlträgerbogen 9 über erste Abstandhalter mit der Innenfläche der Dichtungsfolie 4 verbunden, wobei die ersten Abstandhalter 19 mit Lastverteilungsplatten 20 versehen sind, wie unter Bezugnahme auf Fig. 2 ausführlich weiter unten beschrieben ist. Die Lastverteilungsplatten 20 werden nicht auf der Dichtungsfolie 4 fixiert, sondern nach Positionierung der Stahlträgerbogen 9 gegen die Dichtungsfolie 4 gepresst. In der bevorzugten Ausführungsform sind die ersten Abstandhalter 19 dazu mit entsprechenden Gewinden versehen. Darüber hinaus können so Toleranzen im Zwischenraum zwischen der Außenschale 3 des Bauwerks und den Stahlträgerbogen 9 auf einfache Weise ausgeglichen werden können. Das Material der ersten Abstandhalter 19 und der Lastverteilungsplatten 20 sowie deren Abmessungen sind derart ausgewählt, dass die Abstützkräfte der Rahmenkonstruktion 1 auf die Dichtungsfolie 4 die für die Folie zulässigen Lasten einhalten. Darüber hinaus gilt für das Material, dass bevorzugt Kunststoff, kunststoffummantelte Stahlstifte oder auch Edelstahlgewindestangen verwendet werden, um eine mögliche Korrosion nahe an der Außenschale 3 des röhrenartigen Bauwerks zu verhindern.

**[0030]** Auf der Innenseite des Stahlträgerbogens 9 ist über zweite Abstandhalter 21 eine Schalungslage 23 angebracht, die mehrere Schalungselemente 24 umfasst. Um eine Selbsttragung der Rahmenkonstruktion 1 zu ermöglichen, wird die Schalungslage 23 in verschiedene Schalungselemente unterschiedlicher Höhe aufgeteilt, sodass eine abschnittsweise Betonierung, d. h. eine Hinterfüllung der entsprechenden Schalungselemente mit Beton, ermöglicht wird. Eine ausführliche Beschreibung des Verfahrens ist weiter unten in dieser Beschreibung angegeben.

**[0031]** Die Stahlträgerbogen 9 sind üblicherweise derart dimensioniert, dass sie in ihrer Längserstreckung nicht den gesamten Röhren- oder Tunnelbogen abdecken, sondern in zwei oder drei Teilsegmente aufgeteilt sind. Diese Teilsegmente können über ein oder mehrere Verbindungselement(e) 25 miteinander verbunden werden, das auf mindestens einer Seite des Stegs angebracht wird, wie in Fig. 1 im Firstbereich des röhrenartigen Bauwerks dargestellt.

**[0032]** Die Hinterfüllung der Rahmenkonstruktion 1 mit Stahlbeton erfolgt in der dargestellten Ausführungsform bevorzugt abschnittsweise derart, dass zunächst eine erste, untere Schalungslage 23, d. h. bis zu einer Höhe eines ersten Schalungselements 24 verschalt wird und anschließend Ortbeton hinter die Schalung gegossen wird, sodass der vollständige Längenabschnitt der Rahmenkonstruktion 1 bis zur Höhe des ersten Schalungselements 24 mit Ortbeton hinterfüllt wird, wobei sich die

Betonmasse in sämtliche Zwischenräume um die Stahlträgerbogen 9, die inneren und äußeren Bewehrungslagen 15, 17 sowie um die ersten und zweiten Abstandhalter 19, 21 sowie die Halteelemente 14 herum bewegt und aufgrund der Verdichtung im Wesentlichen keine Lufteinschlüsse oder andere Leerräume zwischen der Außenschale 3 und der Schalungslage 23 vorhanden sind.

**[0033]** Fig. 2 zeigt ein Detail der Darstellung aus Fig. 1, wobei insbesondere der Übergangsbereich zwischen der Außenschale 3 des röhrenartigen Bauwerks zur Rahmenkonstruktion 1 ausführlich gezeigt ist. Man erkennt auf der Innenseite der Außenschale 3 eine Dichtungsfolie 4, die in Fig. 2 strichpunktiert dargestellt ist. Die Dichtungsfolie 4 ist durchgängig etwa 2 mm dick und robust, sodass von außen kein (Berg-) Wasser in das Innere des röhrenartigen Bauwerks eindringen kann. Zwischen der Dichtungsfolie 4 und der Außenschale 3 können Gewebematten, Geotextil oder ähnliche Materialien angeordnet sein, um die Dichtungsfolie 4 vor Beschädigungen zu schützen und um für eine möglichst gleichmäßige Kraftverteilung zu sorgen. Auf der Dichtungsfolie 4 sind nach innen die Lastverteilungsplatten 20 angebracht, die in der bevorzugten Ausführungsform aus Kunststoff mit einer Größe von etwa 25 cm x 25 cm ausgebildet und mit der Dichtungsfolie 4 verklebt sind und in der Mitte einen Gewindeabschnitt aufweisen, in den ein erster Abstandhalter 19 eingreifen kann, der ebenfalls mit einem Gewinde versehen ist. Der erste Abstandhalter 19 sowie die Lastverteilungsplatte 20 können aus Kunststoff ausgebildet sein, um das Korrosionsrisiko der Stahlbetonelemente zu minimieren. Auf der Innenseite ist der erste Abstandhalter 19 mit dem äußeren Flansch des Stahlträgerbogens 9 verschraubt. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, je nach Ausbildung des Zwischenraums Toleranzen im Abstand zwischen der Außenschale 3 und den Stahlträgerbogen 9 auszugleichen.

**[0034]** In Fig. 2 ebenfalls sichtbar ist die äußere Bewehrungslage 17, die in Bogenrichtung angeordnete Bewehrungsstäbe sowie senkrecht dazu angeordnete Bewehrungsstäbe aufweist. Die Befestigung der äußeren Bewehrungslage 17 erfolgt durch Verrödelung mittels Draht an den Bewehrungsbogen 16, die in Fig. 2 unmittelbar angrenzend an den äußeren Flansch des Stahlträgerbogens 9 dargestellt sind und deren Befestigung ausführlich unter Bezugnahme auf die Fig. 3 beschrieben wird.

**[0035]** Fig. 3 zeigt ein Detail der erfindungsgemäßen Rahmenkonstruktion 1 in der bevorzugten Ausführungsform. Besonderes Augenmerk wird bei der Beschreibung der Fig. 3 auf die innere Lage der Rahmenkonstruktion 1 gelegt. Da die Details hin zur Außenwand bereits unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben wurden, werden diese Ausführungen hier nicht wiederholt. Man erkennt in Fig. 3, dass die innere Bewehrungslage 15 spiegelbildlich zur äußeren Bewehrungslage 17 ausgebildet ist, d. h. auch hier ist ein Bewehrungsbogen 16 parallel zum inneren Flansch des Stahlträgerbogens 9 angeordnet,

wobei dieser Bewehrungsbogen 16 über Halteelemente 14 mit dem Steg des Stahlträgerbogens 9 verschraubt ist. Einzelheiten zu dem Halteelement werden unter Bezugnahme auf die Fig. 6 und 7 beschrieben. Die innere Bewehrungslage 15 wird analog zur äußeren Bewehrungslage 17 mit den entsprechenden Bewehrungsbogen 16 mit Rödeldraht fest miteinander verbunden bzw. vernetzt. Diesen Schritt führt der Bewehrungstrupp aus, wobei bei der erfindungsgemäßen Rahmenkonstruktion vorzugsweise die äußere Bewehrungslage 17 zuerst montiert wird und anschließend die innere Bewehrungslage 15. Es ist ebenfalls grundsätzlich möglich, den entsprechenden Stahlträgerbogen 9 mit innerer und äußerer Bewehrungslage 15, 17 schon außerhalb der Röhre oder vor Befestigung des Stahlträgerbogens am Fundament 13 entsprechend vorzubereiten.

**[0036]** Nach innen ist am inneren Flansch des Stahlträgerbogens 9 eine Mehrzahl von zweiten Abstandhaltern 21 befestigt, an deren anderem Ende die Schalungslage 23 angebracht wird. Die zweiten Abstandhalter 21 sind in der hier dargestellten Ausführungsform als Stahlschrauben ausgebildet, die mit einer schützenden Kunststoffhülle umrandet sind, sodass der Kunststoffmantel eine direkte Verbindung zwischen Stahlbeton und Abstandhalter verhindert. Die Ausbildung als Schraube ermöglicht es ähnlich wie bei den ersten Abstandhaltern 19, dass der Abstand zwischen der Schalungslage 23 und dem inneren Flansch des Stahlträgerbogens 9 exakt eingestellt werden kann, und so Toleranzen ausgeglichen werden können.

**[0037]** Die Schalungslage 23 umfasst handelsübliche Schalbretter, die aus Kunststoff, Holz oder auch aus Metall ausgebildet sein können. Bevorzugt sind übliche Holzverschalungen. In Fig. 3 ebenfalls erkennbar ist, dass nach Hinterfüllung der Rahmenkonstruktion sowie nach entsprechender Verdichtung der Stahlbeton 27 den gesamten Zwischenraum zwischen Außenschale 3 und Schalungslage 23 ausfüllt, ohne dass Hohlräume oder sonstigen Einschlüsse verbleiben.

**[0038]** In Fig. 4 ist ein Detail aus der Fig. 1 vergrößert dargestellt, das im Firstbereich der Röhre liegt. In der dargestellten Ausführungsform weist die Rahmenkonstruktion 1 rechts und links je einen Stahlträgerbogen 9 auf, die im Firstbereich im Wesentlichen aneinanderstoßen und dort mittels eines Verbindungselements 25 miteinander verbunden sind. Das Verbindungselement 25 ist auf mindestens einer Seite des Stegs des Stahlträgerbogens angeordnet und mit dem jeweiligen Ende verschraubt. Bevorzugt ist das Verbindungselement 25 auf beiden Seiten des Stegs angeordnet, um für eine noch stabilere Verbindung zu sorgen. Je nach Dimension der Stahlträgerbogen 9 können zwei, drei, vier oder auch noch mehr Teilsegmente von Stahlträgerbogen 9 den kompletten Bogen der Rahmenkonstruktion 1 bilden, die dann jeweils in ihren Stirnbereichen mittels mindestens je eines Verbindungselements 25 miteinander verbunden werden können. Auf eine Wiederholung der bereits unter Bezugnahme auf die Fig. 2 und 3 beschriebenen

Elemente aus Fig. 4 wird an dieser Stelle verzichtet. Alternativ bieten sich auch andere Möglichkeiten der Verbindung der Enden zweier Stahlträgerbogen 9 an, z. B. die Verschraubung von zwei Fußplatten, die wie bereits beschrieben auf die Stirnseiten der Stahlträgerbogen angeschweißt sind.

**[0039]** Fig. 5 zeigt den Ausschnitt aus Fig. 1, in dem der Stahlträgerbogen 9 mit dem eigens dafür vorgesehenen Fundament 13 verbunden ist. Eine Fußplatte 11 ist auf der Stirnseite des Doppel-T-Trägerbogens 9 angeschweißt. Diese im Wesentlichen quadratische Fußplatte 11 weist in jedem ihrer Eckbereiche eine Bohrung auf, durch die eine Gewindestange 31 geführt ist. Diese Gewindestange 31 ist auf beiden Seiten der Fußplatte 11 mit einer Befestigungsmutter 29 bzw. einer Justiermutter 30 fixiert und ist in Bohrungen im Fundament 13 mittels eines Vergusses 12 eingelassen. Es sind neben der hier dargestellten Befestigungsart auch andere Möglichkeiten denkbar, die Fußplatte 11 mit dem Fundament 13 zu verbinden, sodass sich eine stabile Position ergibt.

**[0040]** Fig. 6 zeigt in Draufsicht eine Querschnittsansicht einer Seite der erfindungsgemäßen Rahmenkonstruktion 1 in Bodennähe. Man erkennt, dass die Fußplatte 11 vollflächig auf dem Fundament 13 aufliegt und an ihm befestigt ist. Das Fundament 13 ist wie hier dargestellt als Punktfundament ausgeführt, es könnte jedoch auch durchgängig über die gesamte Länge des röhrenartigen Bauwerks mit der hier dargestellten Breite ausgebildet sein. Wie bereits ausführlich erläutert, ist der Stahlträgerbogen 9 mit der Fußplatte 11 fest verschweißt. Die Darstellung in Fig. 6 soll dazu dienen, die flexibel einstellbare Befestigung der inneren und äußeren Bewehrungslagen 15, 17 am Stahlträgerbogen 9 mittels der Halteelemente 14 näher zu erläutern. Das Halteelement 14 umfasst ein L-förmiges Winkelprofilblech 32, das jeweils auf einer Seite des Stegs des Stahlträgerbogens 9 befestigt ist, z. B. mittels einer Schweißverbindung. An dem Abschnitt des Winkelprofilblechs 32, der parallel zum Steg des Stahlträgerbogens 9 ist, ist ein Halteblech 34 angeordnet, dessen Ausdehnung ebenfalls parallel zur Stegfläche des Stahlträgerbogens 9 ist. Die Verbindung erfolgt mittels einer Gewindestange oder einer üblichen Schraube/Mutter-Verbindung, wobei das Halteblech 34 entlang eines mittig angeordneten Langlochs 35 verschoben werden kann. An einem freien Ende des Halteblechs 34 ist der Bewehrungsstab 16 angeordnet, der quasi parallel zum inneren bzw. äußeren Flansch des Stahlträgerbogens 9 verläuft und als Basis für die Fixierung der inneren bzw. äußeren Bewehrungslagen 15, 17 dient. Die Verbindung zwischen Halteblech 34 und Bewehrungsstab 16 ist üblicherweise eine Schweißverbindung, kann aber auch auf andere Weise erfolgen wie z. B. Kleben und dergleichen. In Fig. 6 ist erkennbar, wie an dem Bewehrungsstab 16 zunächst die senkrecht dazu verlaufenden Bewehrungsstäbe als Längsbewehrung befestigt werden, an denen wiederum dann noch weiter außen die Querbewehrungsstäbe der inneren bzw. äu-

ßeren Bewehrungslage 15, 17 befestigt sind. Die Befestigung erfolgt mittels Verrödelung, d. h. durch Anbringen von Drahtschleifen aus Rödeldraht an den Kreuzungen der Bewehrungsstäbe.

**[0041]** In Fig. 7 ist im Detail noch einmal das Halteelement 14 dargestellt mit seinen Bestandteilen, dem Winkelprofilblech 32 sowie dem Halteblech 34. Derartige Bleche können aus einem geeigneten Profilstahl ausgebildet sein, beispielsweise mit einem U-Profil. In Zusammenschau der Fig. 6 und 7 wird deutlich, dass der Abstand der inneren und äußeren Bewehrungslagen 15, 17 zu den Flanschen der Stahlträgerbogen 9 über eine entsprechende Fixierung der Halteelemente 14 eingestellt werden kann. Damit können Toleranzen berücksichtigt werden.

**[0042]** Fig. 8 zeigt eine Querschnittsansicht eines Ausschnitts einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Rahmenkonstruktion. Diese Ausführungsform adressiert insbesondere die Anforderungen an den Natur- und Landschaftsschutz, weil sie Nischen in den Wänden von Altunnelröhren, in denen z. B. Fledermäuse ihren Lebensraum gefunden haben, berücksichtigt, so dass derartige Biotope auch nach der Tunnelsanierung für die Tiere zur Verfügung stehen. Bohrungen oder Verpressarbeiten an den bestehenden Bauwerken werden damit vermieden. Dazu weist die Rahmenkonstruktion 1 ein Hohlkammerelement 40 auf, das quer zur Tunnel- bzw. Unterführungsrichtung angeordnet ist und in der vorliegenden Ausführungsform einen rechteckigen Querschnitt aufweist. In diesem Hohlkammerelement 40 ist ein Kanal 42 ausgebildet, so dass der Innenraum der Tunnelröhre mit dem Hohlraum in der Tunnelwand, hier als Fledermaushabitat ausgebildet, verbunden ist, so dass die Tiere ein- und ausfliegen können und die Luftzufuhr sichergestellt ist.

**[0043]** Dabei ist das Hohlkammerelement 40 mit der Dichtfolie 4 wasser- und luftdicht verbunden, vorzugsweise verschweißt, so dass kein Wasser von außen durch das Hohlkammerelement 40 in den Innenraum des Tunnelbauwerks gelangen kann. In der bevorzugten Ausführungsform ist das Hohlkammerelement 40 aus Polyethylen gebildet mit einer Länge von etwa 80 cm, einer Breite von etwa 25 cm und einer Höhe von etwa 10 cm bei einer Wandstärke von ca. 5 mm. Die Länge kann je nach Dicke der Rahmenkonstruktion bis zu 1,5 m betragen oder auch weniger als 80 cm. Die Breiten- und Höhenabmessungen sowie die Wandstärke bestimmen sich in erster Linie durch das Material, denn es muss sichergestellt sein, dass die äußeren Kräfte, die auf das Hohlkammerelement 40 wirken, von diesem ohne Verformung oder gar Beschädigung aufgenommen werden können. Die Gesamtkonstruktion darf in ihrer (Trag-) Funktion nicht beeinträchtigt sein.

**[0044]** In der dargestellten Ausführungsform sind das Hohlkammerelement 40 und die Dichtfolie 4 miteinander verschweißt. Es können auch andere Verbindungsmechanismen und -verfahren zur Anwendung kommen, solange die Wasser- und Luftdichtigkeit sichergestellt ist.

Optional kann das Hohlkammerelement 40 von den Bewehrungsbestandteilen zur Positionierung gestützt oder getragen sein, wobei eine dauerhafte Verbindung nicht notwendigerweise erforderlich ist.

**[0045]** In Fig. 9 erkennt man in einer Draufsicht auf das Detail aus Fig. 8, dass die Öffnung des Hohlkammerelements 40 etwa in 1,5 m bis 2,0 m Höhe über dem Boden angeordnet ist und das Hohlkammerelement 40 im Wesentlichen in einem rechten Winkel zur Rahmenkonstruktion 1 angeordnet ist. Leichte Abweichungen vom rechten Winkel ( $< 10^\circ$ ) sind möglich, solange die Stabilität der Konstruktion sichergestellt ist. In den Fig. 8 und 9 ist die Nische im Inneren der Tunnelaußenwand durch Mauerwerk 43 umbaut, so dass sich ein definierter Hohlraum 45 bildet. Dieser Hohlraum 45 weist im unteren Bereich eine Drainageöffnung 46 auf, deren Auslass sich jedoch nicht in das Innere der Tunnelröhre erstreckt.

**[0046]** Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend ausführlich beschrieben. In das Bauwerk, dessen Außenwand mittels einer Dichtfolie 4 im Wesentlichen wasserdicht gegen (Berg-) Wasser abgedichtet ist, werden die Stahlträgerbogen 9 eingebracht und auf den vorher dafür eingerichteten Fundamenten 13 fixiert. Wie in Fig. 4 dargestellt können mehr als ein Stahlträgerbogen 9 den gesamten Bogen bilden; eine entsprechende Verbindung kann beispielsweise über Verbindungselemente 25 herbeigeführt werden. Der Abstand zwischen Stahlträgerbogen 9 und Dichtungsfolie 4 wird über erste Abstandhalter 19 eingestellt, die bevorzugt mittels Lastverteilungsplatten 20 an der Dichtungsfolie 4 angeordnet sind. Die Befestigung der Lastverteilungsplatten 20 erfolgt durch Pressen, d.h. durch die an den Abstandhaltern 19 vorhandenen Gewinde, die ein Drehen und damit die Einstellung des Abstands und des Anpressdrucks auf die Dichtungsfolie 4 ermöglichen. Dieser erste Schritt wird von einem dafür ausgebildeten Bautrupp vorgenommen und nach Fertigstellung entsprechend abgenommen.

**[0047]** Nun kann die Montage der inneren und/oder der äußeren Bewehrungslagen 15, 17 erfolgen. Üblich sind meist zwei Bewehrungslagen. Die Halterungen 14 mit Winkelprofilblech 32 und Halteblech 34 sind schon an den Stegen der Stahlträgerbogen 9 angebracht oder werden nun dort angeschweißt. Es ist vorteilhaft, dass die Halteelemente 14 für die innere Bewehrungslage 15 auf derselben einen Stegseite angeordnet sind und für die äußere Bewehrungslage 17 auf der anderen, gegenüber liegenden Seite. An den Halteblechen 34 werden zunächst parallel zu den Stahlträgerbogen 9 die Bewehrungsstäbe 16 befestigt, bevorzugt mittels Schweißverbindung. Auch andere Befestigungstechniken sind möglich wie Löten, Kleben, Verschrauben oder dergleichen. Anschließend werden die quer zu den Bewehrungsstäben 16 verlaufenden Bewehrungsstäbe der inneren bzw. äußeren Bewehrungslagen befestigt, d.h. die in Röhrenlängsrichtung verlaufenden. Dazu wird Rödeldraht verwendet, der nach seinem Anordnen am gewünschten Ort per Werkzeug verdreht wird und damit für

eine ausreichend feste Verbindung von zwei sich kreuzenden Bewehrungsstäben sorgt. Nun kann jeweils vom Stahlträgerbogen 9 gesehen die weiter entfernt gelegene Bewehrungslage auf die gleiche Art und Weise befestigt werden. Ergebnis ist ein relativ engmaschiges Netz aus Bewehrungsstäben, das sich zumindest soweit ausdehnt, dass der erste zu gießende Abschnitt ausreichend mit Bewehrung bedeckt ist.

**[0048]** Hier ist anzumerken, dass der Abstand der inneren und äußeren Bewehrungslagen 15, 17 auch nach Anbringung der Bewehrungsstäbe noch angepasst werden kann. Dies kann erforderlich sein, um Toleranzen auszugleichen oder auf bereits gemessene unterschrittene Mindestabstände zu reagieren.

**[0049]** Als nächstes wird die Schalungslage angebracht. Dazu werden die zweiten Abstandhalter 21, die in der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform mit einer Kunststoffumhüllung versehen sind, in die dafür vorgesehenen Gewindebohrungen im inneren Flansch des Stahlträgerbogens gedreht und damit dort unter Berücksichtigung des überbrückten Abstands befestigt. Sind alle zweiten Abstandhalter 21 für den Abschnitt vorhanden, werden die Schalungsbretter der Schalungslage 23 per Schraubenverbindung angebracht. Je nach Material der Schalung kann eine andere Technik bei der Befestigung sinnvoll sein. Im dargestellten Beispiel wird eine Holzverschalung eingesetzt, die nach Betonierung abgenommen, gereinigt, aufbereitet und wieder verwendet werden kann. Der Vorteil der vorliegenden Erfindung ist an dieser Stelle, dass nur der Bereich mit einer Schalung zu versehen ist, der direkt im Anschluss betoniert werden soll. Dadurch ergibt sich eine flexible Verwendung der Arbeitsmittel und Einteilung der Arbeitstrupps, die entsprechend koordiniert zu den erlaubten Zeiten im Tunnel arbeiten können. Des Weiteren ist die vorliegende Rahmenkonstruktion selbsttragend und selbstverstärkend, da eine bereits betonierte untere Schicht die darüber liegende Schicht stützt und dadurch die Gesamtkonstruktion verstärkt. Mit anderen Worten nimmt der Rahmen den hydrostatischen Druck aus dem Frischbeton auf.

**[0050]** Die nächsthöheren Betonlagen bzw. -abschnitte können betoniert werden, sobald die darunter liegenden Abschnitte abgetrocknet sind, d. h. in aller Regel nach etwa 12 bis 20 Stunden.

**[0051]** Zusammengefasst sind die Vorteile der vorliegenden Erfindung, dass das Betonieren der Innenschale ohne den Einsatz von Bewehrungswagen und Schalwagen auskommt, was Zeitaufwand und Kosten einspart. Zudem sind keine aufwändigen Bohrungen und Verankerungen der Rahmenkonstruktion im Fels bzw. in der Altwand notwendig. Der teure Einsatz von Spritzbeton wird vermieden, und die Abdichtung wird nicht durchdrungen. Auch bleibt ein größtmöglicher Lichtraum in der Röhre erhalten. Die vorliegende Erfindung entfaltet ihre Vorteile beispielsweise auch bei (gemauerten) Gewölbebrücken oder -durchlässen sowie bei Unterführungen, da sich die Rahmenkonstruktion auf einfache Weise einpassen und mit einer zuverlässigen Abdichtung tragend



fixieren lässt.

**[0052]** Mit dem Gegenstand der vorliegenden Erfindung wurde eine Rahmenkonstruktion und ein Verfahren für den Ausbau der Innenschale eines röhrenartigen Bauwerks bereitgestellt, die sowohl bei einem Neubau als auch bei einer Sanierung preisgünstig zu realisieren ist, einen unkomplizierten Aufbau aufweist, eine selbsttragende Betoninnenschale und insbesondere eine abschnittsweise Betonierung ohne Schalwagen ermöglicht, ohne dass die Röhre bzw. das Bauwerk längerfristig für den Verkehr bzw. den Durchfluss gesperrt werden muss.

#### Patentansprüche

1. Rahmenkonstruktion (1) für den Ausbau der Innenschale eines röhrenartigen Bauwerks wie Tunnel, Unterführungen oder Gewölbebrücken bzw. -durchlässe mit einer Mehrzahl von Rahmenelementen (2), die einen nicht geschlossenen Rahmenbogen bilden, der dazu eingerichtet ist, an seinen offenen Enden am Boden des röhrenartigen Bauwerks abgestützt zu werden, wobei die Rahmenelemente (2) aufweisen:

einen Stahlträgerbogen (9) mit einer Innenseite und einer Außenseite,  
eine Bewehrungslage (15, 17) auf der Innenseite und/oder der Außenseite des Stahlträgerbogens (9), die an dem Stahlträgerbogen (9) mittels Halteelementen (14) angebracht ist,  
eine abnehmbare Schalungslage (23) in einem vorbestimmten Abstand zur Innenseite des Stahlträgerbogens (9),  
erste Abstandhalter (19) auf der Außenseite des Stahlträgerbogens (9) zur Abstützung an der Außenwandung (3) oder der Wand des röhrenartigen Bauwerks und  
zweite Abstandhalter (21) auf der Innenseite des Stahlträgerbogens (9) zur Fixierung der Schalungslage (23),  
wobei die Rahmenkonstruktion (1) dazu eingerichtet ist, abschnittsweise vom Boden des röhrenartigen Bauwerks her mit Beton (27) aufgefüllt zu werden und dabei den hydrostatischen Druck des Betons aufzunehmen.

2. Rahmenkonstruktion (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Stahlträgerbogen (9) an seinen beiden Enden eine Fußplatte (11) aufweist, die auf einem Fundament (13) fixierbar ist.
3. Rahmenkonstruktion (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Mehrzahl von in Röhrenrichtung in Reihe hintereinander angeordneten Rahmenelementen (2) aufweist.

4. Rahmenkonstruktion (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stahlträgerbogen (9) als Doppel-T-Träger mit HEA oder HEB Profil ausgebildet ist.

5. Rahmenkonstruktion (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stahlträgerbogen (9) mehrteilig und derart ausgebildet ist, dass mehrere Stahlträgerbogen (9) in Längsrichtung miteinander verbindbar sind.

6. Rahmenkonstruktion (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halteelemente (14) derart ausgebildet sind, dass der Abstand zwischen der Bewehrungslage (15, 17) und dem Stahlträgerbogen (9) einstellbar ist.

7. Rahmenkonstruktion (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Halteelement (14) ein L-förmiges Profilblech (32) und ein gerades Halteblech (34) mit Langloch (35) und Gewindestange aufweist.

8. Rahmenkonstruktion (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewehrungslage (15, 17) eine Mehrzahl von Bewehrungsstäben als Längs- und Querbewehrung aufweist.

9. Rahmenkonstruktion (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Abstandhalter (19) eine Lastverteilungsplatte (20) aufweisen, die insbesondere wandseitig angebracht ist.

10. Rahmenkonstruktion (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie quer zur Röhrenrichtung mindestens ein Hohlkanalelement (40) aufweist, das sich von der Innenseite der Rahmenkonstruktion (1) bis in die Außenschale (3) des Tunnelgebäudes erstreckt und den Innenraum des Tunnelgebäudes mit einem Hohlraum (45) außerhalb der Rahmenkonstruktion (1) verbindet.

11. Rahmenkonstruktion (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hohlkanalelement (40) mit einer Dichtungsfolie (4) auf der Außenschale (3) des Tunnelgebäudes derart luft- und wasserdicht verbunden ist, dass ein Eintreten von Wasser von außen durch das Hohlkanalelement (40) in den Innenraum des Tunnelgebäudes verhindert wird.

12. Verfahren zur Durchführung des Ausbaus der Innenschale eines röhrenartigen Bauwerks wie Tunnel, Unterführungen oder Gewölbebrücken bzw. -durchlässe mit den folgenden Schritten:

- a) Fixieren einer Mehrzahl von Stahlträgerbogen (9) auf dafür eingerichteten Fundamenten (13),
- b) Einstellen des Abstands zwischen Stahlträgerbogen (9) und Dichtungsfolie (4) mittels Abstandhalter (19), 5
- c) Anbringen einer Bewehrungslage (15, 17) auf der Innenseite und/oder auf der Außenseite der Stahlträgerbogen (9) mittels Halteelementen (14) in einem einstellbaren Abstand, 10
- d) Anbringen einer ersten Schalungslage (23) einer ersten Schalungshöhe auf der Innenseite der Stahlträgerbogen (9) mittels Abstandhaltern (21) jeweils beginnend am Fußpunkt der Stahlträgerbogen (9) auf beiden Seiten des röhrenartigen Bauwerks, 15
- e) Betonieren einer ersten Betonschicht entsprechend der ersten Schalungshöhe der ersten Schalungslage (23),
- f) Anbringen einer nächsthöheren Schalungslage (23) einer vorbestimmten Schalungshöhe auf der Innenseite der Stahlträgerbogen (9) mittels Abstandhaltern (21) beginnend jeweils am freien Ende der unteren Schalungslagen, 20
- g) Betonieren einer nächsthöheren Betonschicht jeweils entsprechend der vorbestimmten Schalungshöhe der nächsthöheren Schalungslagen, 25
- h) Wiederholen der Schritte f) und g), bis die Betonschichten auf beiden Seiten aneinander stoßen, so dass sich eine geschlossene Innenschale im röhrenartigen Bauwerk ergibt. 30
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt c) der Abstand der Bewehrungslage(n) (15, 17) mit Hilfe der Halteelemente (14) eingestellt wird. 35
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, das des Weiteren den Schritt des Entferns der Schalungslagen (23) aufweist. 40
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schritte e) und g) mit Ortbeton ausgeführt werden. 45

50

55

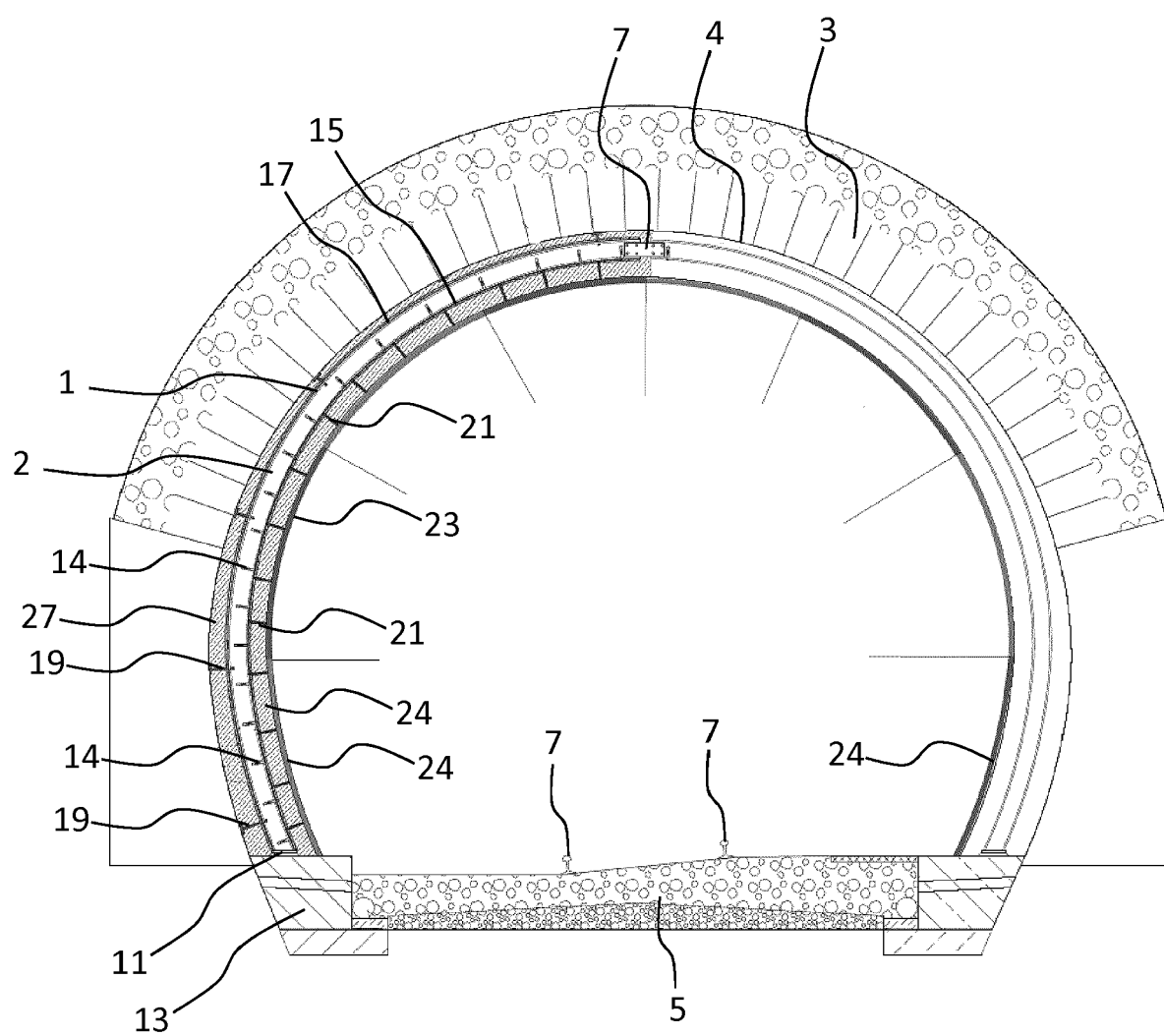


Fig. 1

Fig. 2

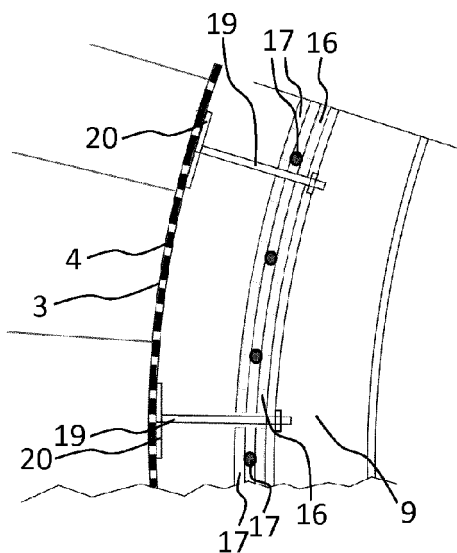


Fig. 3

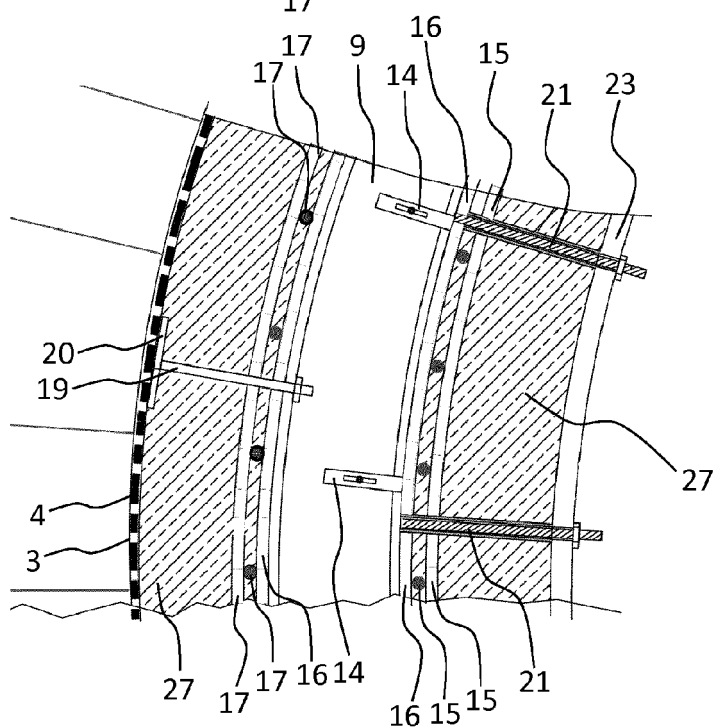


Fig. 4

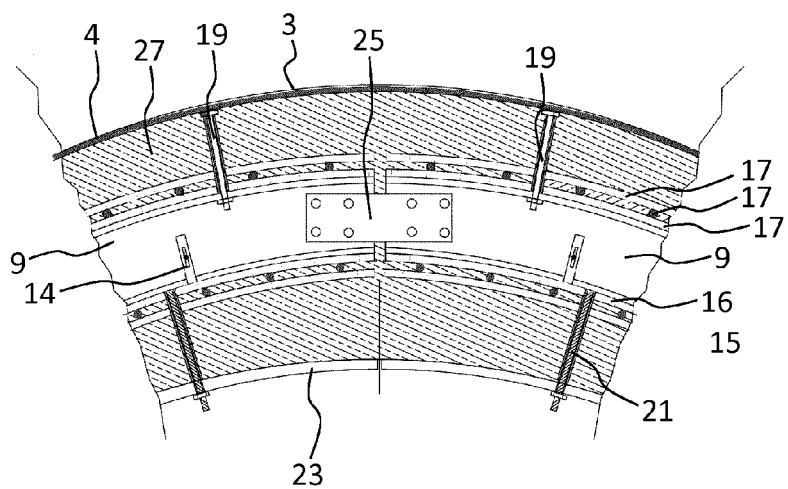


Fig. 5

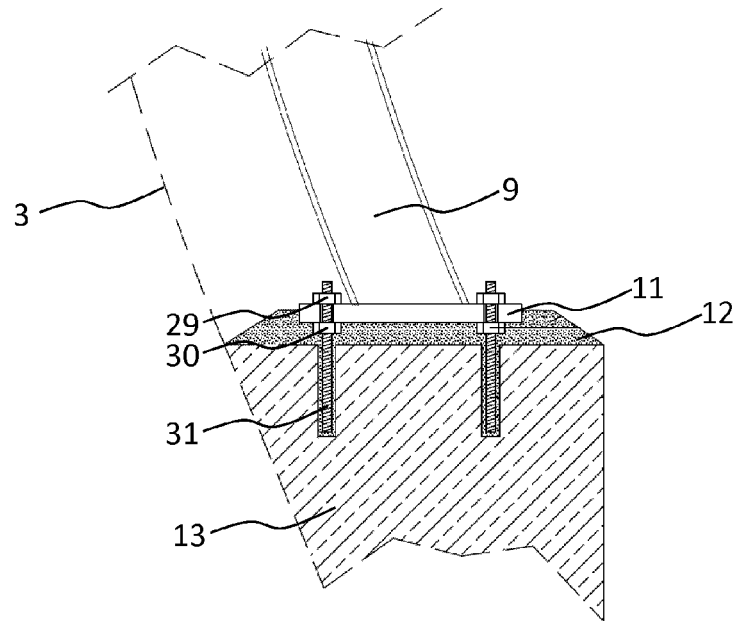


Fig. 6

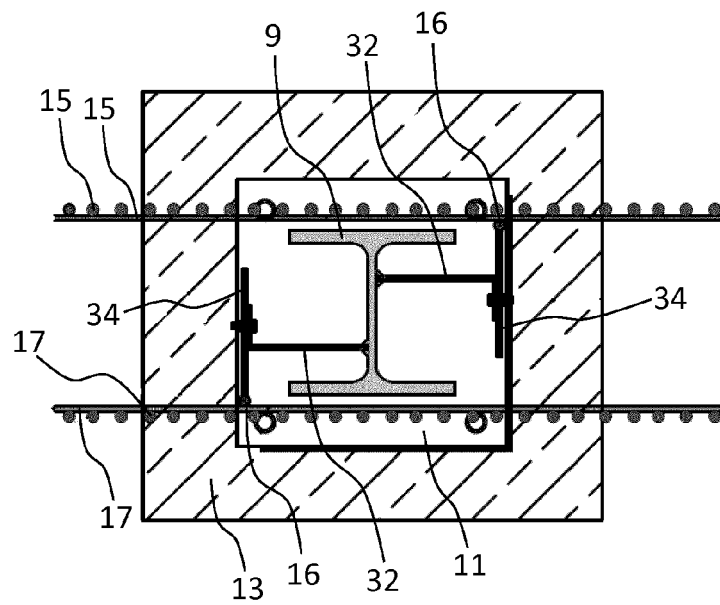


Fig. 7

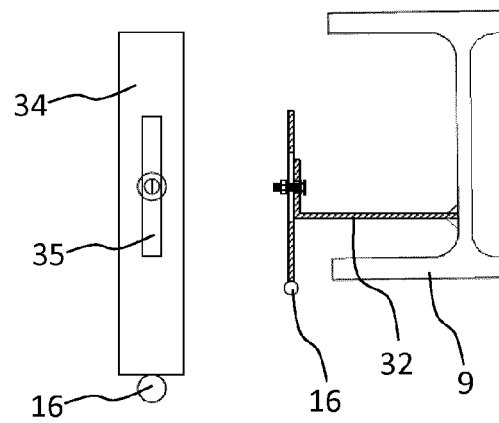


Fig. 8

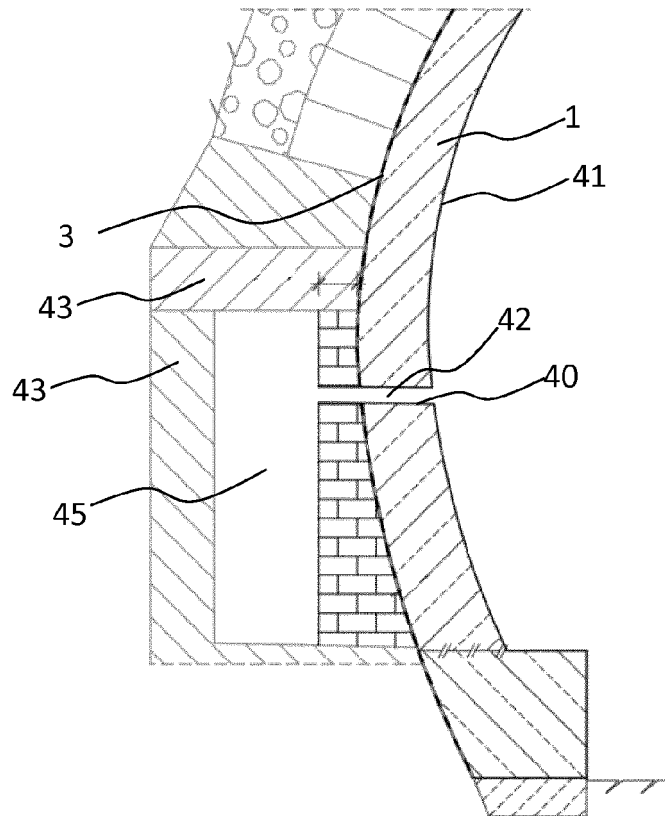
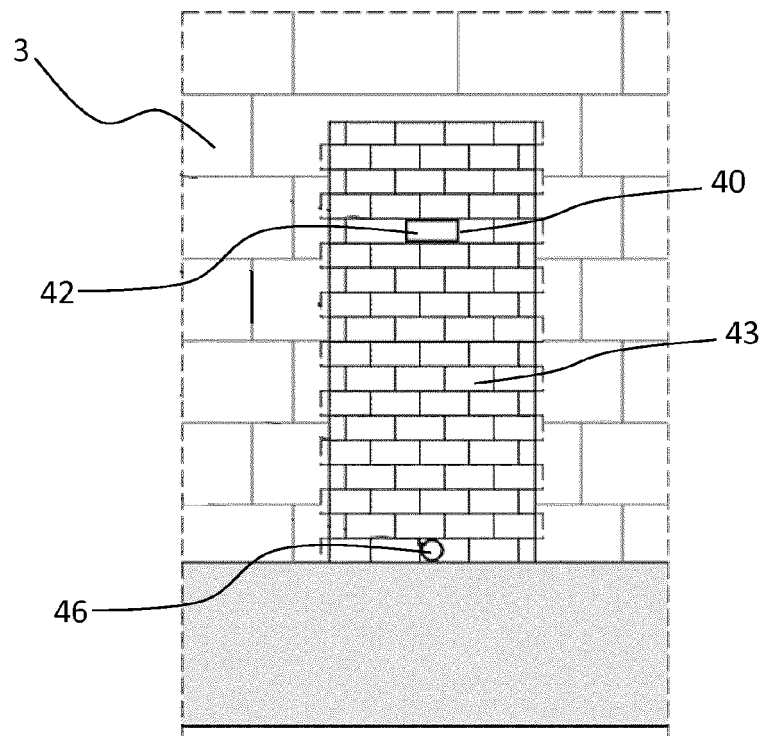


Fig. 9





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 19 15 4313

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)	
X	JP 2013 204298 A (KUMAGAI GUMI CO LTD; ASHIMORI IND CO LTD; ASHIMORI ENG CO LTD) 7. Oktober 2013 (2013-10-07)	12-15	INV. E21D11/10 E21D11/15 E21D11/18 E21F1/00	
Y	* Abbildungen 1-3 * * Zusammenfassung; Abbildungen 4,5,8,9 * * Absätze [0007] - [0018], [0020] * * das ganze Dokument *	1-9		
Y	CH 656 429 A5 (BERNOLD JEAN) 30. Juni 1986 (1986-06-30) * Abbildung 1 * * Abbildungen 4,6,9,10-18 * * Seite 5, Spalte 2, Zeile 55 - Seite 6, Spalte 1, Zeile 17 * * das ganze Dokument *	1-9		
X	US 3 673 806 A (HANIG SIEGFRIED ET AL) 4. Juli 1972 (1972-07-04) * das ganze Dokument *	12		
A	CH 615 728 A5 (AMBERG RUDOLF [CH]) 15. Februar 1980 (1980-02-15) * Abbildung 6 * * Abbildung 9 * * das ganze Dokument *	1		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A,D	DE 20 2017 105802 U1 (BAG BAUARTIKEL GMBH [DE]) 7. November 2017 (2017-11-07) * das ganze Dokument * * Abbildungen 3,7 *	1,12		E21D E21F
A	GB 511 080 A (JOHN MURRAY) 14. August 1939 (1939-08-14) * das ganze Dokument *	12		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt				
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 22. Mai 2019	Prüfer van Berlo, André	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE 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		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 anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 19 15 4313

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 25 16 723 A1 (BERNOLD JEAN) 27. November 1975 (1975-11-27) * Abbildungen 3,7 * * Abbildungen 1,2,4-9 * * das ganze Dokument *	1	
A	EP 3 205 814 A1 (ASHIMORI IND CO LTD [JP]; ASHIMORI ENG CO LTD [JP]) 16. August 2017 (2017-08-16) * Absätze [0020] - [0026], [0043]; Abbildungen 2,3 *	12	
A	EP 1 279 882 A1 (ASHIMORI IND CO LTD [JP]; ASHIMORI ENG CO LTD [JP]) 29. Januar 2003 (2003-01-29) * can be applied to an existing conduit with an arbitrary cross section such as a horseshoe-shape conduit or a rectangular conduit; Absatz [0060]; Abbildung 14 *	1,12	
A	Trilux: "Höhsieper Tunnel - Hückeswagen, Germany - TRILUX Simplify Your Light", 3. Februar 2015 (2015-02-03), XP055590409, Gefunden im Internet: URL:https://www.trilux.com/en/blog/hoehsieper-tunnel-hueckeswagen-germany/ [gefunden am 2019-05-21] * Seiten 3/6,4/6 *	10,11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 22. Mai 2019	Prüfer van Berlo, André
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE 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		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 15 4313

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

22-05-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2013204298 A	07-10-2013	JP 5946089 B2 JP 2013204298 A	05-07-2016 07-10-2013
CH 656429 A5	30-06-1986	KEINE	
US 3673806 A	04-07-1972	DE 1932107 A1 FR 2039084 A5 GB 1311113 A JP S4814110 B1 US 3673806 A	07-01-1971 08-01-1971 21-03-1973 02-05-1973 04-07-1972
CH 615728 A5	15-02-1980	KEINE	
DE 202017105802 U1	07-11-2017	KEINE	
GB 511080 A	14-08-1939	KEINE	
DE 2516723 A1	27-11-1975	AU 7688474 A BR 7502461 A CH 581259 A5 DD 120494 A5 DE 2516723 A1 SU 602125 A3 YU 29475 A ZA 7408169 B	24-06-1976 23-03-1976 29-10-1976 12-06-1976 27-11-1975 05-04-1978 18-06-1982 28-01-1976
EP 3205814 A1	16-08-2017	CA 2964195 A1 EP 3205814 A1 KR 20170087452 A RU 2671886 C1 US 2017314721 A1 WO 2016056133 A1	14-04-2016 16-08-2017 28-07-2017 07-11-2018 02-11-2017 14-04-2016
EP 1279882 A1	29-01-2003	CA 2407297 A1 EP 1279882 A1 TW 490386 B US 2003116210 A1 WO 0184037 A1	08-11-2001 29-01-2003 11-06-2002 26-06-2003 08-11-2001

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 202017105802 U1 [0008]
- AT 362739 B [0008]
- DE 3927446 C1 [0008]