

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50574/2016
(22) Anmeldetag: 24.06.2016
(45) Veröffentlicht am: 15.12.2018

(51) Int. Cl.: **E21D 11/08** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 1890001 A1
EP 1243753 A1
GB 1585770 A
JP 2002147182 A

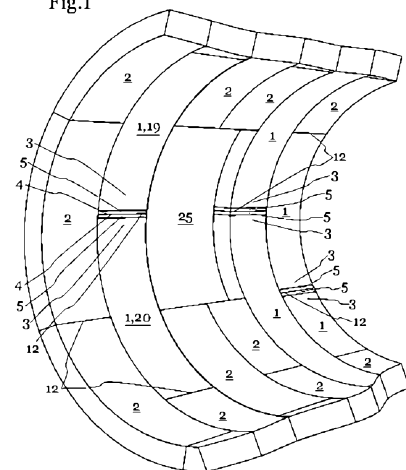
(73) Patentinhaber:
Porr Bau GmbH
1100 Wien (AT)

(74) Vertreter:
Puchberger & Partner Patentanwälte
Wien

(54) **Verbundsegment, Tunnelschale und Verfahren**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verbundsegment (1), eine Tunnelschale umfassend ein Verbundsegment (1) und ein Verfahren zur Bildung eines zumindest temporär hochbelasteten Abschnittes der aus vorgefertigten Segmenten (2) zusammengesetzten Tunnelschale, wobei das Verbundsegment einen der Form der Tunnelschale angepassten Grundkörper (3) aus bewehrtem Beton umfasst und wobei an mindestens einer lastabtragenden Stirnseite (4) des Verbundsegments (1) ein Verstärkungskörper (5) vorgesehen ist.

Fig.1



Beschreibung

VERBUNDSEGMENT, TUNNELSCHALE UND VERFAHREN

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verbundsegment, eine Tunnelschale sowie ein Verfahren gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verbundsegment zur Bildung eines zumindest temporär hochbelasteten Abschnitts einer aus vorgefertigten Segmenten zusammengesetzten Tunnelschale.

[0002] Tunnelschalen, die aus vorgefertigten Segmenten zusammengesetzt sind, sind in unterschiedlichen Ausführungsformen bekannt. Insbesondere sind Tunnelschalen aus sogenannten Tübbing oder Tübbings bekannt, bei denen Betonsegmente derart zusammengesetzt werden, dass sich ein röhrenförmiger Tunnelabschnitt ergibt. Die Tübbinge selbst sind meist vorgefertigte Segmente aus bewehrtem Beton, die zusammen einen Tunnelring bilden. Durch aneinanderreihen mehrerer derartiger Tunnelringe entlang der Längserstreckungsrichtung des Tunnels wird die Tunnelschale gebildet. Die Tübbinge eines Tunnelrings liegen mit ihren lastabtragenden Stirnseiten aneinander an. In der Praxis bestehen im Verlauf einer Tunnelschale immer wieder Abschnitte, die höher belastet, insbesondere hochbelastet sind. Beispiele für derartige hochbelastete Abschnitte sind geologisch instabile oder aktive Zonen, in denen beispielsweise durch Gesteinsverschiebungen Scherkräfte auf die Tunnelschale wirken. Temporär hochbelastete Abschnitte sind beispielsweise Abschnitte einer Tunnelschale, bei denen nachträglich Segmente entfernt werden, um beispielsweise eine Abzweigung der Tunnelschale zu ermöglichen. Da diese Öffnungen der Tunnelschale durch die Einmündung der weiteren Tunnelschale wieder abgestützt werden, besteht die höhere Belastung meist nur für die Zeit des Baus.

[0003] In derartigen hochbelasteten Zonen besteht die Gefahr, dass die maximale Tragkraft der vorgefertigten Segmente, zumindest temporär, überschritten wird, was in der Praxis zu einem Bruch, insbesondere zu einem Bruch im Bereich der lastabtragenden Stirnseiten der Segmente führt. Insbesondere im Bereich der Längsfugen kommt es aufgrund der erhöhten Druckkräfte zu Spannungskonzentrationen und zu lokalen Überschreitungen der zulässigen Betondruckspannungen.

[0004] Aus dem Stand der Technik sind daher Tunnelkonstruktionen bekannt, bei denen Tübbinge aus Stahl eingesetzt werden. Tübbinge aus Stahl haben jedoch einen erheblichen Kostennachteil gegenüber Tübbing aus Beton.

[0005] Ferner ist es bekannt, die Wandstärke der Tübbinge zu erhöhen, um eine größere lastabtragende Stirnseite zu erhalten und dadurch die Flächenpressung zu verringern. Jedoch bedeutet eine Erhöhung der Dicke der Tübbinge auch eine Vergrößerung des freizulegenden Querschnitts bei der Tunnelbohrung, was ebenfalls zu unerwünscht hohen Kosten bei der Bildung des Tunnels führt.

[0006] Aus den Dokumenten EP 1 890 001 A1 und GB 1 5 85 770 sind Tübbing-Konstruktionen bekannt, bei denen die Tübbinge über seitlich entlang ihrer Ringfuge eingegossene Stahlkästen miteinander verbunden werden. Verschraubungen zur Verbindung von Betonkomponenten sind beispielsweise aus der JP 2002147182 A bekannt.

[0007] Aus der EP 1 243 753 A1 ist eine Konstruktion für Tübbinge bekannt, bei der ein umlaufender Stahlrahmen mit Beton ausgegossen ist, sodass die außenliegenden Stirnseiten der Tübbinge zumindest teilweise aus Stahl und insbesondere aus verhältnismäßig dünnwandigen Stahlplatten gebildet sind, wodurch nur eine geringfügige Verbesserung der Festigkeit der Tunnelschale bewirkt wird. Der Materialaufwand wird durch diesen umlaufenden Stahlrahmen aber stark erhöht.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es nun ein Verbundsegment sowie eine Tunnelschale zu schaffen, das bzw. die die Nachteile des Standes der Technik überwindet.

[0009] Bevorzugt betrifft die Erfindung ein Verbundsegment zur Bildung eines zumindest tem-

porär hochbelasteten Abschnittes einer aus vorgefertigten Segmenten zusammengesetzten Tunnelschale, wobei das Verbundsegment einen der Form der Tunnelschale angepassten Grundkörper aus bewehrtem Beton umfasst.

[0010] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass an mindestens einer lastabtragenden Stirnseite des Verbundsegments ein Verstärkungskörper vorgesehen ist. Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Verstärkungskörper ein plattenförmiger oder balkenförmiger Körper ist, der mindestens eine lastabtragende Stirnseite des Verbundsegments bildet und/oder die gesamte lastabtragende Stirnseite des Grundkörpers vollständig oder größtenteils abdeckt.

[0011] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Verstärkungskörper aus einem Material gebildet ist, das eine höhere maximal zulässige Flächenpressung aufweist als das Material des Grundkörpers, und/oder dass der Verstärkungskörper eine geringere Sprödigkeit aufweist als das Material des Grundkörpers.

[0012] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Verstärkungskörper aus Stahl und/oder aus Edelstahl gebildet ist.

Beispielsweise können folgende exemplarische Materialien verwendet werden:

Edelstahlplatte: Profilstahl TK 1.4301

Streckgrenze f_y 190 MPa, Zugfestigkeit f_u 500 MPa.

oder

Normalstahl: S355K2

Streckgrenze f_y 295 MPa, Zugfestigkeit f_u 450 - 600 MPa

[0013] Gegebenenfalls wird ein Material verwendet, das ähnliche Eigenschaften aufweist, wie eines oder beide der beiden obengenannten Materialien.

[0014] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Verstärkungskörper eine in der Außenfläche der lastabtragenden Stirnseite des Verbundsegments liegende Lastabtragungsfläche zur flächigen Anlage an einem benachbarten Element der Tunnelschale aufweist, dass der Verstärkungskörper eine an dem Grundkörper flächig anliegende Verbindungsfläche aufweist, und/oder dass die Verbindungsfläche größer ist als die Lastabtragungsfläche.

[0015] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Größenverhältnis der normal zur lastabtragenden Stirnseite betrachteten Dicke des Verstärkungskörpers relativ zum Abstand der Lastabtragungsfläche von einer Längskante zwischen 0,7 und 1,3 liegt.

[0016] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass ein als Nut und/oder als Stufe ausgebildeter Dichtungsbereich zur Aufnahme einer Dichtung vorgesehen ist, der sich linienförmig neben der Lastabtragungsfläche über die lastabtragenden Stirnseite erstreckt, insbesondere über die gesamte lastabtragenden Stirnseite erstreckt.

[0017] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass ein als Nut und/oder als Stufe ausgebildeter Dichtungsbereich zur Aufnahme einer Dichtung vorgesehen ist, der sich linienförmig umlaufend entlang aller Stirnflächen des Verbundsegments erstreckt.

[0018] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Verstärkungskörper eine Befestigungsöffnung zur Aufnahme eines Befestigungsmittels wie insbesondere einer Befestigungsschraube, eines Befestigungsbolzens oder eines Befestigungsdübels aufweist.

[0019] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Verstärkungskörper eine Befestigungsöffnung zur Aufnahme eines Befestigungsmittels aufweist, und dass die Befestigungsöffnung als eine den Verstärkungskörper und gegebenenfalls einen Teil des Grundkörpers durchdringende Durchgangsöffnung oder als ein zur lastabtragenden Stirnseite geöffnetes Sackloch ausgebildet ist, wobei im Sackloch gegebenenfalls eine Innengewinde vorgesehen ist.

[0020] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Verstärkungskörper eine Befestigungsöffnung zur Aufnahme eines Befestigungsmittels aufweist, und dass die Befestigungsöffnung als eine den Verstärkungskörper und gegebenenfalls einen Teil des Grundkörpers durchdringende Durchgangsöffnung oder als ein zur lastabtragenden Stirnseite geöffnetes Sackloch ausgebildet ist, wobei die Öffnung des Sacklochs und/oder die Durchtrittsöffnung der Durchgangsöffnung

innerhalb der Lastabtragungsfläche angeordnet sind.

[0021] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass eine Injektionsleitung zur Einbringung eines Injektionsmittels wie insbesondere eines Dichtungsmittels vorgesehen ist, die in die zwischen dem Grundkörper und dem Verstärkungskörper liegende Verbindungsfläche ragt.

[0022] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Verstärkungskörper an seiner der Lastabtragungsfläche gegenüberliegenden Seite mindestens einen, bevorzugt mehrere Ankerfortsätze trägt, die fest mit dem Grundkörper verbunden und insbesondere fest in dem Grundkörper eingegossen sind.

[0023] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass an einer lastabtragenden Stirnseite des Verbundsegments oder an beiden lastabtragenden Stirnseiten des Verbundsegments ein Verstärkungskörper vorgesehen ist.

[0024] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Verbundsegment ein Sondertübbing zur Bildung eines Teils einer Tunnelschale ist.

[0025] Gegebenenfalls betrifft die Erfindung eine Tunnelschale, umfassend mehrere vorgefertigte Betonsegmente, dadurch gekennzeichnet, dass in einem zumindest temporär hochbelasteten Abschnitt der Tunnelschale mindestens ein Verbundsegment vorgesehen ist.

[0026] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass in dem zumindest temporär hochbelasteten Abschnitt ein erstes Verbundsegment und ein zweites Verbundsegment vorgesehen sind, die beide nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche ausgestaltet sind, und dass das erste Verbundsegment mit seinem Verstärkungskörper am Verstärkungskörper des zweiten Verbundsegments anliegt und/oder dass das erste Verbundsegment mit der Lastabtragungsfläche seines Verstärkungskörpers flächig an der Lastabtragungsfläche des Verstärkungskörpers des zweiten Verbundsegments anliegt.

[0027] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Befestigungsöffnung des ersten Verbundsegments und die Befestigungsöffnung des zweiten Verbundsegments fluchtend angeordnet sind, und dass ein Befestigungsmittel zur Verbindung der beiden Verbundsegmente durch und/oder in die Befestigungsöffnungen ragt.

[0028] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass mindestens ein Zentriermittel zur Lagezentrierung des ersten Verbundsegments zum zweiten Verbundsegment und insbesondere zur Lagezentrierung der Lastabtragungsfläche des ersten Verbundsegments zur Lastabtragungsfläche des zweiten Verbundsegments vorgesehen ist.

[0029] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass mindestens ein Zentriermittel zur Lagezentrierung des ersten Verbundsegments zum zweiten Verbundsegment und insbesondere zur Lagezentrierung der Lastabtragungsfläche des ersten Verbundsegments zur Lastabtragungsfläche des zweiten Verbundsegments vorgesehen ist, und dass das Zentriermittel einen Zentrierfortsatz umfasst, der von dem Verstärkungskörper eines Verbundsegments in eine Zentrieröffnung des Verstärkungskörpers des anderen Verbundsegments ragt.

[0030] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das erste Verbundsegment zusammen mit dem zweiten Verbundsegment und insbesondere der Dichtungsbereich des Verstärkungskörpers des ersten Verbundsegments zusammen mit dem Dichtungsbereich des Verstärkungskörpers des zweiten Verbundsegments eine Dichtungsnut bildet, in der eine Dichtung zur Abdichtung der Tunnelschale vorgesehen ist.

[0031] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Tunnelschale mehrere als Tübbinge ausgestaltete vorgefertigte Segmente aus bewehrtem Beton umfasst, wobei sich der Beton bis an die lastabtragenden Stirnseiten der Segmente erstreckt wodurch die lastabtragenden Stirnseiten der Segmente aus Beton gebildet sind, und dass in einem zumindest temporär hochbelasteten Abschnitt der Tunnelschale als Sondertübbinge ausgestaltete Verbundsegmente vorgesehen sind.

[0032] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Tunnelschale im Bereich des zumindest tem-

porär hochbelasteten Abschnitts eine Tunnelschalenöffnung aufweist, und dass die Tunnelschale im Bereich der Tunnelschalenöffnung zumindest teilweise aus Verbundsegmenten gebildet ist und/oder dass die Tunnelschalenöffnung zumindest teilweise von den Verbundsegmenten umgeben ist.

[0033] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Tunnelschale eine Haupttunnelschale und eine Nebentunnelschale umfasst, dass die Haupttunnelschale im Bereich des zumindest temporär hochbelasteten Abschnitts eine Tunnelschalenöffnung aufweist, von der die Nebentunnelschale abzweigt.

[0034] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Tunnelschalenöffnung mit einem Tragrahmen versehen ist, wobei der Tragrahmen eine Nebentunnelschale ist, die im Bereich der Tunnelschalenöffnung in die Haupttunnelschale mündet oder von dieser abzweigt, und dass die auf den hochbelasteten Abschnitt wirkende Belastung zumindest teilweise durch den Tragrahmen getragen wird, wodurch die Verbundsegmente zumindest teilweise entlastet sind.

[0035] Gegebenenfalls betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Bildung einer Tunnelschale, das folgende Schritte umfasst:

- fortlaufendes Bilden der Tunnelschale durch Aneinanderreihen mehrerer vorgefertigter Betonsegmente,
- Bilden des zumindest temporär hochbelasteten Abschnitts der Tunnelschale durch Aneinanderreihen der Verbundsegmente.

[0036] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Tunnelschale im Bereich des zumindest temporär hochbelasteten Abschnitts mit einer Tunnelschalenöffnung versehen wird, wobei die Tunnelschalenöffnung in einem Bereich gebildet wird, der zumindest teilweise von Verbundsegmenten der Tunnelschale umgeben ist.

[0037] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Tunnelschalenöffnung nach der Bildung einer durchgehenden Tunnelschale durch Entfernen von Betonsegmenten der Tunnelschale und/oder durch teilweises Entfernen von Betonsegmenten oder Verbundsegmenten der Tunnelschale gebildet wird.

[0038] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Tunnelschalenöffnung mit einem Tragrahmen versehen wird, wobei der Tragrahmen insbesondere ein Kranz, ein betonierter Kranz, ein die Tunnelschalenöffnung von innen abstützender Kranz oder eine Nebentunnelschale ist, die im Bereich der Tunnelschalenöffnung in die Tunnelschale mündet, und dass die auf den hochbelasteten Abschnitt wirkende Belastung zumindest teilweise durch den Tragrahmen getragen wird, wodurch die Verbundsegmente zumindest teilweise entlastet werden.

[0039] Insbesondere betrifft die Erfindung eine Tunnelschale, bei der sowohl herkömmliche Segmente aus bewehrtem Beton, insbesondere herkömmliche Tübbinge, als auch erfindungsgemäße Verbundsegmente vorgesehen sind. Die Verbundsegmente sind bevorzugt in den hochbelasteten Abschnitten der Tunnelschale vorgesehen. Die restliche Tunnelschale kann aus herkömmlichen, günstig herzustellenden Betonsegmenten gefertigt werden.

[0040] Zur besseren Verständlichkeit werden in weiterer Folge einige Begriffe näher definiert: Tübbinge sind Ringsegmente, also Teile eines Rings, die zusammen einen Ring ergeben. Bevorzugt sind diese aus Beton, insbesondere aus bewehrtem Beton gefertigt. Die einzelnen Segmente eines Rings liegen mit ihren lastabtragenden Stirnseiten aneinander an. Die lastabtragenden Stirnseiten verlaufen entlang der Längsfugen der Tunnelschale, also im Wesentlichen längs dem Verlauf des Tunnels. Ferner weisen die Segmente weitere Stirnseiten auf, die insbesondere entlang der Ringfugen, also in einer Normalebene der Längsrichtung der Tunnelschale verlaufen. Bevorzugt weist somit jedes Segment, insbesondere jeder Tübbing, vier Stirnseiten auf. Zusätzlich weist jeder Tübbing bevorzugt eine dem umliegenden Material zugewandte Außenseite und eine Richtung Innenseite des Tunnels weisende Innenseite auf.

[0041] Bevorzugt ist vorgesehen, dass der Verstärkungskörper als massiv ausgebildete Platte oder als massiv ausgebildeter Balken ausgeführt ist. Das Material dieses massiv ausgebildeten

Körpers ist bevorzugt Stahl bzw. Edelstahl. Als massiv ausgebildeter Körper wird insbesondere ein Körper bezeichnet, der keine Hohlräume aufweist.

[0042] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass jene Seite des Verstärkungskörpers, die an dem Grundkörper anliegt und die Verbindungsfläche bildet, als ebene Fläche ausgebildet ist. Aus dieser Fläche ragen bevorzugt mehrere Ankerfortsätze zur Verbindung des Verstärkungskörpers mit dem Grundkörper.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Fläche jedoch auch strukturiert ausgebildet sein und insbesondere regelmäßige oder unregelmäßige Erhebungen und Einmuldungen aufweisen.

[0043] Gegebenenfalls kann in allen Ausführungsformen vorgesehen sein, dass der Verstärkungskörper ausschließlich an einer lastabtragenden Stirnseite des Verbundsegments vorgesehen ist. Die weiteren Stirnseiten, die beispielsweise entlang der Ringfugen verlaufen bzw. die Außenseite und die Innenseite sind in diesem Falle durch den Grundkörper gebildet. Eine Ausnahme dieser Definition bildet jener Bereich, in dem die Außenseite, die Innenseite und die Stirnseiten der Ringfugen durch den Verstärkungskörper selbst gebildet ist. Gegebenenfalls kann auch vorgesehen sein, dass das Verbundsegment zwei Verstärkungskörper umfasst, wobei die beiden Verstärkungskörper ausschließlich an den lastabtragenden Stirnseiten vorgesehen sind.

[0044] Der Grundkörper erstreckt sich somit gegebenenfalls in allen Ausführungsformen bis an die Außenseite, bis an die Innenseite und bis an die beiden Stirnseiten, die entlang der Ringfugen verlaufen.

[0045] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Bewehrung des Grundkörpers innenliegend ausgebildet ist und somit komplett vom Material des Grundkörpers, insbesondere von Beton, eingehüllt ist. Bevorzugt ist die Bewehrung beabstandet von dem Verstärkungskörper und/oder beabstandet von den Ankerfortsätzen im Grundkörper angeordnet. Insbesondere ist die Bewehrung beabstandet von den Außenflächen des Grundkörpers angeordnet. Die Bewehrung kann beispielsweise eine herkömmliche Stahlbewehrung sein.

[0046] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Dichtungsbereich etwa parallel zur Längskante des Verstärkungskörpers verläuft. Insbesondere verläuft der Dichtungsbereich bevorzugt parallel zur Lastabtragungsfläche. Die Lastabtragungsfläche ist somit bevorzugt ein Streifen, der innerhalb der beiden Längskanten angeordnet ist und gegebenenfalls zwischen zwei Dichtungsbereichen angeordnet ist.

[0047] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der die Lastabtragungsfläche als mittig verlaufender Streifen ausgebildet ist. Dieser mittig angeordnete Streifen verläuft im Wesentlichen parallel und beabstandet zur Längskante oder zu den beiden Längskanten. Der Abstand des Streifens zu den beiden Längskanten ist gegebenenfalls gleich groß, sodass sich die über die Lastabtragungsfläche eingeleitete Kraft gleichmäßig auf die Verbindungsfläche verteilen kann.

[0048] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Tunnelschale einen Durchmesser, eine Breite und/oder eine Höhe im Bereich von 5m bis 20m aufweist.

[0049] In weiterer Folge wird die Erfindung anhand exemplarischer Figuren weiter beschrieben, wobei

[0050] Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Abschnitts einer Tunnelschale,

[0051] Fig. 2 eine Abwicklung eines Abschnitts einer Tunnelschale,

[0052] Fig. 3 eine Schnittdarstellung des Verbindungsbereichs zweier Verbundsegmente und

[0053] Fig. 4 ebenfalls eine Schnittdarstellung eines Verbindungsbereichs zweier Verbundsegmente zeigen.

[0054] Wenn nicht anders angegeben, so entsprechen die Bezugszeichen folgenden Komponenten: Verbundsegment 1, vorgefertigtes Segment 2, Grundkörper 3, lastabtragende Stirnseite (des Verbundsegments) 4, Verstärkungskörper 5, lastabtragende Stirnseite (des Grundkörpers)

6, Außenfläche (der lastabtragenden Stirnseite des Verbundsegments) 7, Lastabtragungsfläche 8, Verbindungsfläche 9, Dicke 10, Abstand 11, Längskante 12, Dichtungsbereich 13, Dichtung 14, Befestigungsöffnung 15, Befestigungsmittel 16, Injektionsleitung 17, Ankerfortsatz 18, erstes Verbundsegment 19, zweites Verbundsegment 20, Zentriermittel 21, Zentrierfortsatz 22, Zentrieröffnung 23, Dichtungsnut 24, Tunnelschalenöffnung 25, Schubbolzen 26, Brandschutzbeschichtung 27.

[0055] Fig. 1 zeigt einen Teil einer Tunnelschale, in dem ein zumindest temporär hochbelasteter Abschnitt angeordnet ist. Die Tunnelschale umfasst mehrere vorgefertigte Segmente 2, die grundsätzlich dazu eingerichtet sind, eine Tunnelschale zu bilden. In der hochbelasteten Zone sind in der vorliegenden Ausführungsform einige Segmente durch Verbundsegmente 1 ersetzt. Die hochbelastete Zone dieser Tunnelschale ist insbesondere durch eine Tunnelschalenöffnung 25 gegeben. Durch die Tunnelschalenöffnung 25 verlaufen die durch das umliegende Erdreich auf die Tunnelschale wirkenden Kräfte entlang der benachbarten Segmente, wodurch in diesem Bereich erhöhte Kräfte und Spannungen auftreten. Gegebenenfalls werden diese Kräfte durch Einsetzen einer weiteren Tunnelschale in die Tunnelschalenöffnung 25 getragen - jedoch ist zumindest bei der Erstellung der Tunnelschalenöffnung 25 eine temporäre erhöhte Belastung, insbesondere eine temporäre Überbelastung der herkömmlichen vorgefertigten Segmente 2 gegeben. Die Verbundsegmente 1 umfassen jeweils an zumindest einer lastabtragenden Stirnseite 4 des Verbundelements 1 jeweils einen Verstärkungskörper 5. Im vorliegenden Fall sind ein erstes Verbundsegment 19 und ein zweites Verbundsegment 20 jeweils paarweise vorgesehen. Beide Verbundsegmente 19, 20 eines Paares umfassen jeweils einen Verstärkungskörper 5. Dabei sind die beiden Verbundsegmente 19, 20 eines Paares derart angeordnet, dass die beiden Verstärkungskörper aneinander anliegend ausgebildet sind. Die Verbundsegmente 1 werden, lokal begrenzt, an jenen Positionen der Tunnelschale eingesetzt, in denen erhöhte oder zumindest temporär erhöhte Kräfte auftreten. Durch die Verstärkungskörper 5 wird die Tragfähigkeit bzw. die Festigkeit der Tunnelschale verbessert. Die Tunnelschale setzt sich somit in allen Ausführungsformen bevorzugt aus herkömmlichen vorgefertigten Segmenten zusammen, die in hochbelasteten oder temporär hochbelasteten Abschnitten durch Verbundsegmente 1 ersetzt oder gebildet sind. In der vorliegenden Ausführungsform sind die Verbundsegmente 1 nur an einer ihrer lastabtragenden Stirnseiten 4 mit einem Verstärkungskörper 5 versehen. Gegebenenfalls können in allen Ausführungsformen die Verbundsegmente jedoch an beiden lastabtragenden Stirnseiten 4 jeweils mit einem Verstärkungskörper 5 versehen sein. Jedenfalls ist die Anordnung der Tunnelschale bevorzugt derart ausgebildet, dass an jedem Verstärkungskörper 5 eines Verbundsegments 1 der Verstärkungskörper 5 eines benachbarten Verbundsegments 1 anliegt.

[0056] Die Verstärkungskörper 5 bilden bevorzugt die lastabtragende Stirnseite 4 des Verbundsegments 1. Insbesondere ist das Verbundsegment 1 bzw. dessen Grundkörper 3 großflächig oder komplett von dem Verstärkungskörper 5 abgedeckt, wie insbesondere auch den nachfolgenden Figuren und Schnittdarstellungen gezeigt wird.

[0057] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Abwicklung eines Abschnitts einer Tunnelschale, insbesondere im Bereich einer Tunnelschalenöffnung 25. Die Tunnelschalenöffnung wird beispielsweise durch Entfernen von Segmenten bzw. durch teilweises Zerschneiden und Entfernen von Segmentteilen gebildet. Die umliegenden Elemente der Tunnelschale nehmen, zumindest während des Bestehens einer ungestützten Tunnelschalenöffnung 25, erhöhte Kräfte auf. Aus diesem Grund werden in diesem Bereich die erfindungsgemäß ausgestalteten Verbundsegmente 1 vorgesehen. Diese weisen eine erhöhte Tragkraft gegenüber den herkömmlichen vorgefertigten Segmenten 2 auf. Die in Fig. 2 vertikal verlaufenden Fugen sind die sogenannten Ringfugen, die bei einer fertiggestellten Tunnelschale im Wesentlichen ringförmig entlang einer Normalebene zur Längserstreckung der Tunnelschale verlaufen. Die in Fig. 2 dargestellten horizontal, also quer verlaufenden Fugen zwischen den Elementen der Tunnelschale sind die sogenannten Längsfugen, die entlang der Längserstreckungsrichtung der Tunnelschale verlaufen.

[0058] Im hochbelasteten Abschnitt, jedoch auch in weiteren Teilen der Tunnelschale, können

in allen Ausführungsformen Schubbolzen 26 vorgesehen sein. Diese Schubbolzen 26 verbinden zwei Segmente 2 bzw. zwei Verbundsegmente 1 oder ein Segment 2 mit einem Verbundsegment 1 entlang bzw. über die Ringfuge miteinander. Dadurch werden die auf die Tunnelschalenöffnung 25 wirkenden Kräfte auf die seitlich der Tunnelschalenöffnung 25 angeordneten Segmente umgeleitet bzw. übertragen. Jene Schubbolzen 26, die in Segmente des unterbrochenen Rings ragen, sind besonders hohen Kräften, insbesondere Scherkräften ausgesetzt. Diese in Fig. 2 dunkel eingefärbten Schubbolzen 26 können eine erhöhte Tragkraft aufweisen. Weitere Schubbolzen 26, die zwar im hochbelasteten Abschnitt angeordnet sind, aber nicht in jenen Ringen, die durch die Tunnelschalenöffnung 25 unterbrochen sind, können eine geringere Tragkraft aufweisen als die zuvor beschriebenen Schubbolzen 26. Zur Erhöhung der Tragkraft kann beispielsweise die Zahl der Schubbolzen 26 in dem hochbelasteten Bereich erhöht werden. Alternativ kann auch die Materialfestigkeit der in diesem Bereich verwendeten Schubbolzen 26 erhöht werden und/oder die Dicke der Bolzen vergrößert werden.

[0059] Die Verbundsegmente 1 umfassen jeweils einen Verstärkungskörper 5. Zwei benachbarte Verbindungssegmente 1 liegen mit ihren jeweiligen Verstärkungskörpern 5 am benachbarten Verbundsegment bzw. an dessen Verstärkungskörper 5 an, sodass die entlang eines Rings angeordneten Verbundsegmente immer mit ihren Verstärkungskörpern 5 aneinander anliegen.

[0060] Fig. 3 zeigt eine Schnittdarstellung eines Teils einer Anordnung mit zwei Verbundsegmenten 1, insbesondere einem ersten Verbundsegment 19 und einem zweiten Verbundsegment 20. Die Verbundsegmente umfassen beide einen Grundkörper 3 und einen Verstärkungskörper 5. Die Verstärkungskörper sind jeweils an den lastabtragenden Stirnseiten 4 des Verbundsegments 1 vorgesehen. Die Grundkörper 3 sind, wie bei dieser Ausführungsform, bevorzugt als plattenförmige oder balkenförmige Körper ausgebildet, die am Grundkörper 3 bzw. an der lastabtragenden Stirnseite 6 des Grundkörpers 3 vorgesehen sind und bevorzugt die lastabtragende Stirnseite 6 komplett oder zu großen Teilen abdecken. An der Außenfläche 7 der lastabtragenden Stirnseite 4 des Verbundsegments 1 umfasst jedes Verbundsegment 1 eine Lastabtragungsfläche 8. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Lastabtragungsfläche 8 des zweiten Verbundsegments 20 durch eine Schulter von der restlichen Stirnseite 4 abgegrenzt und ragt über die restliche Stirnseite hinaus. Bei dem ersten Verbundsegment 19 ist die Lastabtragungsfläche 8 ein Teil der Außenfläche der lastabtragenden Stirnseite, der körperlich nicht von der Außenfläche abgegrenzt ist. Insbesondere ergibt sich die Größe der Lastabtragungsfläche 8 durch die Anlage mit einem zweiten Verbundsegment 1. Somit ist die Lastabtragungsfläche 8 gegebenenfalls in allen Ausführungsformen durch die Berührungsfläche mit dem benachbarten Verbundsegment 1 definiert. Diese Lastabtragungsfläche 8 ist erfindungsgemäß kleiner als die Verbindungsfläche 9. Die Verbindungsfläche 9 ist jene Fläche, die entlang der Verstärkungskörper 5 am Grundkörper 3 und insbesondere an der lastabtragenden Stirnseite 6 des Grundkörpers 3 anliegt. Die Verstärkungskörper 5 umfassen jeweils zumindest einen, bevorzugt zwei Dichtungsbereiche 13. Die Dichtungsbereiche 13 sind in der vorliegenden Ausführungsform jeweils stufen- bzw. nutförmig ausgeführt. Insbesondere wird oder werden durch Zusammenführen zweier Verstärkungskörper 5 durch die jeweils vorgesehenen Dichtungsbereiche 13 zumindest eine, bevorzugt zwei Dichtungsnuten 24 gebildet. Zumindest in der außenliegenden Dichtungsnut 24 ist in der vorliegenden Ausführungsform eine Dichtung 14 vorgesehen. Bevorzugt verläuft ein Dichtungsbereich 13 entlang aller Stirnseiten des Verbundsegments 1, also an beiden lastabtragenden Stirnseiten und ferner an den beiden Stirnseiten, die entlang der Ringfuge verlaufen. Bevorzugt verläuft der Dichtungsbereich 13 entlang einer durchgehenden Kontur, die sich um das gesamte Verbundsegment herum erstreckt.

[0061] Ferner umfassen die Verbundsegmente 1 jeweils eine Befestigungsöffnung 15 zur Durchführung oder Befestigung eines Befestigungsmittels 16. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Befestigungsöffnung 15 des ersten Verbindungssegments 19 als Sackloch ausgebildet, die sich Richtung lastabtragende Stirnseite 4 öffnet. Die Befestigungsöffnung 15 des zweiten Verbundsegments 20 ist durch eine Durchgangsöffnung gebildet, die Teile des Grundkörpers und den gesamten Verstärkungskörper 5 des zweiten Verbundsegments 20 durchstößt. Dadurch kann ein Befestigungsmittel 16 durch die Befestigungsöffnung 15 des zweiten Ver-

bundsegments hindurch in einer Befestigungsöffnung 15 des ersten Verbundsegments 19 befestigt werden, um die beiden Verbundsegmente 19, 20 fest miteinander zu verbinden. Insbesondere kann in dem Sackloch ein Innengewinde vorgesehen sein, in das ein als Schraube ausgebildetes Befestigungsmittel 16 eingeschraubt werden kann, wie es der vorliegenden Darstellung der Fig. 3 entspricht. Das Gewinde kann dabei direkt in das Material des Verbundkörpers geschnitten sein.

[0062] Zur Zentrierung der Verbundsegmente 19, 20 gegenüber einander und insbesondere zur Zentrierung der beiden lastabtragenden Stirnseiten 6 gegenüber einander sind Zentriermittel 21 vorgesehen. Diese Zentriermittel können beispielsweise eine Paarung eines Zentrierfortsatzes 22 mit einer Zentrieröffnung 23 sein, wobei ein Zentrierfortsatz 22 am Verstärkungskörper 5 des einen Verbundsegments und die Zentrieröffnung 23 am Verstärkungskörper 5 des anderen Verbundsegments vorgesehen sein kann, sodass der Zentrierfortsatz 22 zur Zentrierung in die Zentrieröffnung 23 eingeführt werden kann. Gemäß nicht dargestellter Ausführungsformen kann die Zentrierung auch über andere herkömmliche Zentriermittel wie beispielsweise Zentrierhülsen, die in die Befestigungsöffnung 15 eingeführt werden, über Passschrauben, die in die Befestigungsöffnung 15 eingeführt werden oder über andere Mittel erfolgen.

[0063] Ferner umfassen die Verbundsegmente der vorliegenden Ausführungsform Injektionsleitungen 17, die in den Bereich zwischen Verstärkungskörper 5 und Grundkörper 3 und insbesondere zur Stirnseite 6 des Grundkörpers 3 ragen, um nach Bedarf ein Injektionsmittel in diesen Bereich einbringen zu können. Ein derartiges Injektionsmittel kann beispielsweise ein Dichtmittel sein, das von außen zugeführt werden kann, um einen gegebenenfalls bestehenden Spalt zwischen Grundkörper 3 und Verstärkungskörper 5 nachträglich abdichten zu können. Dazu wird beispielsweise ein aushärtbares Dichtmittel durch die Injektionsleitung 17 in den betreffenden Bereich eingebracht.

[0064] Fig. 4 zeigt eine weitere Schnittdarstellung zweier Verbundsegmente 1, insbesondere eines ersten Verbundsegments 19 und eines zweiten Verbundsegments 20. Insbesondere entspricht die Schnittdarstellung der Fig. 4 einer Schnittdarstellung der Verbundsegmente aus Fig. 3 jedoch an einer anderen Stelle. Die Verbundsegmente umfassen jeweils wiederum einander zugewandte, jeweils an ihren lastabtragenden Stirnseiten 4 angeordnete Verstärkungskörper 5. Die Verstärkungskörper 5 sind bevorzugt, wie in dieser Ausführungsform dargestellt, über zumindest einen, bevorzugt über mehrere Ankerfortsätze 18 mit dem jeweiligen Grundkörper 3 verbunden. Die Ankerfortsätze 18 sind dabei ankerförmige Körper, insbesondere stabförmige Körper die bevorzugt abschnittsweise hinterschnitten ausgebildet sind. Die Ankerfortsätze 18 sind fest mit dem jeweiligen Grundkörper verbunden und stehen von diesem an der der lastabtragenden Stirnseite 4 entgegengesetzten Seite des Verstärkungskörpers 5 ab. Diese abstehenden Fortsätze werden in weiterer Folge fest mit dem Grundkörper 3 verbunden. Diese Verbindung kann beispielsweise durch Einschrauben, Eingießen oder Einpressen in eine Öffnung des Grundkörpers 3 hergestellt werden. Die Verbindung der Ankerfortsätze 18 mit dem jeweiligen Verstärkungskörper 5 kann beispielsweise durch eine Schraubverbindung, eine Schweißverbindung oder eine Pressverbindung oder durch ähnliche starre Verbindungen erfolgen. Gegebenenfalls ist der Ankerfortsatz einstückig mit dem Verstärkungskörper 5 verbunden.

[0065] Die Dicke 10 des Verstärkungskörpers 5 ist bevorzugt in allen Ausführungsformen derart bemessen, dass eine Verteilung, der durch die Lastabtragungsfläche 8 eingeleiteten Kräfte auf eine ausreichend große Fläche der Verbindungsfläche 9 ermöglicht ist. Insbesondere entspricht die Dicke 10 in etwa dem Abstand 11 der Lastabtragungsfläche 8 von der Längskante 12. Bevorzugt beträgt das Verhältnis der Dicke 10 zum Abstand 11 etwa 0,7 bis 1,3. Insbesondere ist die Dicke 10 des Verstärkungskörpers 5 derart bemessen, dass jene Kraft, die durch die Lastabtragungsfläche 8 in den Verstärkungskörper 5 eingeleitet wird an der Verbindungsfläche 9 des Verstärkungskörpers 5 am Grundkörper 3 eine Flächenpressung bewirkt, die unterhalb der höchstzulässigen Flächenpressung des Materials des Grundkörpers 3 liegt. Die schematisch dargestellten Kraft- bzw. Spannungslinien verlaufen in der Regel im rechten Winkel von der Lastabtragungsfläche 8, verteilen sich in weiterer Folge kegelförmig, abhängig von Materialwerten in etwa einem 45° Kegel und enden orthogonal in jener Fläche, durch die die Kraft weiterge-

leitet wird. Durch den etwa 45° Winkel des Kegels ergibt sich ein Verhältnis der Dicke 10 zum Abstand 11 von etwa 1:1.

[0066] Ferner können in allen Ausführungsformen, wie beispielsweise in Fig. 4 gezeigt, an den innenliegenden Seiten der Verbundsegmente 1, insbesondere an den innenliegenden Seiten der Verstärkungskörper 5 jeweils ein Brandschutzanstrich 27 bzw. eine Brandschutzbeschichtung 27 vorgesehen sein.

[0067] In weiterer Folge wird ein Verfahren zur Bildung einer erfindungsgemäßen Tunnelschale anhand eines exemplarischen Ausführungsbeispiels beschrieben. Insbesondere wird das Verfahren anhand der exemplarischen Ausbildung der Fig. 2 näher beschrieben. In normal belasteten Zonen und Abschnitten der Tunnelschale, wird die Tunnelschale bevorzugt durch herkömmliche, vorgefertigte Segmente 2, wie beispielsweise durch herkömmliche Betontübbinge gebildet. In jenem Bereich, in dem eine höhere Belastung zu erwarten ist, werden statt herkömmlicher Tübbinge erfindungsgemäße Verbundsegmente 1 eingesetzt. Diese weisen an einer oder an beiden lastabtragenden Stirnseiten 4 jeweils einen Verstärkungskörper 5 auf. Insbesondere werden die Verbundsegmente 1 derart zueinander ausgerichtet, dass sie mit ihren Verstärkungskörpern 5 bzw. mit ihren Lastabtragungsflächen 8 aneinander anliegen.

[0068] Um die auf einen Ring wirkenden Kräfte auf mehrere Ringe zu verteilen, können Schubbolzen 26 vorgesehen werden, die eine Kraftübertragung eines Rings auf einen entlang der Längserstreckungsrichtung der Tunnelschale benachbarten Ring ermöglichen. Derartige Schubbolzen 26 können ausschließlich im Bereich der erhöhten Belastung, aber gegebenenfalls auch im gesamten Tunnel bzw. entlang der gesamten Tunnelschale vorgesehen werden.

[0069] Um beispielsweise eine Tunnelschalenöffnung 25 zu bilden, kann in einem ersten Schritt eine durchgehende Tunnelschale gebildet werden, wobei in jenem Bereich, der die geplante Tunnelschalenöffnung 25 umgeben soll, insbesondere in den hochbelasteten Bereichen, Verbundsegmente 1 angeordnet werden. Diese Verbundsegmente 1 werden bevorzugt statt den herkömmlichen vorgefertigten Segmenten eingesetzt. In weiterer Folge werden jene Segmente der Tunnelschale entfernt bzw. teilweise entfernt, die im Bereich der zu bildenden Tunnelschalenöffnung 25 angeordnet sind. Sind diese Segmente entfernt, so lasten jene Kräfte, die auf die durch die Tunnelschalenöffnung 25 unterbrochenen Ringe wirken, insbesondere über die Schubbolzen 26, auf den benachbarten Segmenten, die jedoch aufgrund ihrer erhöhten Tragfähigkeit die Kräfte unter Einhaltung ihrer maximalen Belastbarkeit aufnehmen können. In weiterer Folge, insbesondere nach dem Erstellen der Tunnelschalenöffnung 25, kann die Tunnelschalenöffnung 25 mit einem Tragrahmen wie beispielsweise mit einem Kranz oder mit einer weiteren Tunnelschale, die beispielsweise durch die Tunnelschalenöffnung 25 eintritt, abgestützt werden, womit auch die Belastung der unterbrochenen Ringe durch diesen Kranz oder durch diese zusätzliche Tunnelschale getragen wird. Dadurch können die Verbundsegmente 1 wieder entlastet werden. Diese weitere Tunnelschale ist bevorzugt eine Nebentunnelschale, also eine Tunnelschale eines Nebentunnels, der im Bereich der Tunnelschalenöffnung 25 in die Tunnelschale mündet. Dadurch kann beispielsweise eine Abzweigung gebildet werden. Bei einer Ausgestaltung, bei der eine Nebentunnelschale von einer Tunnelschale, insbesondere einer Haupttunnelschale abzweigt, umfasst die Tunnelschale eine Haupttunnelschale und eine Nebentunnelschale. Bevorzugt bildet dabei die Nebentunnelschale einen Tragrahmen zur Abstützung der Tunnelschalenöffnung 25. Der Tragrahmen verbleibt bevorzugt in der Tunnelschale.

[0070] Gegebenenfalls können die Verbundsegmente 1 jedoch auch dauerhaft erhöhten Belastungen ausgesetzt werden.

[0071] Exemplarische Verbundsegmente zur Bildung eines Tunnels mit einem Durchmesser von etwa 10m können beispielsweise folgende Dimensionen aufweisen, wobei darauf hingewiesen wird, dass diese Dimensionen je nach Belastung und Tunneldurchmesser im Wesentlichen proportional angepasst werden:

Die Wandstärke des Verbundsegments bzw. des herkömmlichen Segments kann beispielsweise 300 bis 600 mm, bevorzugt etwa 450 mm betragen. Die Dicke des Verstärkungskörpers

kann beispielsweise 80 bis 120 mm, bevorzugt etwa 100 mm betragen. Die Breite der Lastabtragungsfläche, die insbesondere in radialer Richtung der Tunnelschale gemessen wird, und beispielsweise der geschwungenen Klammer des Bezugszeichens 8 in Fig. 3 entspricht, kann beispielsweise 190 bis 250 mm, bevorzugt etwa 220 mm betragen. Die Ankerfortsätze können beispielsweise etwa 150 bis 250 mm aus der Rückseite der Verstärkungskörper ragen und einen Durchmesser von etwa 20 bis 40 mm aufweisen. Gegebenenfalls ist die Oberfläche der Ankerfortsätze strukturiert, insbesondere mit Hinterschneidungen versehen, um eine bessere Verankerung in dem Grundkörper zu bewirken. Bevorzugt sind die Verstärkungskörper, die Ankerfortsätze und die Befestigungsmittel aus demselben Material bzw. aus gleichwertigen Materialien gebildet, sodass insbesondere die Korrosionsneigung verringert wird. Gegebenenfalls ist der Dichtungsbereich eines Verstärkungskörpers als parallel zur Seitenkante des Verstärkungskörpers und beabstandet zur Seitenkante des Verstärkungskörpers verlaufende Nut ausgebildet. Ein ähnlich oder gespiegelt ausgebildeter Dichtungsbereich kann in dem benachbart anliegenden Verstärkungskörper vorgesehen werden, sodass sich eine Dichtungskammer ergibt, die gegebenenfalls nach außen durch einen schmalen Spalt geöffnet ist. Die Dichtungskammer kann beispielsweise durch ein Dichtungsprofil abgedichtet werden. Die entstehende schmale Fuge bzw. der schmalen Spalte, der die Dichtungskammer nach außen öffnet, kann beispielsweise durch ein Fugenband wie insbesondere ein Kaubit-Fugenband verschlossen werden. Eine derartige Anordnung ist beispielsweise bei der oberen Dichtungsnut 24 in Fig. 3 zu sehen. Die untere Dichtungsnut 24 der Fig. 3 ist insbesondere derart ausgestaltet, dass nachträglich eine Dichtung eingesetzt werden kann. Hierzu weist die Dichtungsnut 24 Einlaufschrägen auf, die es ermöglichen, eine elastisch verformbare Dichtung nachträglich einzusetzen.

[0072] Das erfindungsgemäße Verbundsegment und die erfindungsgemäße Tunnelschale können insbesondere zur Bildung von Tunneln, Stollen, Schächten und/oder Kavernen eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verbundsegment (1) zur Bildung eines zumindest temporär hoch belasteten Abschnittes einer aus vorgefertigten Segmenten (2) zusammengesetzten Tunnelschale, wobei das Verbundsegment einen der Form der Tunnelschale angepassten Grundkörper (3) aus bewehrtem Beton umfasst, wobei an mindestens einer lastabtragenden Stirnseite (4) des Verbundsegments (1) ein Verstärkungskörper (5) vorgesehen ist,
 - wobei der Verstärkungskörper (5) eine in der Außenfläche (7) der lastabtragenden Stirnseite (4) des Verbundsegments (1) liegende Lastabtragungsfläche (8) zur flächigen Anlage an einem benachbarten Element der Tunnelschale aufweist,
 - wobei der Verstärkungskörper (5) eine an dem Grundkörper (3) flächig anliegende Verbindungsfläche (9) aufweist,
 - und wobei die Verbindungsfläche (9) größer ist als die Lastabtragungsfläche (8)**dadurch gekennzeichnet,**
 - dass das Größenverhältnis der normal zur lastabtragenden Stirnseite (4) betrachteten Dicke (10) des Verstärkungskörpers (5) relativ zum Abstand (11) der Lastabtragungsfläche (8) von einer Längskante (12) zwischen 0,7 und 1,3 liegt.
2. Verbundsegment nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Verstärkungskörper (5) ein plattenförmiger oder balkenförmiger Körper ist, der mindestens eine lastabtragende Stirnseite (4) des Verbundsegments (1) bildet und/oder die gesamte lastabtragende Stirnseite (6) des Grundkörpers (3) vollständig oder großteils abdeckt.
3. Verbundsegment nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,**
 - dass der Verstärkungskörper (5) aus einem Material gebildet ist, das eine höhere maximal zulässige Flächenpressung aufweist als das Material des Grundkörpers (3),
 - und/oder dass der Verstärkungskörper (5) eine geringere Sprödigkeit aufweist als das Material des Grundkörpers (3).
4. Verbundsegment nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Verstärkungskörper (5) aus Stahl und/oder aus Edelstahl gebildet ist.
5. Verbundsegment nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass ein als Nut und/oder als Stufe ausgebildeter Dichtungsbereich (13) zur Aufnahme einer Dichtung (14) vorgesehen ist, der sich linienförmig neben der Lastabtragungsfläche (8) über die lastabtragenden Stirnseite (4) erstreckt, insbesondere über die gesamte lastabtragenden Stirnseite (4) erstreckt.
6. Verbundsegment nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass ein als Nut und/oder als Stufe ausgebildeter Dichtungsbereich (13) zur Aufnahme einer Dichtung (14) vorgesehen ist, der sich linienförmig umlaufend entlang aller Stirnflächen des Verbundsegments (1) erstreckt.
7. Verbundsegment nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Verstärkungskörper (5) eine Befestigungsöffnung (15) zur Aufnahme eines Befestigungsmittels (16) wie insbesondere einer Befestigungsschraube, eines Befestigungsbolzens oder eines Befestigungsdübels aufweist.
8. Verbundsegment nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Verstärkungskörper (5) eine Befestigungsöffnung (15) zur Aufnahme eines Befestigungsmittels (16) aufweist,
 - und dass die Befestigungsöffnung (15) als eine den Verstärkungskörper (5) und gegebenenfalls einen Teil des Grundkörpers (3) durchdringende Durchgangsöffnung oder als ein zur lastabtragenden Stirnseite (4) geöffnetes Sackloch ausgebildet ist, wobei im Sackloch gegebenenfalls ein Innengewinde vorgesehen ist.
9. Verbundsegment nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Verstärkungskörper (5) eine Befestigungsöffnung (15) zur Aufnahme eines Befestigungsmittels (16) aufweist,

und dass die Befestigungsöffnung (15) als eine den Verstärkungskörper (5) und gegebenenfalls einen Teil des Grundkörpers (3) durchdringende Durchgangsöffnung oder als ein zur lastabtragenden Stirnseite (4) geöffnetes Sackloch ausgebildet ist, wobei die Öffnung des Sacklochs und/oder die Durchtrittsöffnung der Durchgangsöffnung innerhalb der Lastabtragungsfläche (8) angeordnet sind.

10. Verbundsegment nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Injektionsleitung (17) zur Einbringung eines Injektionsmittels wie insbesondere eines Dichtungsmittels vorgesehen ist, die in die zwischen dem Grundkörper (3) und dem Verstärkungskörper (5) liegende Verbindungsfläche (9) ragt.
11. Verbundsegment nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verstärkungskörper (5) an seiner der Lastabtragungsfläche (8) gegenüberliegenden Seite mindestens einen, bevorzugt mehrere Ankerfortsätze (18) trägt, die fest mit dem Grundkörper (3) verbunden und insbesondere fest in dem Grundkörper (3) eingegossen sind.
12. Verbundsegment nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass an einer lastabtragenden Stirnseite (4) des Verbundsegments (1) oder an beiden lastabtragenden Stirnseiten (4) des Verbundsegments (1) ein Verstärkungskörper (5) vorgesehen ist.
13. Verbundsegment nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verbundsegment (1) ein Sondertübbing zur Bildung eines Teils einer Tunnelschale ist.
14. Tunnelschale, umfassend mehrere vorgefertigte Betonsegmente (2), **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem zumindest temporär hochbelasteten Abschnitt der Tunnelschale mindestens ein Verbundsegment (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche vorgesehen ist.
15. Tunnelschale nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem zumindest temporär hochbelasteten Abschnitt ein erstes Verbundsegment (19) und ein zweites Verbundsegment (20) vorgesehen sind, die beide nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche ausgestaltet sind, und dass das erste Verbundsegment (19) mit seinem Verstärkungskörper (5) am Verstärkungskörper (5) des zweiten Verbundsegments (20) anliegt und/oder dass das erste Verbundsegment (19) mit der Lastabtragungsfläche (8) seines Verstärkungskörpers (5) flächig an der Lastabtragungsfläche (8) des Verstärkungskörpers (5) des zweiten Verbundsegments (20) anliegt.
16. Tunnelschale nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Befestigungsöffnung (15) des ersten Verbundsegments (19) und die Befestigungsöffnung (15) des zweiten Verbundsegments (20) fluchtend angeordnet sind, und dass ein Befestigungsmittel (16) zur Verbindung der beiden Verbundsegmente (19, 20) durch bzw. in die Befestigungsöffnungen (15) ragt.
17. Tunnelschale nach einem der Ansprüche 15 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Zentriermittel (21) zur Lagezentrierung des ersten Verbundsegments (19) zum zweiten Verbundsegment (20) und insbesondere zur Lagezentrierung der Lastabtragungsfläche (8) des ersten Verbundsegments (19) zur Lastabtragungsfläche (8) des zweiten Verbundsegments (20) vorgesehen ist.
18. Tunnelschale nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Zentriermittel (21) zur Lagezentrierung des ersten Verbundsegments (19) zum zweiten Verbundsegment (20) und insbesondere zur Lagezentrierung der Lastabtragungsfläche (8) des ersten Verbundsegments (19) zur Lastabtragungsfläche (8) des zweiten Verbundsegments (20) vorgesehen ist, und dass das Zentriermittel (21) einen Zentrierfortsatz (22) umfasst, der von dem Verstärkungskörper (5) eines Verbundsegments in eine Zentrieröffnung (23) des Verstärkungskörpers (5) des anderen Verbundsegments ragt.
19. Tunnelschale nach einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Verbundsegment (19) zusammen mit dem zweiten Verbundsegment (20) und insbe-

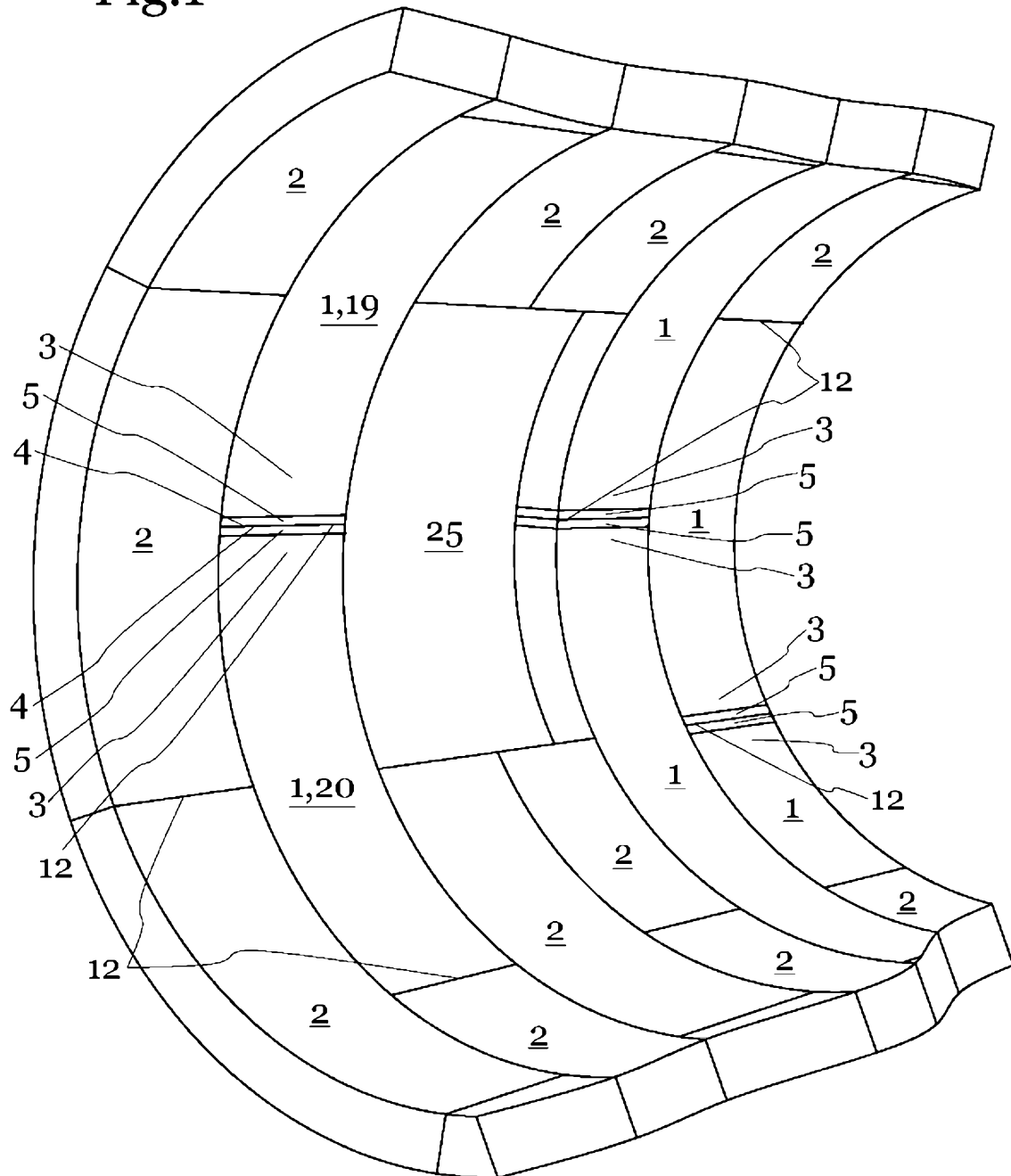
sondere der Dichtungsbereich (13) des Verstärkungskörpers (5) des ersten Verbundsegments (19) zusammen mit dem Dichtungsbereich (5) des Verstärkungskörpers (5) des zweiten Verbundsegments (20) eine Dichtungsnut (24) bildet, in der eine Dichtung (14) zur Abdichtung der Tunnelschale vorgesehen ist.

20. Tunnelschale nach einem der Ansprüche 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tunnelschale mehrere als Tübbinge ausgestaltete vorgefertigte Segmente (2) aus bewehrtem Beton umfasst, wobei sich der Beton bis an die lastabtragenden Stirnseiten der Segmente (2) erstreckt wodurch die lastabtragenden Stirnseiten der Segmente (2) aus Beton gebildet sind, und dass in einem zumindest temporär hoch belasteten Abschnitt der Tunnelschale als Sondertübbinge ausgestaltete Verbundsegmente (1) vorgesehen sind.
21. Tunnelschale nach einem der Ansprüche 15 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tunnelschale im Bereich des zumindest temporär hoch belasteten Abschnitts eine Tunnelschalenöffnung (25) aufweist, und dass die Tunnelschale im Bereich der Tunnelschalenöffnung (25) zumindest teilweise aus Verbundsegmenten (1) gebildet ist und/oder dass die Tunnelschalenöffnung (25) zumindest teilweise von den Verbundsegmenten (1) umgeben ist.
22. Tunnelschale nach einem der Ansprüche 14 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass die Tunnelschale eine Haupttunnelschale und eine Nebentunnelschale umfasst,
 - dass die Haupttunnelschale im Bereich des zumindest temporär hoch belasteten Abschnitts eine Tunnelschalenöffnung (25) aufweist, von der die Nebentunnelschale abzweigt.
23. Tunnelschale nach einem der Ansprüche 14 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass die Tunnelschalenöffnung (25) mit einem Tragrahmen versehen ist, wobei der Tragrahmen eine Nebentunnelschale ist, die im Bereich der Tunnelschalenöffnung in die Haupttunnelschale mündet oder von dieser abzweigt oder wobei Tragrahmen ein Kranz ist,
 - und dass die auf den hochbelasteten Abschnitt wirkende Belastung zumindest teilweise durch den Tragrahmen getragen wird, wodurch die Verbundsegmente zumindest teilweise entlastet sind.
24. Verfahren zur Bildung einer Tunnelschale, wobei die Tunnelschale nach einem der Ansprüche 14 bis 23 ausgebildet ist, umfassend folgende Schritte:
 - fortlaufendes Bilden der Tunnelschale durch Aneinanderreihen mehrerer vorgefertigter Betonsegmente,
 - Bilden des zumindest temporär hochbelasteten Abschnitts der Tunnelschale durch Aneinanderreihen der Verbundsegmente.
25. Verfahren nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tunnelschale im Bereich des zumindest temporär hochbelasteten Abschnitts mit einer Tunnelschalenöffnung versehen wird, wobei die Tunnelschalenöffnung in einem Bereich gebildet wird, der zumindest teilweise von Verbundsegmenten der Tunnelschale umgeben ist.
26. Verfahren nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tunnelschalenöffnung nach der Bildung einer durchgehenden Tunnelschale durch Entfernen von Betonsegmenten der Tunnelschale und/oder durch teilweises Entfernen von Betonsegmenten oder Verbundsegmenten der Tunnelschale gebildet wird.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 oder 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tunnelschalenöffnung mit einem Tragrahmen versehen wird, wobei der Tragrahmen insbesondere ein Kranz oder eine Nebentunnelschale ist, die im Bereich der Tunnelschalenöffnung in die Haupttunnelschale mündet, und dass die auf den hochbelasteten Abschnitt wirkende Belastung zumindest teilweise durch den Tragrahmen getragen wird, wodurch die Verbundsegmente zumindest teilweise entlastet werden.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

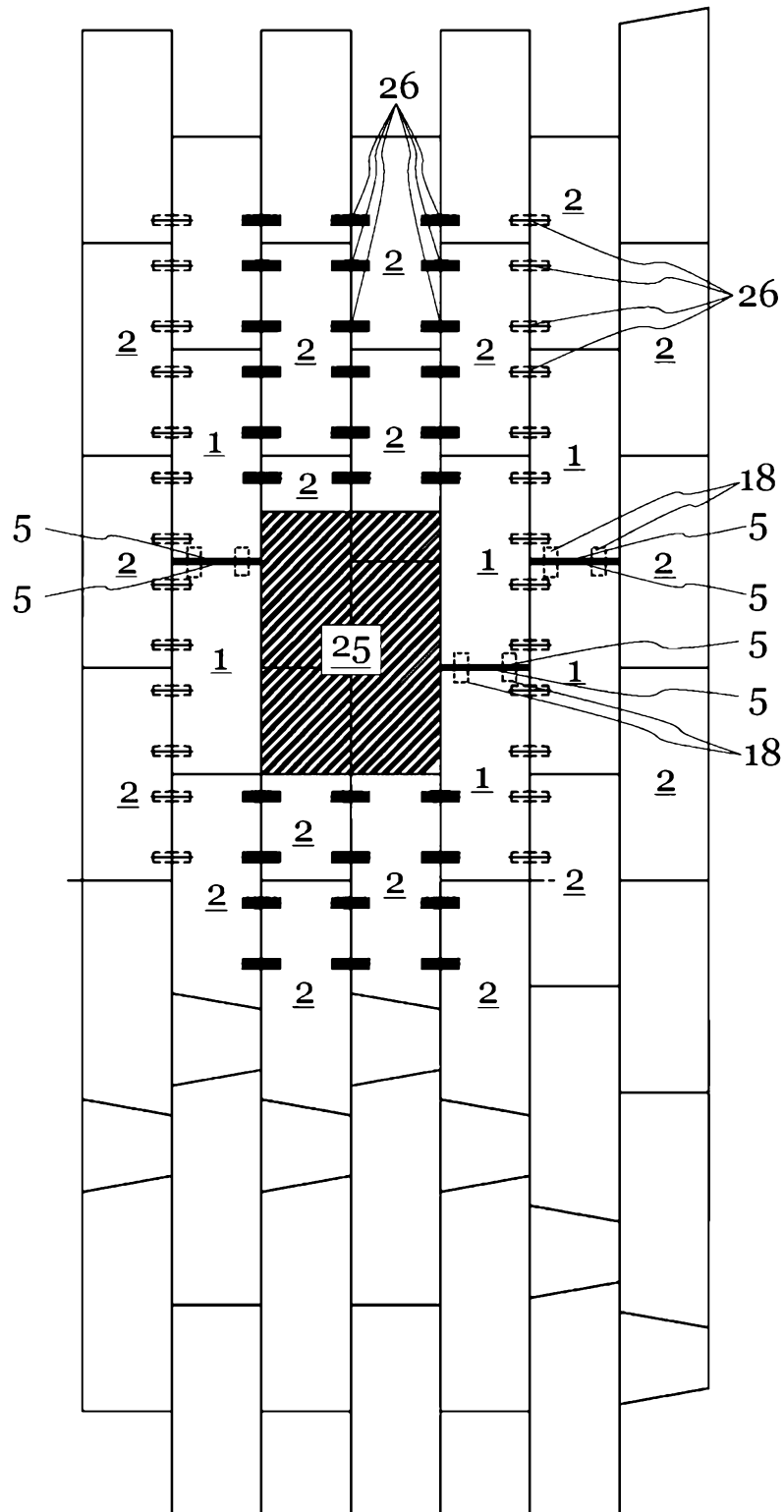
1/4

Fig.1



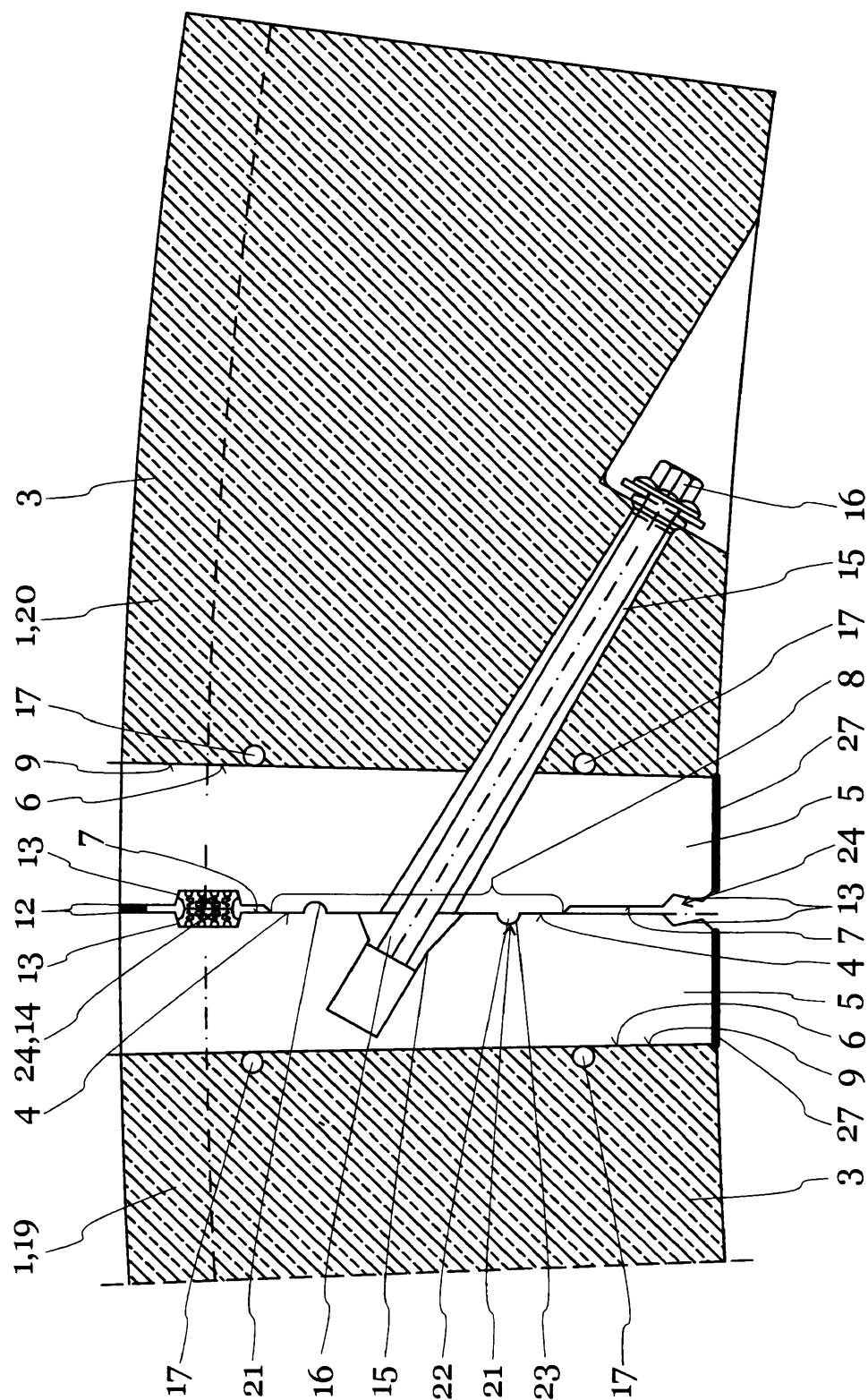
2/4

Fig.2



3/4

Fig.3



4/4

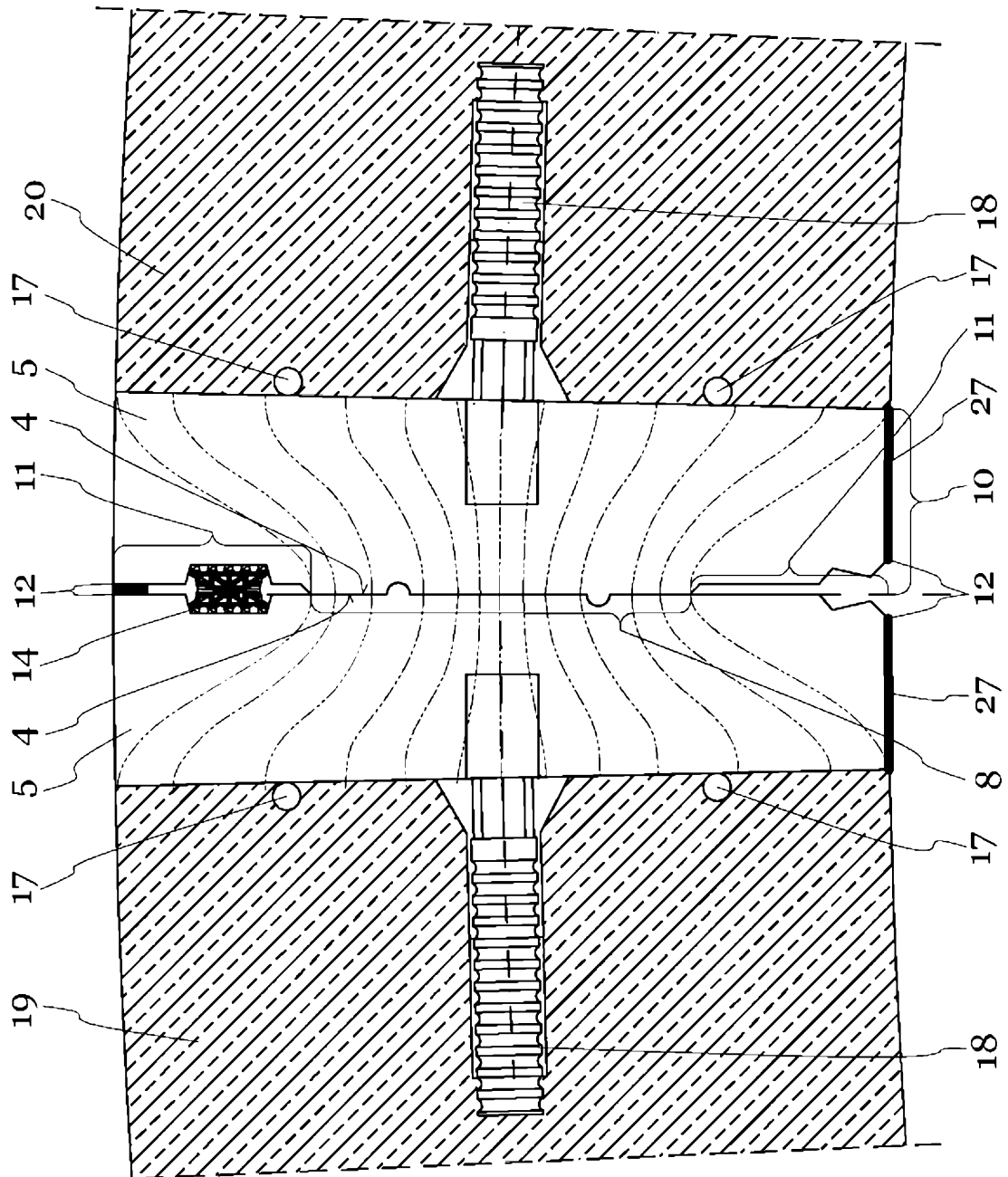


Fig.4