



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 413 681 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.04.2004 Patentblatt 2004/18

(51) Int Cl.7: **E02D 27/02**

(21) Anmeldenummer: **03024200.2**

(22) Anmeldetag: **21.10.2003**

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

(72) Erfinder:
• **Meier, Werner**
91207 Lauf (DE)
• **Fuchs, Johann**
92369 Sengenthal (DE)

(30) Priorität: **23.10.2002 DE 10249546**

(74) Vertreter: **Bergmeier, Werner, Dipl.-Ing.**
Friedrich-Ebert-Strasse 84
85055 Ingolstadt (DE)

(71) Anmelder: **Max Bögl Bauunternehmung GmbH &
Co. KG**
92301 Neumarkt (DE)

(54) **Bauwerk mit einer Pufferschicht und Verfahren zum Herstellen eines Bauwerks**

(57) Es wird ein Bauwerk mit einer Pufferschicht (1) zwischen einer ersten Materialschicht und einer zweiten Materialschicht, welche sich relativ zueinander bewegen können, vorgeschlagen, wobei die Pufferschicht (1) aus einem Material besteht, welches bei Einwirkung einer Druckkraft sein Volumen verringert. Das erfindungs-

gemäße Bauwerk zeichnet sich dadurch aus, daß die Pufferschicht (1) aus einem porösen Material besteht, das bei Überschreitung einer vorbestimmten Druckkraft im wesentlichen schlagartig zusammenbricht und damit ihr Volumen verringert. Desweiteren wird ein entsprechendes Verfahren zum Herstellen eines solchen Bauwerks vorgeschlagen.

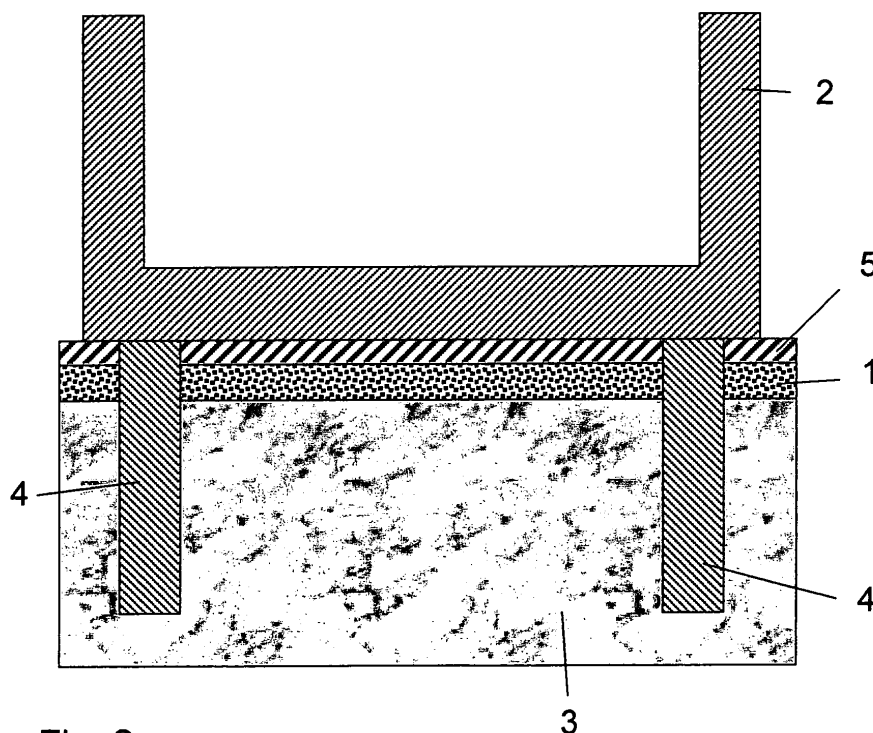


Fig. 2

EP 1 413 681 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bauwerk mit einer Pufferschicht zwischen einer ersten Materialschicht und einer zweiten Materialschicht, welche sich relativ zueinander bewegen können, wobei die Pufferschicht aus einem Material besteht, welches bei Einwirkung einer Druckkraft sein Volumen verringert, sowie ein Verfahren zum Herstellen eines Bauwerks mit einer ersten Materialschicht an einer Pufferschicht, welche angrenzend an einer zweiten Materialschicht eingerichtet wird und bei Einwirkung einer Druckkraft ihr Volumen verringert.

[0002] Wird ein Bauwerk bzw. eine Betonschicht auf einer weiteren Materialschicht, insbesondere einem Untergrund angefertigt, von welchem zu erwarten ist, daß er sich relativ zu der Betonschicht bewegen wird, so wird zwischen der Betonschicht und der weiteren Materialschicht eine Pufferschicht vorgesehen. Die Pufferschicht dient dabei einer Entlastung der Betonschicht. Bewegungen der weiteren Materialschicht werden dadurch nicht direkt an die Betonschicht weitergegeben, sondern von der Pufferschicht aufgefangen. Die Betonschicht wird dadurch vor einer unzulässigen Belastung bewahrt. Eine Zerstörung der Betonschicht wird hierdurch vermieden. Als Pufferschicht wird häufig eine Granulatschüttung verwendet. Die lose eingebrachte Granulatschüttung ist dabei in der Lage, Bewegungen der weiteren Materialschicht durch eine Verdichtung des Granulats zu kompensieren. Nachteilig hierbei ist, daß die Pufferschicht in Bezug zu ihrem freigebenden Volumen eine sehr große Dicke aufweisen muß, da sie lediglich in der Lage ist, die Hohlräume zwischen dem Granulat zu verringern. Eine Pufferschicht mit einer Höhe von mehr als 1 m zur Kompensation einer Verschiebung von wenigen cm ist dabei üblich. Bei zunehmender Last wird die Granulatschüttung immer mehr verdichtet und stellt allmählich das erforderliche Volumen zur Verfügung.

[0003] Nachteilig bei diesen Pufferschichten ist das erforderliche große Volumen. Allein zur Kompensation der Verschiebung der Schichten zueinander muß ein wesentlich größeres Volumen an Untergrundmaterial ausgehoben werden, als das Bauwerk selbst erfordert, um den Verschiebungsweg zwischen dem Bauwerk und einer weiteren Materialschicht zur Verfügung zu stellen.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit, die oben genannten Nachteile zu vermeiden und ein Bauwerk mit einer Pufferschicht zu schaffen, welche einerseits tragfähig und andererseits bei geringem Ursprungsvolumen einen möglichst großen Verschiebeweg zwischen zwei Materialschichten gestattet.

[0005] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Bauwerk mit einer Pufferschicht und ein Verfahren zum Herstellen eines Bauwerks mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche.

[0006] Bei dem erfindungsgemäßen Bauwerk befindet sich eine Pufferschicht zwischen einer ersten und

einer zweiten Materialschicht, welche sich relativ zueinander bewegen können. Die Pufferschicht besteht dabei aus einem Material, welches bei Einwirkung einer Druckkraft sein Volumen verringert. Das erfindungsgemäße Material der Pufferschicht ist porös und bricht bei Überschreitung einer vorbestimmten Druckkraft im wesentlichen schlagartig zusammen. Durch dieses schlagartige Zusammenbrechen wird das Volumen der Pufferschicht deutlich verringert, wodurch Platz geschaffen wird für die Bewegung der beiden Materialschichten aufeinander zu. Die tragenden Anteile in dem Material weisen im Vergleich zum Volumen der Hohlräume ein relativ geringes Volumen auf, wodurch das Gesamtvolumen des Materials, nachdem es zusammengebrochen ist, deutlich verringert wird.

[0007] Das Material der Pufferschicht bewirkt, daß es bis zu der vorbestimmten Druckkraft weitgehend ohne Volumenreduzierung bleibt. Es ist dadurch möglich auf der Pufferschicht die erste Materialschicht aufzubauen, wobei die Pufferschicht in der Lage ist, diese erste Materialschicht zu tragen. Erst wenn zu einem späteren Zeitpunkt, insbesondere nachdem das Bauwerk vollendet ist, eine Bewegung zwischen der ersten Materialschicht und der zweiten Materialschicht erfolgt, wird die vorbestimmte Druckkraft durch die Bewegung der beiden Materialschichten relativ zueinander erhöht und die Pufferschicht bricht dabei zusammen. Durch das schlagartige Zusammenbrechen der Pufferschicht wird vermieden, daß eine unzulässig große Druckkraft auf die erste Materialschicht erzeugt wird. Diese würde unter Umständen zu Rissen in der ersten Materialschicht führen und somit eine Beschädigung des Bauwerks verursachen können. Dadurch, daß die Pufferschicht bei Überschreiten der zulässigen Kraft schlagartig nachgibt, wird ausreichend Platz geschaffen, um die Bewegung der zweiten Materialschicht ohne Auswirkung auf die erste Materialschicht zuzulassen.

[0008] Vorteilhafterweise ist die erste Materialschicht eine aus Ortbeton hergestellte Betonschicht. Diese Betonschicht kann auf der Pufferschicht aufgebracht werden. Die Pufferschicht dient dabei als eine Art verlorene Schalung. Zusätzliche Schalarbeiten sind im allgemeinen nicht erforderlich. Es kann aber vorteilhaft sein eine Lastverteilungsplatte einzusetzen um die Pufferschicht durch das Gewicht des Betons nicht zu verletzen. Die Tragfähigkeit der Pufferschicht muß so ausgerichtet sein, daß die Druckkraft, welche durch den frischen Ortbeton zu erwarten ist und gegebenenfalls weiterer auf dem Ortbeton angeordneter Baumaschinen oder andere Lasten, die Pufferschicht nicht zerstören. Die Zerstörung soll erst dann erfolgen, wenn die beiden Materialschichten, insbesondere die zweite Materialschicht sich in bezug auf die erste Materialschicht bewegt.

[0009] Die zweite Materialschicht kann vielfältiger Art sein. Wird das Bauwerk auf dem Erdboden errichtet, ist eine erfindungsgemäße Pufferschicht besonders dann vorteilhaft, wenn die zweite Materialschicht ein quellfähiger Erdboden, insbesondere Ton ist. Durch die Auf-

nahme von Feuchtigkeit wird das Volumen dieses quellfähigen Erdbodens vergrößert und er würde eine unzulässige Druckkraft auf die Unterseite des Bauwerks ausüben. Diese unzulässige Druckkraft wird von der Pufferschicht, welche nach ihrer Zerstörung ausreichend Volumen für das Quellen des Erdbodens zur Verfügung stellt, aufgenommen und schafft dadurch eine Entlastung des Bauwerkes.

[0010] Je nach Bauwerk kann es von Vorteil sein, wenn zwischen der zweiten Materialschicht und der Pufferschicht eine Spritzbetonschicht angeordnet ist. Die Spritzbetonschicht dient z.B. dazu, ein unzulässiges Eindringen von Grundwasser in die Baugrube, in welcher das Bauwerk erstellt werden soll, zu vermeiden. Das Bauwerk kann dadurch ohne Einflußnahme des Grundwassers errichtet werden. Außerdem ist die Verlegung der Pufferschicht hierdurch einfacher, da die Pufferschicht auf einem gleichmäßigen Untergrund, d. h. der Spritzbetonschicht, aufgebracht werden kann.

[0011] Ist die Pufferschicht und die Spritzbetonschicht gewölbeförmig ausgebildet, so kann ein größerer Grundwasserdruck abgefangen werden. Die Kraftaufnahme der Spritzbetonschicht wird durch die gewölbeförmige Ausbildung wesentlich erhöht. Die Pufferschicht kann dadurch mit einem geringeren Volumen ausgebildet werden.

[0012] Vorteilhafterweise bleibt das Volumen der Pufferschicht bis zum Erreichen der vorbestimmten Druckkraft weitgehend gleich. Hierdurch kann die Pufferschicht als Element einer verlorenen Schalung dienen, da die Form der Pufferschicht auch durch die Last der auf ihr ruhenden Materialschicht beibehalten wird. Erst bei Erreichen der vorbestimmten Druckkraft bricht die Pufferschicht zusammen.

[0013] Besonders vorteilhaft ist es, wenn sich das Volumen der Pufferschicht bei Erreichen der vorbestimmten Druckkraft um mindestens 60% verringert. Hierdurch wird schlagartig genügend Volumen geschaffen, welches für eine Bewegung oder Ausdehnung der zweiten Materialschicht oder auch der ersten Materialschicht zur Verfügung steht. Das Zusammenbrechen der Pufferschicht darf beispielsweise bei der Verwendung von Ortbeton erst dann erfolgen, wenn der Ortbeton ausgehärtet ist und selbst genügend Tragfähigkeit aufweist, um das freigewordene Volumen der zusammengebrochenen Pufferschicht nicht auszufüllen. Die Pufferschicht muß somit in der Lage sein den vorliegenden Drücken sowohl von der ersten Materialschicht als auch von der zweiten Materialschicht Stand zu halten, bis das eigentliche Bauwerk eine eigene Tragfähigkeit erlangt hat.

[0014] Ist die Pufferschicht aus Porenbeton hergestellt, so ist eine sehr einfache und rationelle Herstellung der Pufferschicht möglich. Der Porenbeton, welcher grundsätzlich vergleichbar ist mit dem Material, welches für Wärmedämmplatten verwendet wird, ist großindustriell herstellbar und dadurch kostengünstig. Im Gegensatz zu Wärmedämmplatten wird das in der vorlie-

genden Erfindung verwendete Material für die Pufferschicht so eingestellt, daß es schlagartig zusammenbricht und nicht wie bei herkömmlichem Wärmedämmmaterial allmählich und mit zunehmender Last immer mehr zusammenbricht.

[0015] Das Material der Pufferschicht ist vorzugsweise aus Quarzmehl, Kalkhydrat sowie Zement unter Zugabe eines Schäummittels hergestellt und im Autoklaven gehärtet. Durch eine Mengenvariation der Materialbestandteile und einer unterschiedlichen Verweildauer und Temperatur im Autoklaven kann die vorbestimmte Druckkraft des Materials der Pufferschicht eingestellt werden. Wesentlich ist dabei, daß die gewünschte Druckkraft gezielt erhalten wird und darüber hinaus das Volumen möglichst stark reduziert wird. So kann beispielsweise mit einem höheren Anteil der Hohlräume im Vergleich zu den festen Materialbestandteilen, d.h. durch mehr Aufschäumen des Materials, ein geringeres Restvolumen im Vergleich zum Anfangsvolumen der Pufferschicht erhalten werden. Durch eine Veränderung der tragenden Materialteile, beispielsweise durch eine höhere Elastizität oder Sprödeheit des Materials kann die Druckkraft beeinflußt werden, welche die Pufferschicht erträgt.

[0016] Das Material der Pufferschicht wird vorzugsweise in Platten verarbeitet. Die einzelnen Platten, aus denen die Pufferschicht zusammengesetzt wird, werden beispielsweise auf die zweite Materialschicht gelegt und dienen dabei als Schalung für die erste Materialschicht. Alternativ kann die Pufferschicht auch in anderer Form, beispielsweise als gebrochenes Material verarbeitet werden. Wesentlich ist hierbei, ebenso wie bei den Platten, das Verhalten des Materials bei Druckbelastung und beim Zusammenbrechen der einzelnen Materialkörper.

[0017] Für eine einfache Herstellung und Verlegung der Pufferschicht ist es vorteilhaft, wenn die Pufferschicht aus einer oder mehreren Materiallagen besteht.

[0018] Im Gegensatz zum Stand der Technik ist die erfindungsgemäße Pufferschicht sehr dünn. Üblicherweise ist eine Materialdicke von 5 - 30 cm, vorzugsweise etwa 10 cm, ausreichend. Es wird dadurch genügend Platz geschaffen, um eine beispielsweise quellende zweite Materialschicht soweit aufnehmen zu können, daß die dadurch bewirkte Druckkraft weitgehend unschädlich für die erste Materialschicht ist. Soll eine dickere Pufferschicht geschaffen werden, so ist es von Vorteil, wenn die Pufferschicht aus mehreren Materiallagen besteht, die jeweils die oben genannte Materialstärke aufweisen.

[0019] Um einen von dem Grundwasser bewirkten Wasserdruck auf die Pufferschicht unschädlich zu machen, d.h. die Pufferschicht nicht durch den Wasserdruck bereits zu zerstören, ist vorteilhafterweise vorgesehen, daß die Pufferschicht wasserdurchlässig ist. Sie wird dadurch nur durch eine Verschiebung einer der beiden Materialschichten zerstört.

[0020] Ist das Material der Pufferschicht grundwas-

serneutral, so ist es vorteilhafterweise unschädlich, wenn Material aus der Pufferschicht, insbesondere nach dessen Zerstörung, in das Grundwasser eingeschwemmt wird. Vorzugsweise wird es im Laufe der Zeit unschädlich abgebaut.

[0021] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Bauwerk mit einer ersten Materialschicht neben einer Pufferschicht hergestellt, welche angrenzend an eine zweite Materialschicht, insbesondere einen Untergrund, eingerichtet wird. Bei Einwirken einer Druckkraft verringert die Pufferschicht ihr Volumen. Erfindungsgemäß bricht die Pufferschicht bei einer Bewegung der beiden Materialschichten zueinander und einer dadurch bewirkten Überschreitung einer vorbestimmten Druckkraft im wesentlichen schlagartig zusammen und verringert dadurch ihr Volumen. Hierdurch wird ein Druck der beiden Materialschichten aufeinander aufgrund des damit geschaffenen Hohlraumes reduziert. Bis zum Erreichen der vorbestimmten Druckkraft können sich die beiden Materialschichten aufeinander bzw. an der Pufferschicht abstützen. Diese Abstützwirkung kann zum Aufbau zumindest einer der Materialschichten genutzt werden.

[0022] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Pufferschicht als verlorene Schalung für die Herstellung der ersten Materialschicht aus Beton verwendet wird. Ein besonderer Aufwand für die Schalung ist dadurch nicht erforderlich. Die Pufferschicht erfüllt somit mehrere Aufgaben gleichzeitig.

[0023] Bei Verwendung der Pufferschicht als verlorene Schalung ist es vorteilhaft, wenn eine Lastverteilungsplatte zur Aufnahme der Betonlast eingesetzt wird. Eine Beschädigung der Pufferschicht wird dadurch vermieden.

[0024] Wird die Pufferschicht so ausgebildet, daß sie nicht bereits durch das Gewicht der ersten Materialschicht, sondern erst nach dem Aushärten der ersten Material-, insbesondere Betonschicht zusammenbricht, so ist vorteilhafterweise gewährleistet, daß die Betonschicht bereits selbst trägt und durch das Zusammenbrechen der Pufferschicht nicht zerstört wird. Es entsteht dadurch ein Hohlraum, in welchem sich die einander zu bewegenden Materialschichten, insbesondere bei Verformungen des Untergrundes ausdehnen können.

[0025] Ist vorteilhafterweise zwischen dem Untergrund, d.h. der zweiten Materialschicht und der Pufferschicht, eine Spritzbetonschicht angeordnet, so kann hierauf die Pufferschicht aufgebaut werden. Darüber hinaus dient die Spritzbetonschicht dazu einen von dem Untergrund ausgehenden Druck abzufangen und Grundwasser zurückzuhalten. Dadurch sind die Baumaßnahmen oberhalb der Spritzbetonschicht störungsfrei durchzuführen.

[0026] Wird die Pufferschicht aus einzelnen Platten, welche aneinandergereiht sind hergestellt, so ist eine schnelle und dadurch kostengünstige Verlegung der Pufferschicht möglich.

[0027] Weitere Vorteile der Erfindung werden in den nachfolgenden Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigt:

5 **Figur 1** ein Spannungs-Verformungs-Diagramm einer Pufferschicht,

Figur 2 die Verwendung einer Pufferschicht bei einem Betontrog und

10 **Figur 3** die Verwendung einer Pufferschicht bei einem Tunnelbauwerk.

[0028] Figur 1 zeigt einen typischen Verlauf bei der Belastung einer erfindungsgemäßen Pufferschicht. Kurve a und b zeigen dabei jeweils unterschiedlich eingestellte Materialien von verschiedenen Pufferschichten. Die Spannung der Pufferschicht mit einem Verlauf nach der Kurve a steigt bis zu einem Wert von knapp 0,10 N/mm² steil an. Die Stauchung der Pufferschicht ist bis zu dieser Belastung nur wenige mm. Dies bedeutet, daß die Pufferschicht bis zu einer Belastung von 0,10 N/mm² nahezu unverformt bleibt. Sobald die Belastung sich in einem Bereich von etwa 0,10 N/mm² befindet, bricht sie schlagartig zusammen und verformt sich um etwa 45 mm. Erst nachdem dieser Verformungsweg erreicht ist, steigt die Spannung wieder weiter an. Ein derartiger Spannungs-Verformungs-Verlauf ist typisch für den Einsatz bei einem Tunnelbauwerk gemäß Figur 3, welches weiter unten noch näher beschrieben wird. Die Dicke der Pufferschicht 1 reduziert sich bei einem günstigen Material der Pufferschicht 1 um etwa 60%, das heißt, daß das Ausgangsmaterial in diesem Fall etwa 75 mm dick war.

35 **[0029]** Wird das Material der Pufferschicht anders eingestellt, so kann vorbestimmt werden, daß bei einer Spannung von etwa 0,06 N/mm² das Material zusammenbricht. Der Verformungsweg ist bei einem Material mit der Kennlinie der Kurve b so ausgebildet, daß es etwa 90 mm verformbar ist. Auch hier steigt zuerst bis zu der vorbestimmten Druckkraft von 0,06 N/mm² die Kraft an, ohne das Material der Pufferschicht wesentlich verformen zu können. Ist diese vorbestimmte Druckkraft erreicht, so bricht das Material wiederum schlagartig zusammen, bis es eine Verformung von etwa 90 mm durchgemacht hat. Nachdem es sich um 90 mm verformt, d.h. zusammengedrückt wurde, ist das Material maximal komprimiert. Hierdurch steigt bei einer weiteren Belastung die Spannung wieder weiter an. Bis die Spannung auf die erste Materialschicht wieder weiter anwachsen kann, haben die beiden sich aufeinander zu bewegten Materialschichten die Möglichkeit einen Weg von bis zu 90 mm zurückzulegen, ohne daß die Spannung weiter zunimmt. Erst nachdem dieser Verformungsweg zurückgelegt wurde, nimmt die Spannung wieder zu.

[0030] Die Kurve b der Figur 1 ist der typische Verlauf einer Pufferschicht 1, wie sie beispielsweise bei einem

Trogbauwerk gemäß Figur 2 eingesetzt werden kann. Ein Trog 2 soll dabei auf einem Untergrund 3 angeordnet werden. Der Trog 2, welcher eine erste Materialschicht dargestellt, ist mit Pfählen 4 in dem Untergrund 3, welcher eine zweite Materialschicht dargestellt, verankert. Insbesondere, wenn der Untergrund 3 aus einem quellfähigen Material besteht, ist zu befürchten, daß eine unzulässige Druckkraft auf den Trog 2 einwirkt. Um dies zu vermeiden, ist zwischen dem Trog 2 und dem Untergrund 3 die Pufferschicht 1 angeordnet.

[0031] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel befindet sich darüber hinaus zwischen dem Trog 2 und der Pufferschicht 1 eine Sauberkeitsschicht 5, welche die Herstellung des Troges 2 erleichtert. Beginnt der Untergrund 3 bereits während der Herstellung des Troges 2 zu quellen, so wird die Pufferschicht 1 zwischen dem Untergrund 3 und der Sauberkeitsschicht 5 gedrückt und bei Überschreiten der vorbestimmten Spannung wird die Pufferschicht 1 schlagartig zerstört. Hierdurch entsteht genügend Spielraum um das erwartete Quellen des Untergrundes 3 auffangen zu können. Die Pufferschicht 1 dient somit sowohl während der Bauphase des Troges 2 zum Schutz vor Quellen des Untergrundes 3, indem die Pufferschicht 1 zwischen dem Untergrund 3 und der Sauberkeitsschicht 5 zusammengedrückt wird. Auch nach der Bauphase des Troges 2 wird eine unzulässige Druckspannung von Seiten des Untergrundes 3 durch die Pufferschicht 1 aufgefangen. Der Trog 2 ist somit sicher in dem Untergrund 3 befestigt, ohne daß zu befürchten ist, daß durch die Druckspannungen, welche durch das Quellen des Untergrundes entstehen können, der Trog 2 beschädigt wird.

[0032] Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Einsatzes der erfindungsgemäßen Pufferschicht 1. In einem unterirdischen Tunnelbauwerk 7 werden in den Untergrund 3 zuerst Pfähle 4 eingebracht. Anschließend wird unter Anlegen eines Überdruckes der Untergrund 3 zwischen den Pfählen 4 bis zu einer vorgegebenen Tiefe ausgehoben. Schließlich wird der Untergrund 3 mittels einer Spritzbetonschicht 6 abgedichtet. Auf der Spritzbetonschicht 6 wird die Pufferschicht 1 angebracht.

[0033] Sowohl die Spritzbetonschicht 6 als auch die Pufferschicht 1 sind gewölbförmig ausgebildet, um Druckkräfte, welche von dem Untergrund 3 auf die Spritzbetonschicht 6 einwirken, günstiger abfangen zu können. Das Gewölbe ist dabei konkav ausgebildet, um eine gute Verankerung des Spritzbetons 6 an den Pfählen 4 und eine entsprechende Kraftaufnahme der Spritzbetonschicht 6 zu erhalten.

[0034] Auf der Pufferschicht 1 wird anschließend die Bodenplatte 8 des Tunnels 7 betoniert. Die Pufferschicht 1 muß dabei so tragfähig sein, daß sie die Belastung der Bodenplatte 8 aufnehmen kann, ohne zusammenzubrechen. Unter Umständen ist es hierbei erforderlich eine nicht dargestellte Lastverteilungsplatte einzusetzen um die Pufferschicht 1 tragfähiger zu machen. Zu beachten ist hierbei, daß die Bodenplatte 8 aus

Ortbeton hergestellt wird, so daß die Tragfähigkeit der Pufferschicht 1 auf das Gewicht des frischen Betons eingerichtet sein muß. Auch nach dem Aushärten des Ortbetons müssen Baufahrzeuge, welche auf der Bodenplatte 8 verkehren, von der Pufferschicht 1 getragen werden, ohne daß diese zusammenbricht. Schließlich wird das restliche Tunnelbauwerk 7 angefertigt, indem es auf den Pfählen 4 aufgehängt wird, wobei die Bodenplatte 8 mit Seitenwänden 9 und einer Decke 10 verbunden werden.

[0035] Bei der vorliegenden Ausführung der Figur 3 ist zur Sicherung der Befestigung der Spritzbetonschicht 6 an den Pfählen 4 eine weitere Pufferschicht 1' vorgesehen. Die Pufferschicht 1' nimmt dabei Bewegungen des Untergrundes 3 im Bereich der Widerlager der Spritzbetonschicht 6 an den Pfählen 4 auf und entlastet somit diese Lagerstellen. Diese Pufferschicht 1' ist optional, das heißt, in den meisten Fällen ist sie nicht erforderlich, da das Widerlager der Spritzbetonschicht 6 an den Pfählen ausreichend stark ist.

[0036] Bei einer Bewegung des Untergrundes 3, insbesondere beim Quellen des Untergrundes 3 wird die Spritzbetonschicht 6 zerstört. Nachdem die Spritzbetonschicht 6 zerstört ist, wird ebenfalls die Pufferschicht 1 zerstört und gibt durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Pufferschicht 1 schlagartig Bewegungsraum frei. Das durch das Zusammenbrechen der Pufferschicht 1 entstandene Hohlraumvolumen wird von der quellenden Materie des Untergrundes 3 ausgefüllt. Auf die Bodenplatte 8 und das komplette Tunnelbauwerk 7 wird somit keine unzulässige Kraft ausgeübt. Weist das Material der Pufferschicht 1 eine Charakteristik auf, wie sie die Kurve a der Figur 1 dargestellt, so wird ein Bewegungsweg von etwa 45 mm für das Quellen des Untergrundes 3 geschaffen. Dies reicht üblicherweise bei derartigen Bauwerken und einem Untergrund aus Ton aus.

[0037] Idealerweise ist die Pufferschicht 1 so ausgebildet, daß sie mindestens 60% ihres ursprünglichen Volumens einbüßen kann. Wird also ein Verformungsweg von 60 mm gefordert, so ist das Ursprungsmaterial der Pufferschicht 1 mit einer Stärke von etwa 100 mm auszubilden.

[0038] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt. Insbesondere kann die Pufferschicht auch zwischen Materialschichten eingesetzt werden, die vertikal zueinander verlaufen und sich aufeinander zu bewegen. Die zweite Materialschicht muß nicht der Untergrund in Form eines natürlichen Materials wie Ton oder Stein sein, sondern kann auch ein künstlich geschaffener Untergrund, wie beispielsweise ein anderes Bauwerk sein.

[0039] Die Druckkraft, bei der die Pufferschicht 1 zusammenbricht, kann insbesondere durch die Wahl der Zuschlagstoffe und Verweildauer im Autoklaven so eingestellt werden, daß vorzugsweise Werte zwischen 0,05 und 0,5 N/mm² erreicht werden. Da die Pufferschicht 1 bei einer Herstellung für Druckkräfte kleiner

als 0,05 N/mm² nicht mehr von Personen begangen werden kann, ohne dadurch bereits Verformungen zu erleiden, ist das Auflegen einer Lastverteilungsplatte, beispielsweise einer wasserfest verleimten Spanplatte vorteilhaft.

[0040] Handelt es sich bei der Ersten Materialschicht um eine bewehrte Betonschicht, so muß die Pufferschicht 1 die Lasten aus der Bewehrung, die beispielsweise durch Abstandhalter aus Faserbeton abgetragen werden, aufnehmen können. Gegebenenfalls ist auch hierfür eine Lastverteilungsplatte auf der Pufferschicht erforderlich.

Patentansprüche

1. Bauwerk mit einer Pufferschicht (1) zwischen einer ersten Materialschicht und einer zweiten Materialschicht, welche sich relativ zueinander bewegen können, wobei die Pufferschicht (1) aus einem Material besteht, welches bei Einwirkung einer Druckkraft sein Volumen verringert, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pufferschicht (1) aus einem porösen Material besteht, das bei Überschreitung einer vorbestimmten Druckkraft im wesentlichen schlagartig zusammenbricht und damit ihr Volumen verringert.
2. Bauwerk nach dem der vorherigen Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Materialschicht eine aus Ortbeton hergestellte Betonschicht ist.
3. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zweite Materialschicht quelfähiger Erdboden (3) ist.
4. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** insbesondere bei einem Tunnelbauwerk zwischen der zweiten Materialschicht und der Pufferschicht (1) eine Spritzbetonschicht (6) angeordnet ist.
5. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pufferschicht (1) und die Spritzbetonschicht (6) gewölbeförmig ausgebildet ist.
6. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die vorbestimmte Druckkraft der Pufferschicht (1) höher als die von dem Eigengewicht der Betonschicht (2;8) und einer gegebenenfalls weiteren zu erwartenden zulässigen Belastung auf die Pufferschicht (1) ausgeübte Druckkraft ist.
7. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Volumen der

Pufferschicht (1) bis zum Erreichen der vorbestimmten Druckkraft weitgehend gleich bleibt.

8. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich das Volumen der Pufferschicht (1) bei Erreichen oder Überschreiten der vorbestimmten Druckkraft um etwa 60% verringert.
9. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pufferschicht (1) aus Porenbeton hergestellt ist.
10. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material der Pufferschicht (1) aus Quarzmehl, Kalkhydrat sowie Zement unter Zugabe eines Schäummittels hergestellt und im Autoklaven gehärtet ist.
11. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die vorbestimmte Druckkraft durch eine Mengenvariation der Materialbestandteile und/oder einer unterschiedlichen Verweildauer und/oder Temperatur im Autoklaven beeinflusst ist.
12. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die vorbestimmte Druckkraft vorzugsweise zwischen 0,05 und 0,5 N/mm² liegt.
13. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pufferschicht (1) aus einzelnen Platten besteht.
14. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pufferschicht (1) aus einer oder mehreren Materiallagen besteht.
15. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Materiallage der Pufferschicht (1) zwischen 5 und 30 cm, vorzugsweise etwa 10 cm dick ist.
16. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pufferschicht (1) aus gebrochenem Material besteht.
17. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pufferschicht (1) wasserdurchlässig ist.
18. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material der Pufferschicht (1) grundwasserneutral ist.
19. Bauwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** auf der Puffer-

schicht (1) eine Lastverteilungsplatte angeordnet ist.

20. Verfahren zum Herstellen eines Bauwerkes mit einer ersten Materialschicht auf einer Pufferschicht (1), welche angrenzend an einer zweiten Materialschicht eingerichtet wird und bei Einwirkung einer Druckkraft ihr Volumen verringert, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Pufferschicht (1) verwendet wird, die bei einer Bewegung der ersten Materialschicht und der zweiten Materialschicht relativ zueinander und einer dadurch bewirkten Überschreitung einer vorbestimmten Druckkraft im wesentlichen schlagartig zusammenbricht und deren Volumen dadurch verringert wird. 5 10 15
21. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pufferschicht (1) als verlorene Schalung für die Herstellung der Betonschicht (2;8) verwendet wird. 20
22. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei Verwendung der Pufferschicht (1) als verlorene Schalung eine Lastverteilungsplatte zur Aufnahme der Betonlast eingesetzt wird. 25
23. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pufferschicht (1) nach dem Aushärten der Betonschicht (2;8) insbesondere bei Verformungen des Untergrundes zusammenbricht. 30
24. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen Untergrund (3) und Pufferschicht (1) insbesondere bei einem Tunnelbauwerk eine Spritzbetonschicht (6) angeordnet wird. 35
25. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pufferschicht (1) durch Aneinanderreihung einzelner Platten hergestellt wird. 40

45

50

55

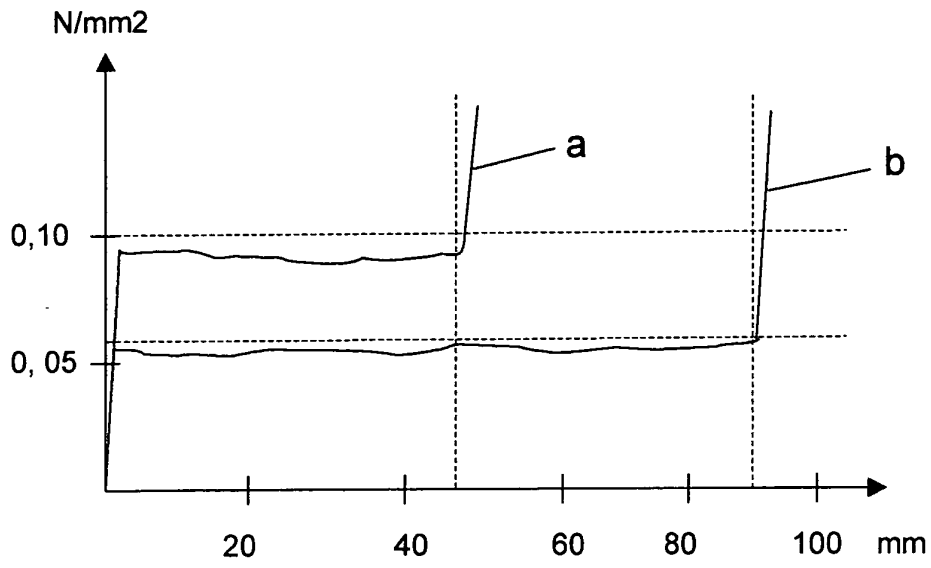


Fig. 1

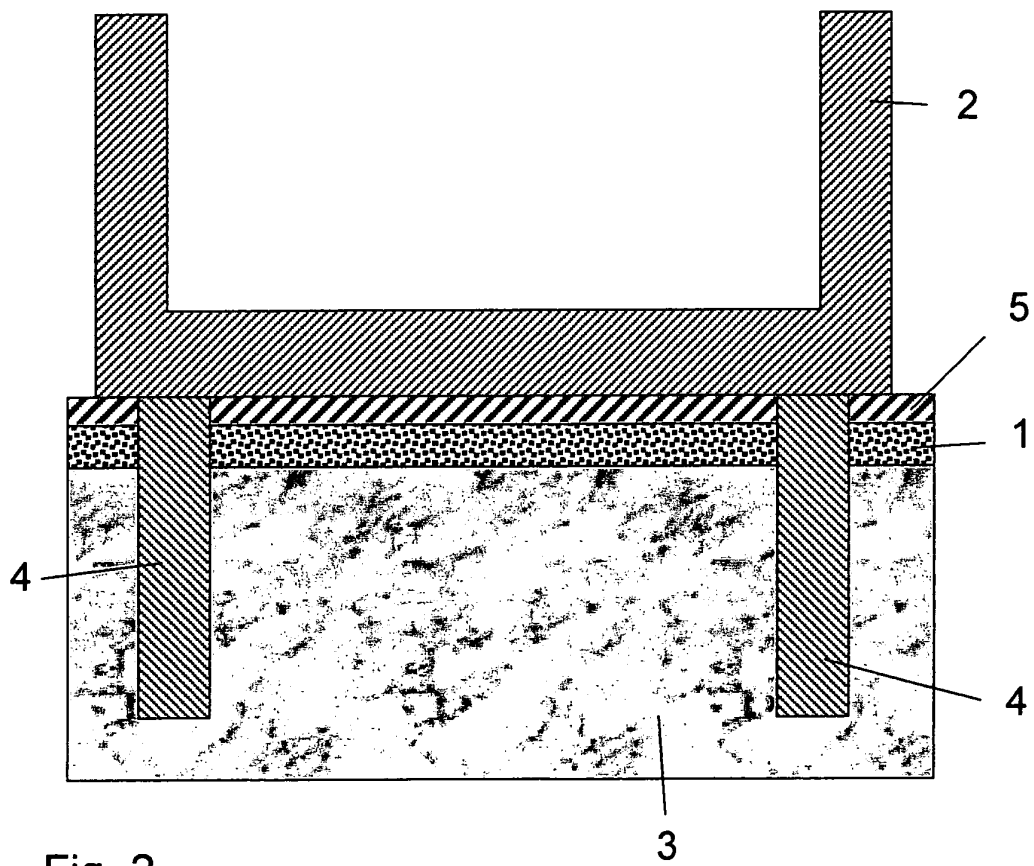


Fig. 2

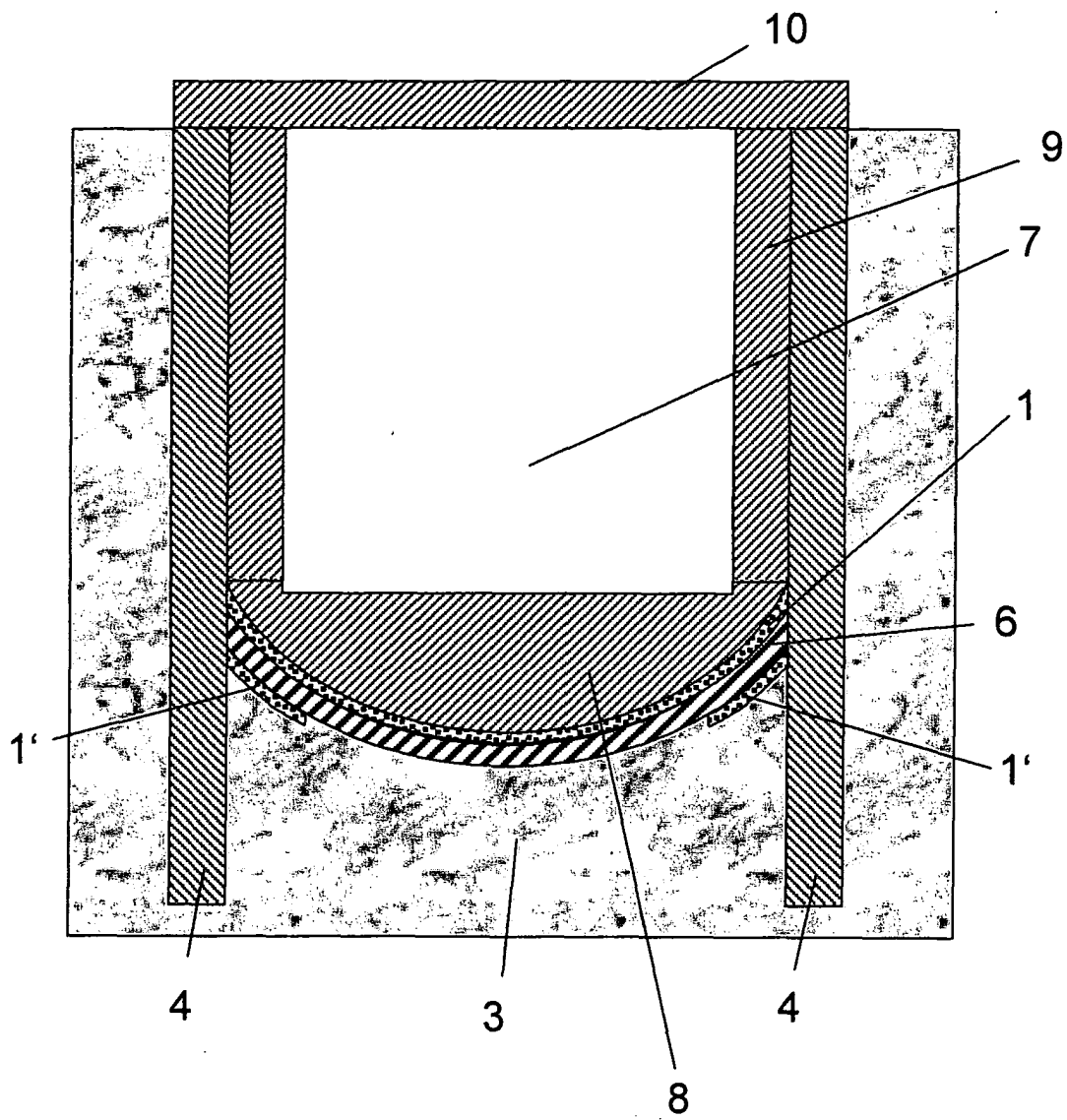


Fig. 3