

(19)



(11)

EP 4 194 664 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.06.2023 Patentblatt 2023/24

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
E21F 15/00^(2006.01) E21F 17/103^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21213577.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
E21F 15/005; E21F 17/103

(22) Anmeldetag: **10.12.2021**

(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

(71) Anmelder: **Implenia Schweiz AG**
8152 Glattpark (Opfikon) (CH)

(72) Erfinder: **Entfellner, Manuel**
5542 Flachau (AT)

(74) Vertreter: **Hepp Wenger Ryffel AG**
Friedtalweg 5
9500 Wil (CH)

(54) **VORRICHTUNG ZUR AUFNAHME VON GEBIRGSVERFORMUNGEN IM UNTERTAGEBAU, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER FÜR DIE AUFNAHME VON GEBIRGSVERFORMUNGEN IM UNTERTAGEBAU GEEIGNETEN BEFESTIGUNGSSCHICHT UND VERWENDUNG EINES POLYSTYROL-STAUICHELEMENTS SOWIE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER DERARTIGEN VORRICHTUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau, insbesondere ein Stauchelement (1), wobei die Vorrichtung eine Grundfläche, eine Höhenausdehnung und eine Tie-

fenausdehnung aufweist und Polystyrol umfasst. Die Vorrichtung umfasst bevorzugt expandiertes Polystyrol, insbesondere bevorzugt hochfestes expandiertes Polystyrol.

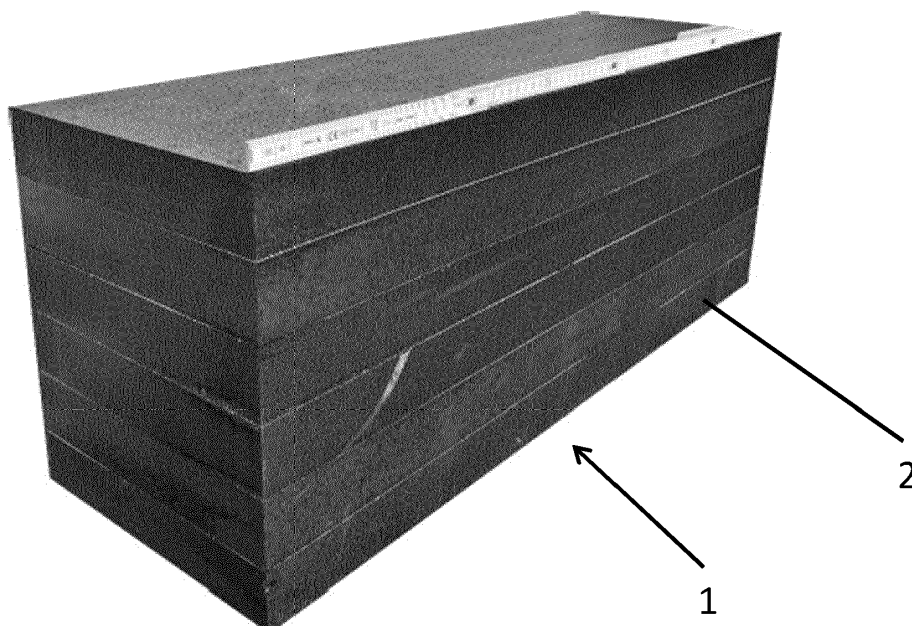


Fig. 1

EP 4 194 664 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau, ein Verfahren zur Herstellung einer für die Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau geeigneten Befestigungsschicht, die Verwendung eines Polystyrol-Stauchelements sowie ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Vorrichtung.

[0002] Im Untertagebau verformt sich das Gebirge, in dem der Ausbruch stattfindet, in der Regel noch eine gewisse Zeit nach dem Ausbruch. Deshalb werden ausgebrochene Hohlräume bzw. Tunnel regelmässig mit einer Spritzbetonschale oder durch Tübbinge gegen Verformung und/oder zumindest partiellen Einsturz gesichert. Die Spritzbetonschale oder die Tübbinge verformen sich dabei grundsätzlich nicht so leicht wie das gesicherte, umgebende Gebirge. Dadurch können in der Spritzbetonschale oder in den Tübbingen Spannungen und Verformungen auftreten, welche Schäden verursachen können. Um Schäden wie Risse o.ä. in der Spritzbetonschale zu vermeiden ist es üblich, die Spritzbetonschale mit Stauchelementen auszustatten, die im Verbund mit dem Spritzbeton für eine vorgesehene, kontrollierte Nachgiebigkeit und Verformbarkeit der Tunnelverkleidung sorgen.

[0003] Aus dem Stand der Technik sind Stauchelemente aus diversen Materialien bekannt. Es sind Stauchelemente bekannt, die Beton, Kunststoff oder Stahl umfassen und Verstärkungselemente enthalten, wie beispielsweise aus der EP 1564369 B1. Bekannt sind ausserdem Stauchelemente, welche Rohre aufweisen, die mit ihrer Längsachse entweder radial oder tangential zur Spritzbetonschale angeordnet sind, wie beispielsweise aus der EP 2918772 A2.

[0004] Die bekannten Stauchelemente nach dem Stand der Technik haben den Nachteil, dass sie schwer und unhandlich sind. Für den Einbau sind grundsätzlich mindestens zwei Personen notwendig. Dadurch wird der Einbau aufwändig und teuer. Ausserdem sind die bekannten Stauchelemente aus verschiedene Körpern und Materialien zusammengesetzt. Die Lastübertragung der auf der Spritzbetonschale aufliegenden Flächen der Stauchelemente ist mit den bisherigen Elementen nicht optimal. Durch die Zusammensetzung der bekannten Stauchelemente aus verschiedenen Materialien, welche ausserdem unterschiedlich geformt sind (Rohr, Quader etc.) sind die bekannten Stauchelemente ausserdem durch Anwender auf der Baustelle nur schwer individuell in ihrer geometrischen Form an die vorliegenden Einbaubedingungen anpassbar. Durch die Zusammensetzung der bisherigen Stauchelemente aus verschiedenen Materialien und verschiedenen Formen sind die Stauchelemente ausserdem aufwändig in der Fertigung und damit teuer.

[0005] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, die Nachteile des Stands der Technik zu überwinden und insbesondere eine Vorrichtung zur Aufnahme von Ge-

birgsverformungen im Untertagebau, ein Verfahren zur Herstellung einer für die Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau geeigneten Befestigungsschicht sowie ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Vorrichtung sowie eine Verwendung eines Polystyrol-Stauchelements zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Tunnelbau zu schaffen, welches leicht einbaubar und flexibel auf die benötigten Dimensionen und Kräfte anpassbar ist.

[0006] Die Aufgabe wird mit einer Vorrichtung, einem Herstellungsverfahren für eine Befestigungsschicht, einem Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung und der Verwendung eines Polystyrol-Stauchelements gemäss den unabhängigen Ansprüchen gelöst.

[0007] Insbesondere wird die Aufgabe durch eine Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau, insbesondere ein Stauchelement, gelöst, wobei die Vorrichtung eine Grundfläche, eine Höhenausdehnung und eine Tiefenausdehnung aufweist und Polystyrol umfasst. Die Vorrichtung umfasst bevorzugt expandiertes Polystyrol, insbesondere bevorzugt hochfestes expandiertes Polystyrol.

[0008] Polystyrole weisen ein nicht-lineares, hyperelasto-plastisches Verformungsverhalten auf. Eine derartige Vorrichtung ermöglicht ein optimales Stauchverhalten und führt zu einer dauerhaften Verbindung zwischen dem Gebirge und der Spritzbetonauskleidung. Eine weitere vorteilhafte Eigenschaft von Polystyrol ist die Robustheit von Polystyrol gegenüber Umwelteinflüssen und die ausserordentliche Langlebigkeit von Polystyrol. So ist Polystyrol im Wesentlichen unverrottbar und unempfindlich gegen Feuchte. Ferner weist Polystyrol eine hohe Beständigkeit gegen chemische Einflüsse und eine hohe Korrosionsbeständigkeit auf. Die Vorrichtungen können dadurch auch unter widrigen Bedingungen im Untertagebau (z.B. Feuchtigkeit) und generell auf der Baustelle eingesetzt werden. Durch die chemische Beständigkeit und Korrosionsbeständigkeit kann Polystyrol grundsätzlich auch im Grundwasser eingesetzt werden.

[0009] Durch das vorteilhafte Verformungsverhalten von Polystyrol können die Tangentialkräfte vollflächig in die Spritzbetonschale übertragen werden. Durch die gleichmässige Kraftübertragung wird vermieden, dass es Flächen mit besonders hoher Kraftübertragung und Flächen mit besonders niedriger Kraftübertragung kommt. Somit wird die Kraft im Wesentlichen gleichmässig und somit schonend in den Spritzbeton eingeleitet und Bereiche mit besonders hoher Belastung werden vermieden. Dadurch können Beschädigungen und Abplatzungen an der Spritzbetonschale reduziert werden und eine vorteilhafte Dimensionierung der Spritzbetonschale ist möglich.

[0010] In dem Polystyrol kann ein polymerer Flammenschutz enthalten sein. Das Polystyrol ist dann schwer entflammbar und weist somit ein vorteilhaftes Brandverhalten auf. Dadurch kommt es im Wesentlichen zu keiner Rauchbildung.

[0011] Das Polystyrol kann selbstverlöschendes Ver-

halten aufweisen.

[0012] Dadurch können die Stauchelemente auch unter Tage eingesetzt werden und es bedarf im Wesentlichen keiner zusätzlichen Brandschutzeinrichtungen beim Einsatz des Polystyrols.

[0013] In den Vorrichtungen sind bevorzugt im Wesentlichen keine bewehrenden Elemente wie Rohre oder Stangen enthalten. Dies ermöglicht eine einfache und damit kostengünstige Herstellung.

[0014] Die Vorrichtung kann aus Polystyrol bestehen.

[0015] Durch den einfachen Aufbau der Vorrichtungen aus im Wesentlichen einem einzigen Material sind die Vorrichtungen besonders kostengünstig zu fertigen, leicht zu verarbeiten und einfach in der Anwendung.

[0016] Die Vorrichtungen können im Wesentlichen quaderförmig ausgebildet sein.

[0017] Durch die quaderförmige Form sind die Vorrichtungen stapelbar und einfach zu produzieren sowie einzubauen.

[0018] Die Längenausdehnung der Vorrichtung kann grösser sein als die Höhengausdehnung und/ oder die Tiefenausdehnung.

[0019] Durch diese Ausgestaltung können die Vorrichtungen einfach und unkompliziert hergestellt, gestapelt, transportiert und eingebaut werden. Die Vorrichtung kann beispielsweise eine Längenausdehnung von 80 cm, eine Höhengausdehnung von 30 cm sowie eine Tiefenausdehnung von 25 cm aufweisen. Es sind selbstverständlich auch andere Masse möglich.

[0020] Die Vorrichtung kann aus mehreren Elementschichten zusammengesetzt sein, wobei die Elementschichten entlang der Höhengausdehnung aufeinander angeordnet sind.

[0021] Durch diese vorteilhafte Ausgestaltung der Vorrichtung ist es möglich, die Vorrichtung in unterschiedlichen Höhengausdehnungen zu produzieren oder die Höhengausdehnung der Vorrichtung auf der Baustelle rasch und einfach an die gegebenen Bedingungen vor Ort anzupassen. Es ist möglich, die Elementschichten eines Stauchelements mit Mitteln, die üblicherweise auf der Baustelle zur Verfügung stehen (z.B. einer Säge) abzutrennen oder weitere Elementschichten zu einem Stauchelement hinzuzufügen. Die hinzugefügten Elementschichten können beispielsweise mit Klebstoff oder mechanischen Befestigungsmitteln wie Drähten, Schrauben oder Klammern fixiert werden. Durch Klebstoff können die Elemente besonders einfach verbunden werden.

[0022] Ferner ist es möglich, die einzelnen Elementschichten oder das Stauchelement in seiner Gesamtheit individuell in seiner Form zu bearbeiten. Auch dies ist mit Mitteln möglich, die grundsätzlich auf einer Baustelle zur Verfügung stehen, z.B. mit Sägen oder Messern. Dadurch kann das Stauchelement auf die gegebenen Einbaubedingungen auf der Baustelle angepasst werden. Dies führt dazu, dass das Stauchelement in der Praxis in hohem Masse sehr einfach durch einen Anwender an unterschiedliche Bedingungen angepasst werden kann. Selbstverständlich können die Vorrichtungen andere

Materialien in geringfügiger Menge enthalten, wie beispielsweise Klebstoff oder Befestigungsmittel. Die weiteren hinzugefügten Materialien in geringfügigen Mengen ändern die Verformungseigenschaften der Vorrichtung im Wesentlichen nicht. Weitere Materialien werden der Vorrichtung im Wesentlichen hinzugefügt, um die Fabrikation und/ oder den Einbau der Vorrichtung zu optimieren und nicht, um das Verformungsverhalten der Vorrichtung zu beeinflussen.

[0023] Die Vorrichtung kann zumindest zwei unterschiedliche Dichten, insbesondere mindestens zwei, bevorzugt drei, Elementschichten unterschiedlicher Dichte umfassen.

[0024] Die Vorrichtungen können somit Polystyrol mit unterschiedlicher Dichte enthalten. Durch eine unterschiedliche Dichte des Polystyrols kann das Verformungsverhalten individuell auf die erwartete Gebirgsverformung abgestimmt werden. Das Polystyrol kann ein Verformungsverhalten aufweisen, welches eine linear-elastische Zone, eine Fließzone sowie eine Verdichtungszone umfasst. In der linear-elastischen Zone steigt die Spannung im Wesentlichen direkt proportional mit der Stauchung. Die linear-elastische Zone liegt im Wesentlichen in einem Bereich zwischen 2 Prozent und 5 Prozent der Stauchung des Polystyrols. In der Fließzone nimmt die Stauchung des Polystyrols zu, wobei die Spannung im Wesentlichen nur mäßig zunimmt. Die Fließzone befindet sich im Wesentlichen im Bereich zwischen 5 Prozent der Stauchung und 60 Prozent der Stauchung des Polystyrols. In der Verdichtungszone nimmt die Spannung zu, während die Stauchung im Wesentlichen nur geringfügig zunimmt. Die Verdichtung findet im Wesentlichen ab einer Stauchung von 60 Prozent des Polystyrols statt.

[0025] Durch die Ausgestaltung der Vorrichtung mit Elementschichten in unterschiedlichen Dichten ist es daher möglich, eine Vorrichtung mit speziellen Verformungseigenschaften herzustellen. Dadurch können Stauchelemente hergestellt werden, die speziell auf die Gebirgsverhältnisse vor Ort angepasst sind. Durch den standardisierten Aufbau der Vorrichtung aus Elementschichten ist es ausserdem möglich, mit unterschiedlichen im Wesentlichen quaderförmigen Elementschichten mit wenigen unterschiedlichen Dichten eine Vielzahl von Vorrichtungen mit unterschiedlichen Verformungseigenschaften herzustellen.

[0026] Es kann eine symmetrische Anordnung von Schichten unterschiedlicher Dichte ausgebildet sein, so dass jeweils zwei Schichten einer gleichen Dichte in einer Vorrichtung ausgebildet sind. Hierbei kann eine einzelne Mittelschicht ausgebildet sein.

[0027] Durch die Bereitstellung von Elementschichten in drei unterschiedlichen Dichten können somit durch die Konstruktion der Vorrichtung aus mehreren Elementschichten besonders vorteilhaft eine Vielzahl von Vorrichtungen mit unterschiedlichen Verformungseigenschaften hergestellt werden.

[0028] Somit können mit standardisierten Element-

schichten mit unterschiedlicher Dichte einfach und unkompliziert eine Vielzahl von Stauchkörpern hergestellt werden, die auf die jeweiligen Gebirgsverhältnisse auf der Baustelle angepasst sind. Fabrikationsanlagen müssen nur auf die Fabrikation von Elementschichten mit wenigen unterschiedlichen Dichten ausgelegt sein, während die Endprodukte (Stachelemente), welche Elementschichten mit unterschiedlicher Dichte umfassen, mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Verformungseigenschaften fabriziert werden können.

[0029] Es ist möglich, dass die von der Baustelle bestellten Stachelemente mit den gewünschten Eigenschaften in einer Fabrik fabriziert werden. Denkbar ist auch, dass die Elementschichten in mehreren Dichten in einer Fabrik fabriziert und als Elementschichten auf die Baustelle geliefert werden. Auf der Baustelle können dann mehrere Elementschichten mit gleicher oder unterschiedlicher Dichte zusammengesetzt werden. Es ist also sowohl die Fabrikation der Stachelemente in einer Fabrik denkbar als auch die Fabrikation von Elementschichten in einer Fabrik mit anschliessender Lieferung der Elementschichten als Halbfabrikate auf eine Baustelle und mit anschliessender Zusammensetzung der Halbfabrikate zu einem Endfabrikat (Stachelement), welches anschliessend eingebaut werden kann.

[0030] In einer weiteren Variante der Erfindung kann die Vorrichtung entlang der Höhenausdehnung aussen eine geringere Dichte aufweisen als im mittleren Bereich.

[0031] Durch diese vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung schmiegt sich die Vorrichtung entlang der Höhenausdehnung aussen, wo die Kraft auf den Spritzbeton eingebracht wird, an den Spritzbeton an. So können Unebenheiten, wie sie bei Spritzbeton regelmässig vorkommen, ausgeglichen werden. Dadurch ist eine vorteilhafte Kraftübertragung auf den Spritzbeton im Wesentlichen über die gesamte Kontaktfläche des Stachelements mit dem Spritzbeton möglich. Somit kann auf der gesamten Kontaktfläche die Kraft von dem Stachelement in den Spritzbeton eingebracht werden. Dies sorgt für eine grossflächige und schonende Kraftübertragung, was das Risiko von Beschädigungen des Spritzbetons minimiert.

[0032] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Vorrichtung eine Dichte im Bereich von 100 kg/m³ bis 500 kg/m³ auf. Insbesondere weisen die Elementschichten im Wesentlichen jeweils eine Dichte zwischen 230 kg/m³ und 410 kg/m³ auf.

[0033] Bei der angegebenen Dichte wird die Vorrichtung gestaucht, bevor der Spritzbeton wesentlich beschädigt wird. Gleichzeitig ist die Vorrichtung so steif, dass im Verbund mit dem Spritzbeton der Druck des umgebenen Gebirges aufgenommen werden kann. Somit weist die Vorrichtung bei den angegebenen Dichten die Verformungseigenschaften auf, die notwendig sind, um im Verbund mit der Spritzbetonschale sinnvoll wirken zu können.

[0034] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Vorrichtung ein Gewicht von we-

niger als 40 kg auf.

[0035] Durch das Gewicht der Vorrichtung von weniger als 40 kg ist der Einbau der Vorrichtung durch einen einzigen Anwender möglich. Dadurch ist der Einbau der Vorrichtung wenig kostenintensiv.

[0036] Die Aufgabe der Erfindung wird weiterhin durch ein Verfahren zur Herstellung einer für die Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau geeigneten Befestigungsschicht gelöst, wobei die Befestigungsschicht eine Innenschicht, insbesondere eine Spritzbetonschicht oder eine Schicht aus Tübbing umfasst und in der Innenschicht eine Vorrichtung wie vorhergehend beschrieben angeordnet ist.

[0037] Durch den Einbau der Vorrichtung in der Innenschicht kann die Vorrichtung leicht von einem Anwender von innen eingebaut werden. Ausserdem sind der korrekte Einbau sowie die Stauchung der Vorrichtungen stets visuell kontrollierbar.

[0038] Die Vorrichtung kann zunächst auf eine radiale angeordnete Fläche im Bereich der späteren Spritzbetonschale aufgelegt und anschliessend fixiert werden. Die Vorrichtung kann auch zunächst an ein horizontales Befestigungselement angehängt oder auf ein horizontales Befestigungselement aufgelegt und anschliessend mittels Befestigungsmitteln fixiert werden. Das horizontale Befestigungselement kann aus Stahl, Kunststoff, einem Verbundmaterial oder aus einem anderen geeigneten Material bestehen. Die Art des Einbaus ist somit äusserst einfach und flexibel.

[0039] Die Befestigungsschicht kann gebirgsseitig ein Befestigungsgitter umfassen, welches zwischen der Innenschicht und dem Gebirge angeordnet wird.

[0040] Das Befestigungsgitter kann die Zugkräfte im Spritzbeton vorteilhaft aufnehmen und die Montage der Vorrichtung erleichtern. Das Befestigungsgitter kann beispielsweise Stahl oder Kunststoff umfassen. Das Befestigungsgitter kann auch aus einem Verbundwerkstoff gefertigt sein. An das Befestigungsgitter kann die Vorrichtung vorteilhaft angebracht werden. Dies kann beispielsweise geschehen, indem Gurten, Leinen oder anderen Befestigungsmittel um die Vorrichtung gebunden und um ein oder mehrere längliche horizontale oder vertikale Gitterelemente geschlungen werden. Denkbar ist auch, dass die Vorrichtung mit Haken an ein im Wesentlichen zylinderförmiges Befestigungselement angebracht werden. Die Haken können aus Stahl gefertigt sein. Die Haken können an ihrem einen Ende in die Vorrichtung eingelassen sein und an dem anderen Ende eine im Wesentlichen hakenförmige Form aufweisen, so dass die Vorrichtung mit den im Wesentlichen hakenförmig gebogenen Enden der Haken an das Befestigungselement angehängt werden können. Denkbar ist, dass das zweite Ende der Haken kreissegmentförmig ausgebildet ist. Auch eine andere Form der Haken, beispielsweise mit einem oder mehreren Winkeln und/oder Biegungen, ist möglich. Durch die vorteilhafte Anordnung des Befestigungselements kann die Vorrichtung durch einen Anwender äusserst komfortabel transportiert werden. Fer-

ner kann das Befestigungselement für den Einbau verwendet werden, indem die Vorrichtung mit dem Befestigungselement an dem Haltegitter eingehängt wird oder indem die Vorrichtung auf ein in dem Haltegitter eingehängtes Befestigungselement aufgelegt wird. Anschließend kann die Vorrichtung mit weiteren Befestigungsmitteln, beispielsweise mit Drähten, Gurten oder Kabelbindern, an dem Befestigungsgitter befestigt werden. Diese Art des Einbaus ist sehr einfach und unkompliziert. Dadurch kann die Vorrichtung auf Baustellen mit üblicherweise auf Baustellen vorhandenen Mitteln eingebaut werden.

[0041] Die Höhenausdehnung der Vorrichtung kann tangential zum Hohlraum angeordnet sein. Die Grundfläche der Vorrichtung kann radial zum Hohlraum angeordnet sein.

[0042] Durch diese Anordnung der Vorrichtung ist ein Biegen, Kippen oder Biegedrillknicken der Vorrichtung äusserst unwahrscheinlich und die Vorrichtung wird mit einer hohen Wahrscheinlichkeit wie vorgesehen gestaut. Dies sorgt für eine hohe Zuverlässigkeit der Vorrichtung.

[0043] Die Befestigungsschicht kann zumindest zwei Befestigungsbögen umfassen, wobei die Vorrichtung zwischen den zwei Befestigungsbögen angeordnet wird. Die Vorrichtung kann auf einem Befestigungselement aufliegen oder an einem Befestigungselement hängen, welches die Befestigungsbögen verbindet. Bei dieser Anordnung ist das Befestigungselement entlang der Längsachse des im Untertagebau hergestellten Hohlraums angeordnet.

[0044] Durch die Ausgestaltung der Erfindung mit Befestigungsbögen kann die Vorrichtung besonders vorteilhaft eingebaut werden, indem zwischen die Befestigungsbögen ein Befestigungselement in einer im Wesentlichen horizontalen Richtung eingebaut wird. Das Befestigungselement kann ein Stab sein, der beispielsweise aus Stahl oder Kunststoff besteht. Die Vorrichtung kann auf dem Befestigungselement abgestellt oder an das Befestigungselement angehängt werden. Besonders vorteilhaft kann die Vorrichtung eingebaut werden, indem das Befestigungselement an die zwei Haken, welche sich an der Vorrichtung befinden, eingehängt wird und anschliessend mit der angehängten Vorrichtung zunächst in einen ersten Befestigungsbogen eingehängt und anschliessend in einen zweiten Befestigungsbogen eingehängt wird. Die Vorrichtung kann auch eingebaut werden, indem das Befestigungselement zunächst in den ersten Befestigungsbogen und dann in den zweiten Befestigungsbogen eingehängt und die Vorrichtung anschliessend mit den Haken an das Befestigungselement angehängt oder auf das Befestigungselement aufgelegt wird. Anschliessend kann die Vorrichtung mit Drähten, Gurten, Kabelbindern oder anderen Befestigungselementen an das Befestigungsgitter fixiert werden. Diese Art des Einbaus ist einfach, unkompliziert und unanfällig für Fehler.

[0045] Die Aufgabe der Erfindung wird weiterhin durch

die Verwendung eines Polystyrol-Stauchelementes zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Tunnelbau gelöst, insbesondere eines Polystyrol-Stauchelementes mit Schichten unterschiedlicher Dichte.

[0046] Die Verwendung eines Polystyrol-Stauchelementes zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Tunnelbau ist eine einfache, kostengünstige und unkomplizierte Methode um die Verformungen, welche im Tunnelbau beispielsweise in einer Spritzbetonschale oder in Tübbingen entstehen, aufzunehmen.

[0047] Die Aufgabe der Erfindung wird weiterhin durch ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung wie vorhergehend beschrieben gelöst, wobei die Vorrichtung aus mehreren Polystyrolkörpern zusammengefügt wird. Die Polystyrolkörper können quaderförmig sein. Ausserdem können die Polystyrolkörper durch Kleben zusammengefügt werden.

[0048] Ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung aus mehreren Polystyrolkörpern ist äusserst unkompliziert durchführbar und flexibel. Die Vorrichtung kann aus zwei oder mehr Polystyrolkörpern zusammengesetzt werden. Ein Polystyrolkörper entspricht dann einer Schicht einer Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen. Es ist denkbar, dass Polystyrolkörper unterschiedlicher Dichte zusammengefügt werden. Die Polystyrolkörper können durch Kleben zusammengefügt werden. Auch eine Befestigung der Polystyrolkörper untereinander mit anderen Befestigungsmitteln, beispielsweise Schrauben, Nägeln, Stiften, Kabelbindern, Gurten oder Ketten ist denkbar.

[0049] Die Erfindung wird in den folgenden Figuren näher erläutert.

Hierbei zeigt:

[0050]

Fig. 1: Eine Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau, insbesondere ein Stauchelement,

Fig. 2: Eine Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau, insbesondere ein Stauchelement, eingebaut in einer Spritzbetonschale,

Fig. 3: Ein beispielhaftes Spannungs-Dehnungs-Diagramm von Polystyrol mit einer linear-elastischen Zone, einer Fliesszone sowie einer Verdichtungszone,

Fig. 4: Eine schematische Darstellung von unterschiedlichen, beispielhaften Anordnungen von mehreren Elementschichten einer Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen mit gleicher oder unterschiedlicher Dichte,

Fig. 5: Ein schematischer Querschnitt eines Tunnels

mit vier beispielhaft angeordneten Vorrichtungen zur Aufnahme von Gebirgsverformungen,

- Fig. 6: Eine Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau, insbesondere ein Stauchelement, mit einem Haltegitter, zwei Haken, einem horizontalen Befestigungselement sowie zwei Befestigungsbögen,
- Fig. 7: Eine Ansicht einer Vielzahl von Vorrichtungen zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau, eingebaut in der Spritzbetonschale einer Tunnelverkleidung,
- Fig. 8: Einen Querschnitt eines Segments einer Tunnelverkleidung aus Spritzbeton mit einer eingebauten Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau,
- Fig. 9: Eine Ansicht eines Segments einer Tunnelverkleidung im Bauzustand mit einer eingebauten Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau, einem horizontalen Befestigungselement, zwei Befestigungsbögen und einem Haltegitter.

[0051] Figur 1 zeigt eine Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau, insbesondere ein Stauchelement 1, mit einer beispielhaften Anordnung von mehreren Elementschichten 2, wobei das Stauchelement 1 in diesem Beispiel quaderförmig ist und die Längenausdehnung grösser ist als die Höhengausdehnung und/oder die Tiefenausdehnung des Stauchelements. Das Stauchelement 1 ist aus sechs Elementschichten 2 zusammengesetzt. Ausserdem weist das Stauchelement 1 in diesem Beispiel eine Längenausdehnung von 80 cm, eine Höhengausdehnung von 30 cm sowie eine Tiefenausdehnung von 25 cm auf.

[0052] Figur 2 zeigt eine Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau, insbesondere ein Stauchelement 1, eingebaut in einer Spritzbetonschale 3, wobei das Stauchelement 1 im Wesentlichen quaderförmig ausgebildet ist und die Höhengausdehnung der Vorrichtung tangential zum Hohlraum angeordnet ist und die Grundfläche radial zum Hohlraum angeordnet ist. Die Grundfläche des Stauchelements 1 fügt sich gut an die Spritzbetonschale 3 an, was für eine vorteilhafte Kraftübertragung zwischen dem Stauchelement 1 und der Spritzbetonschale 3 sorgt. Durch die Dimensionen des Stauchelements 1 und der Anordnung des Stauchelements 1 in der Aussparung der Spritzbetonschale 3 wird gewährleistet, dass das Stauchelement 1 bei einer Kraftaufbringung durch die Spritzbetonschale 3 mit geringer Wahrscheinlichkeit kippt und mit einer hohen Wahrscheinlichkeit gestaucht wird und somit Kräfte aus der Spritzbetonschale 3 sowie eine Verformung der Spritzbetonschale 3 aufnehmen kann.

[0053] Figur 3 zeigt ein beispielhaftes Spannungs-

Dehnungs-Diagramm von Polystyrol mit einer im Wesentlichen linear-elastischen Zone 4, einer Flieaszzone 5 sowie einer Verdichtungszone 6. Das Spannungs-Dehnungs-Diagramm des jeweiligen Stauchelements (nicht dargestellt) kann durch eine unterschiedliche Dichte der Elementschichten 2 vorteilhaft angepasst werden, so dass die Eigenschaften des Stauchelements (nicht dargestellt) im konkreten Anwendungsfall vorteilhaft auf die gegebenen Bedingungen und die technischen Anforderungen angepasst werden kann.

[0054] Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung von unterschiedlichen, beispielhaften Anordnungen von mehreren Elementschichten 2 einer Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen mit gleicher oder unterschiedlicher Dichte, wobei die Elementschichten 2 eines Stauchelements 1 sofern sie unterschiedliche Dichten aufweisen so angeordnet sein können, dass die Elementschichten 2 mit der höheren Dichte in der Höhengausdehnung aussen liegen. Die Elementschichten 2 können auch so angeordnet sein, dass die Elementschichten 2 mit der niedrigeren Dichte in der Höhengausdehnung aussen liegen. Denkbar ist auch eine asymmetrische Anordnung der Elementschichten 2 in Bezug auf die Dichte entlang der Höhengausdehnung des Stauchelements 1. Es ist möglich, dass die beiden in Bezug auf die Höhengausdehnung äusseren Elementschichten 2 die höchste und die niedrigste Dichte der Elementschichten 2 des Stauchelements 1 aufweisen, während die von den äusseren Elementschichten 2 eingefassten Elementschichten 2 eine Dichte aufweisen, die zwischen der höchsten und der niedrigsten Dichte der Elementschichten 2 des Stauchelements 1 liegen.

[0055] Figur 5 zeigt einen schematischen Querschnitt eines Tunnels mit vier beispielhaft angeordneten Vorrichtungen zur Aufnahme von Gebirgsverformungen (Stauchelementen), wobei die Höhengausdehnungen der Stauchelemente 1 tangential zum Hohlraum angeordnet sind und die Grundflächen der Stauchelemente 1 radial zum Hohlraum angeordnet sind. In der Figur 5 sind die Stauchelemente 1 beispielhaft in der Firste und in der Ulme des Tunnelquerschnitts angeordnet. Es ist es möglich, dass die Stauchelemente 1 in jedem Bereich der Spritzbetonschale 3 angeordnet sind. Es ist auch möglich, dass mehrere Stauchelemente 1 in direktem Kontakt dergestalt angeordnet sind, dass sich ihre Grundflächen berühren.

[0056] Es kann ein einziges Stauchelement 1 oder eine Vielzahl von Stauchelementen 1 im Querschnitt eingebaut werden. Die Stauchelemente 1 können achsensymmetrisch oder punktsymmetrisch angeordnet sein. Auch eine asymmetrische Anordnung der Stauchelemente 1 ist möglich.

[0057] Figur 6 zeigt eine Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau, insbesondere ein Stauchelement 1 mit einem Haltegitter 7, zwei Haken 8, einem horizontalen Befestigungselement 9 sowie zwei Befestigungsbögen 10 und einem Draht 11. Durch die vorteilhafte Anbringung von Haken 8 an dem

Stauchelement 1 kann das Stauchelement 1 vorteilhaft verarbeitet und eingebaut werden. Die Haken 8 können aus Stahl, aus Kunststoff, einem Verbundmaterial oder aus einem anderen geeigneten Material ausgebildet sein. In diesem Beispiel sind die Haken 8 aus Stahl gefertigt. An einem ersten Ende der Haken 8 sind die Haken mit dem Stauchelement 1 verbunden indem die Haken 8 mit ihrem ersten Ende in das Stauchelement 1 eingelassen sind. An einem zweiten Ende der Haken 8 sind die Haken 8 hakenförmig geformt. Mit dem hakenförmigen zweiten Ende sind die Haken 8 an einem im Wesentlichen horizontalen Befestigungselement 9 befestigt. Das zweite Ende der Haken 8 ist in diesem Beispiel halbkreisförmig geformt. Mit den Haken 8 ist das Stauchelement 1 an ein horizontales Befestigungselement 9 angehängt. Das horizontale Befestigungselement ist in diesem Beispiel ein im Wesentlichen zylinderförmiger Stahlstab. Das horizontale Befestigungselement 9 ist in die zwei Befestigungsbögen 10 eingehängt. In diesem Beispiel ist das Stauchelement 1 durch einen Draht 11 befestigt. Dadurch kann das Stauchelement 1 in eine gewünschte Position gebracht werden, der Einbau der Spritzbetonschale 3 kann erfolgen und es ist äusserst unwahrscheinlich, dass sich das Stauchelement 1 während des Einbaus der Spritzbetonschale stark verschiebt. Somit ist gewährleistet, dass das Stauchelement 1 bei den weiteren Bauarbeiten in der vorgesehenen Position verbleibt. Es ist auch denkbar, dass das Stauchelement 1 am Haltegitter mit Kabelbindern, Bändern, Gurten, Schläuchen oder anderen Befestigungsmitteln fixiert wird.

[0058] Figur 7 zeigt eine Ansicht einer Vielzahl von Vorrichtungen zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau (Stauchelementen), eingebaut in der Spritzbetonschale 3 einer Tunnelverkleidung. In diesem Einbauzustand ist das Haltegitter von der Spritzbetonschale 3 oder von den Stauchelementen 1 überdeckt und nichtmehr oder nur noch partiell zu sehen. Die Höhenausdehnung der Stauchelemente 1 ist tangential zum Hohlraum in der Spritzbetonschale 3 ausgerichtet und die Grundfläche der Stauchelemente 1 ist radial zum Hohlraum angeordnet. Durch diese vorteilhafte Ausrichtung der Stauchelemente 1 in der Spritzbetonschale 3 ist ein Kippen, Biegen oder Biegedrillknicken der Stauchelemente 1 äusserst unwahrscheinlich. Somit ist es sehr wahrscheinlich, dass die Stauchelemente 1 wie vorgesehen gestaucht werden. Im Verbund mit der Spritzbetonschale ist die Funktion des Systems somit sehr zuverlässig. Ausserdem sind die Stauchelemente im eingebauten Zustand sichtbar. Dadurch können die Stauchelemente 1 vorteilhaft visuell durch einen Anwender oder durch entsprechende Messeinrichtung auf ihren korrekten Sitz und ihre korrekte Funktion geprüft werden.

[0059] Figur 8 zeigt einen Querschnitt eines Segments einer Tunnelverkleidung aus Spritzbeton mit einer eingebauten Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau (Stauchelement). Hier ist das Stauchelement 1 auf ein horizontales Befestigungsele-

ment 9 aufgelegt. Es ist möglich, dass das Stauchelement 1 durch einen Draht 11 oder mehrere Drähte fixiert wird. Dadurch kann das Stauchelement 1 in eine gewünschte Position gebracht werden, der Einbau der Spritzbetonschale 3 kann erfolgen und es ist äusserst unwahrscheinlich, dass sich das Stauchelement 1 während des Einbaus der Spritzbetonschale 3 stark verschiebt. Somit ist gewährleistet, dass das Stauchelement 1 bei den weiteren Bauarbeiten in der vorgesehenen Position verbleibt. Die Höhenausdehnung der Stauchelemente 1 ist tangential zum Hohlraum des Tunnels ausgerichtet und die Grundfläche der Stauchelemente 1 ist radial zum Hohlraum angeordnet. Die Höhenausdehnung der Elementschichten 2 ist ebenfalls tangential zum Hohlraum des Tunnels ausgerichtet. Die Fläche, auf denen die einzelnen Elementschichten 2 aufeinanderliegen sind somit radial zum Hohlraum des Tunnels ausgerichtet.

[0060] Figur 9 zeigt eine Ansicht eines Segments einer Tunnelverkleidung aus Spritzbeton mit einer eingebauten Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau (Stauchelement). Zwischen dem Stauchelement 1 und dem Berg ist bergseitig ein Haltegitter 7 angebracht. Das Stauchelement 1 ist mit einem Draht 11 oder mehreren Drähten an dem Haltegitter 7 fixiert. Ausserdem liegt das Stauchelement 1 auf einem horizontalen Befestigungselement 9 auf. Das horizontale Befestigungselement 9 ist in zwei Befestigungsbögen 10 eingehängt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau, insbesondere ein Stauchelement (1), wobei die Vorrichtung eine Grundfläche, eine Höhenausdehnung und eine Tiefenausdehnung aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung Polystyrol, bevorzugt expandiertes Polystyrol, insbesondere bevorzugt hochfestes expandiertes Polystyrol, umfasst.
2. Vorrichtung gemäss Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet dass** die Vorrichtung aus Polystyrol besteht.
3. Vorrichtung gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung im Wesentlichen quaderförmig ausgebildet ist.
4. Vorrichtung gemäss Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Längenausdehnung grösser ist als die Höhenausdehnung und/oder die Tiefenausdehnung.
5. Vorrichtung gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vor-

richtung aus mehreren Elementschichten (2) zusammengesetzt ist, wobei die Elementschichten (2) entlang der Höhenausdehnung aufeinander angeordnet sind.

6. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung zumindest zwei unterschiedliche Dichten umfasst, insbesondere mindestens zwei, bevorzugt drei, Elementschichten (2) unterschiedlicher Dichte. 10
7. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung entlang der Höhenausdehnung aussen eine geringere Dichte aufweist als im mittleren Bereich. 15
8. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine Dichte im Bereich von 100 kg/m³ bis 500 kg/m³ aufweist, insbesondere die Elementschichten (2) im Wesentlichen jeweils eine Dichte zwischen 230 kg/m³ und 410 kg/m³ aufweisen. 20
9. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung ein Gewicht von weniger als 40 kg aufweist. 25
10. Verfahren zur Herstellung einer für die Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau geeigneten Befestigungsschicht, wobei die Befestigungsschicht eine Innenschicht umfasst, insbesondere Spritzbetonschicht oder Schicht aus Tübbing, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche in der Innenschicht angeordnet wird. 30
35
11. Verfahren gemäß Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Befestigungsschicht gebirgsseitig ein Befestigungsgitter umfasst, welches zwischen Innenschicht und Gebirge angeordnet wird. 40
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhenausdehnung der Vorrichtung tangential zum Hohlraum angeordnet wird und bevorzugt die Grundfläche radial zum Hohlraum angeordnet wird. 45
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Befestigungsschicht zumindest zwei Befestigungsbögen (10) umfasst und die Vorrichtung zwischen den zwei Befestigungsbögen (10) angeordnet wird und insbesondere auf einem Befestigungselement (9) aufliegt, welches die Befestigungsbögen (10) verbindet, so dass das Befestigungselement (9) entlang der Hohlraumlängsachse angeordnet wird. 50
55
14. Verwendung eines Polystyrol-Stauchelementes (1)

zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Tunnelbau, insbesondere eines Polystyrol-Stauchelementes mit Elementschichten (2) unterschiedlicher Dichte.

15. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung zur Aufnahme von Gebirgsverformungen im Untertagebau, insbesondere einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 9, wobei die Vorrichtung aus mehreren, insbesondere quaderförmigen, Polystyrolkörpern zusammengefügt, insbesondere geklebt, wird.

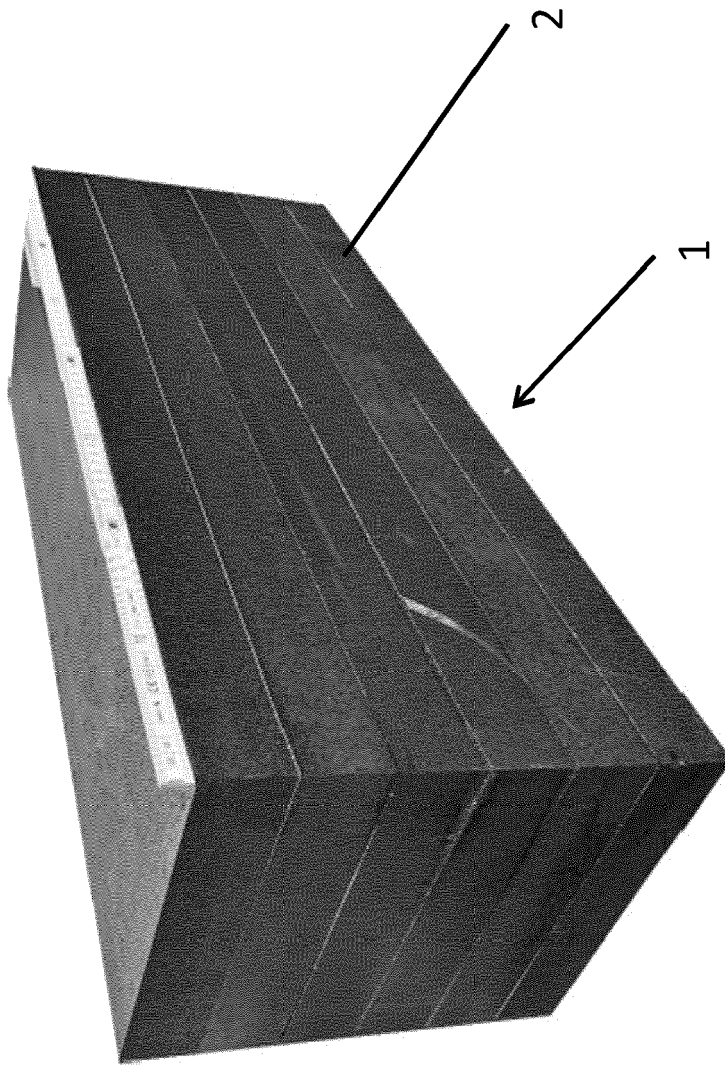


Fig. 1

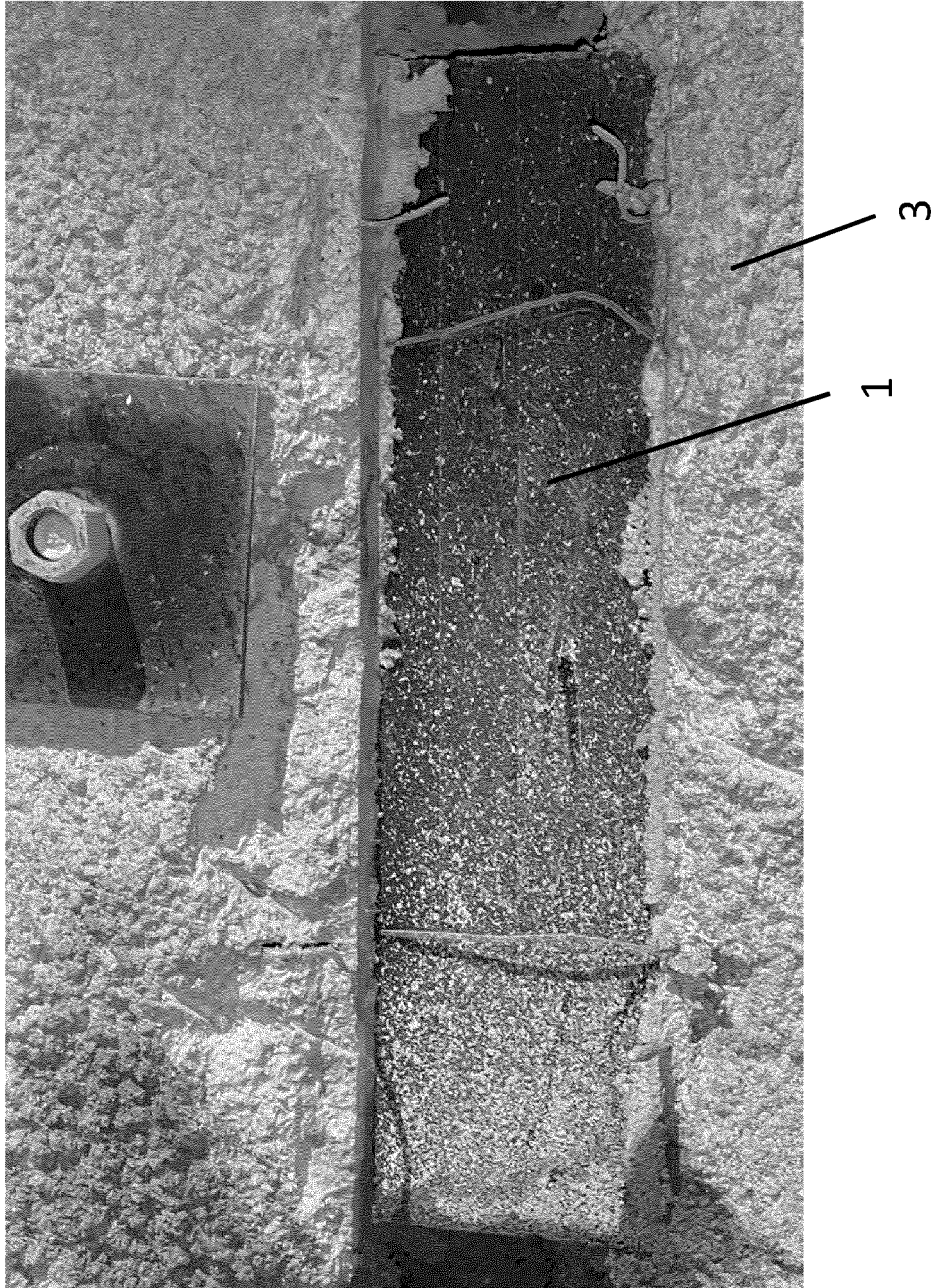
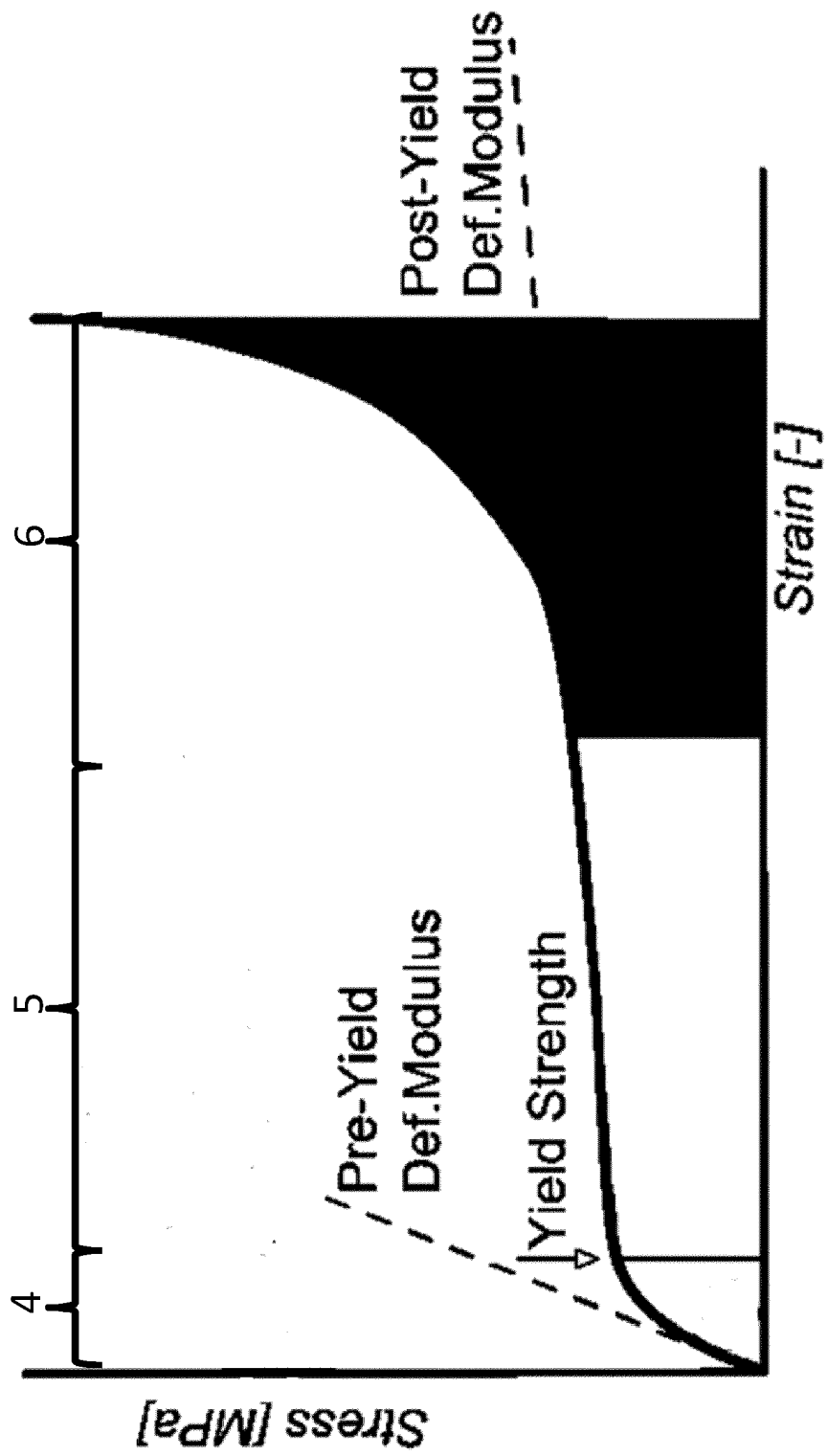


Fig. 2



Fi. 3

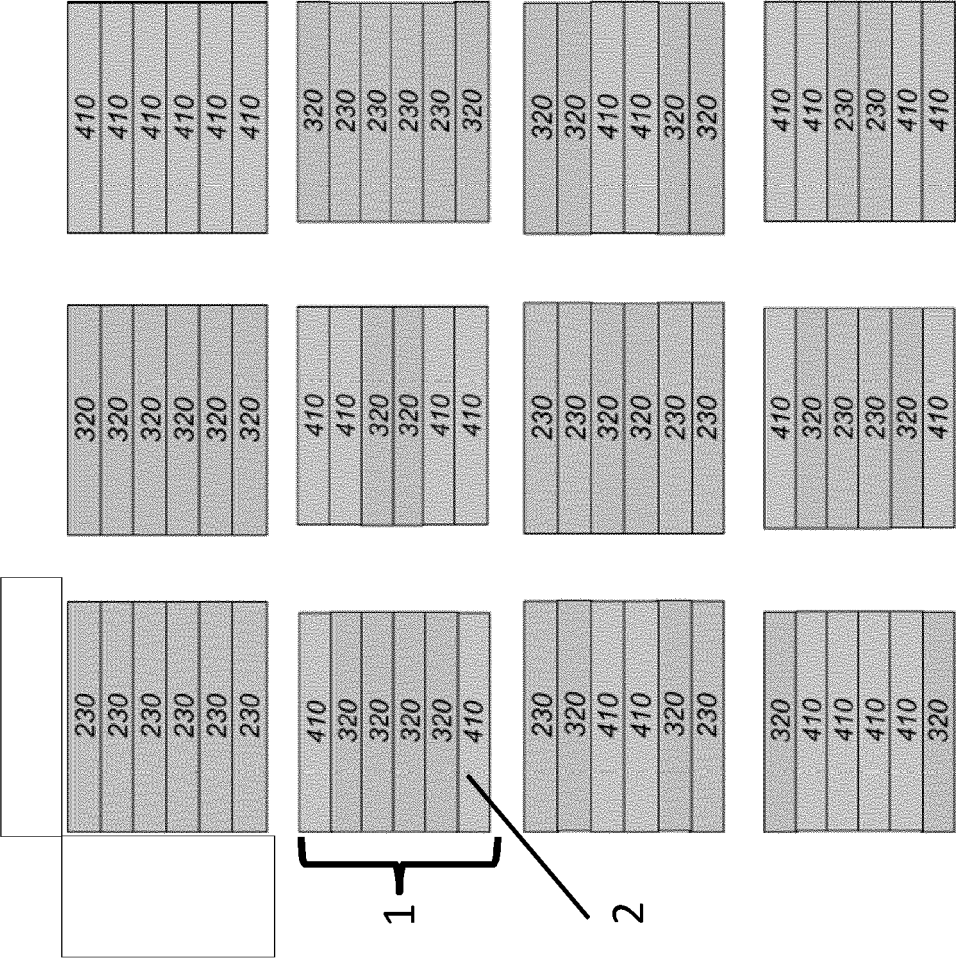


Fig. 4

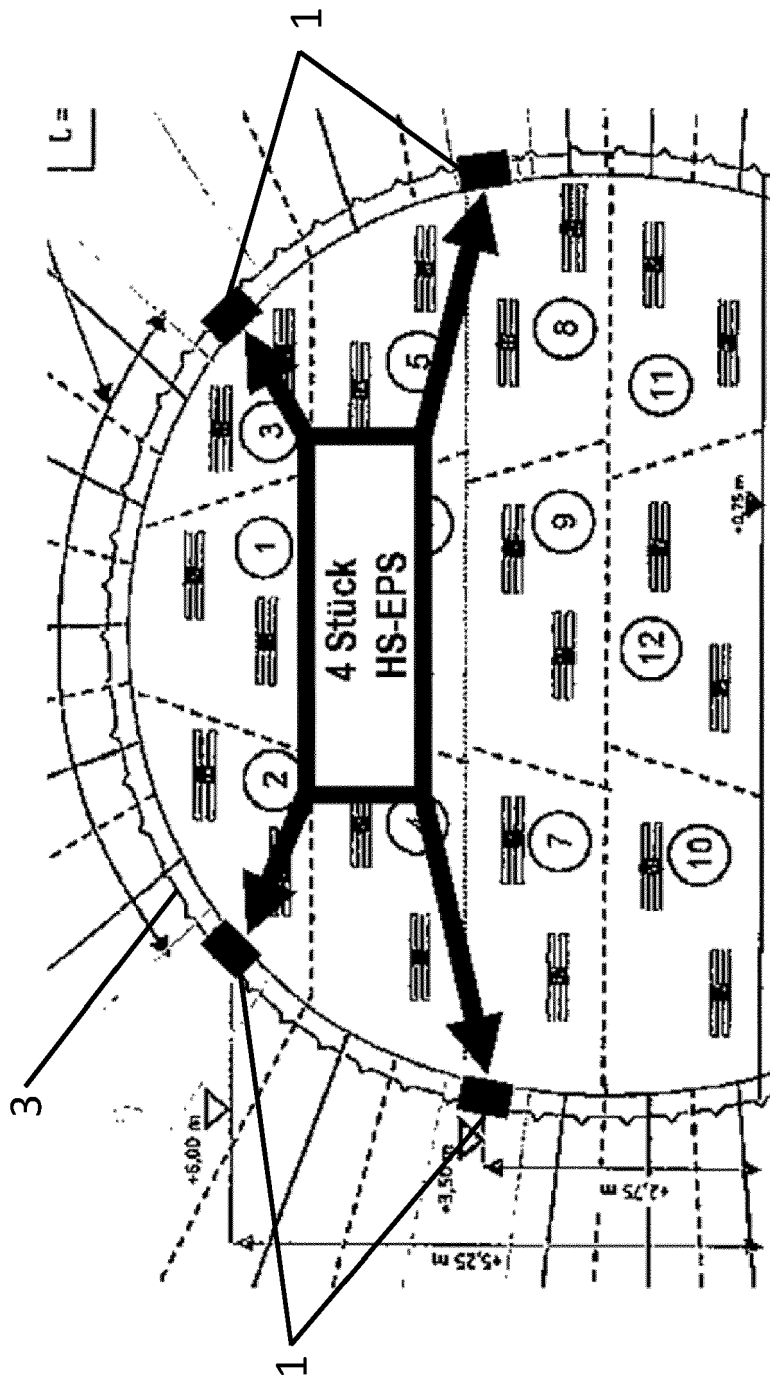


Fig. 5

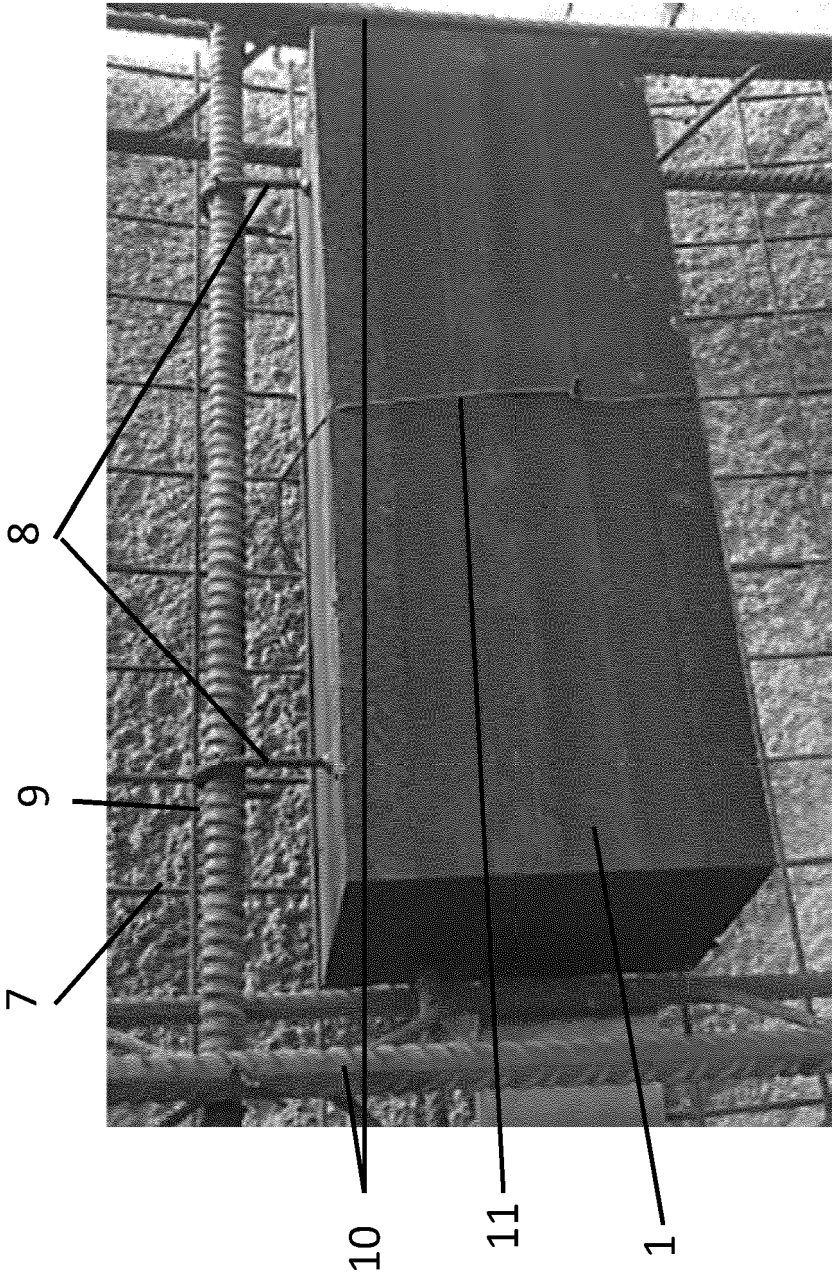


Fig. 6

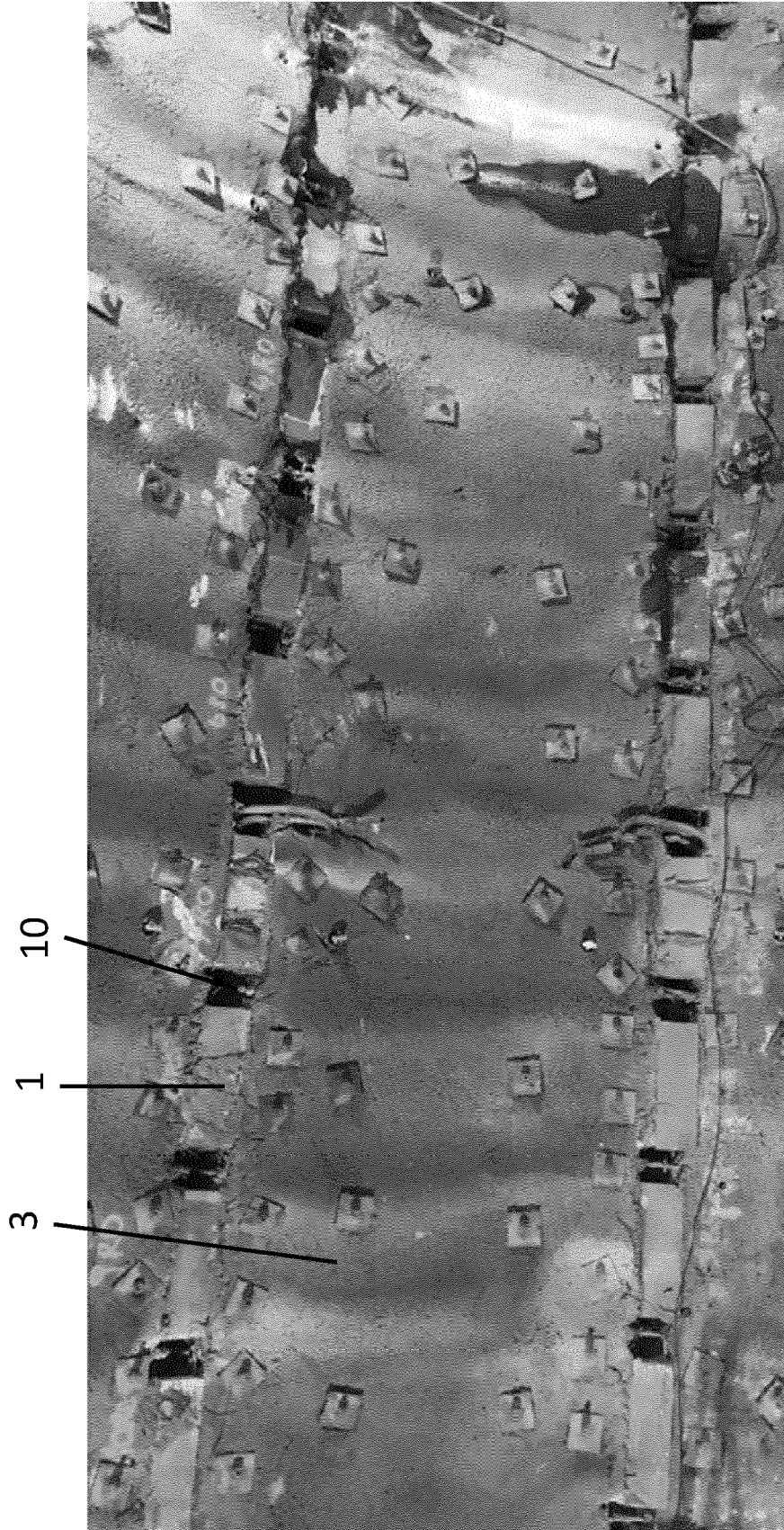


Fig. 7

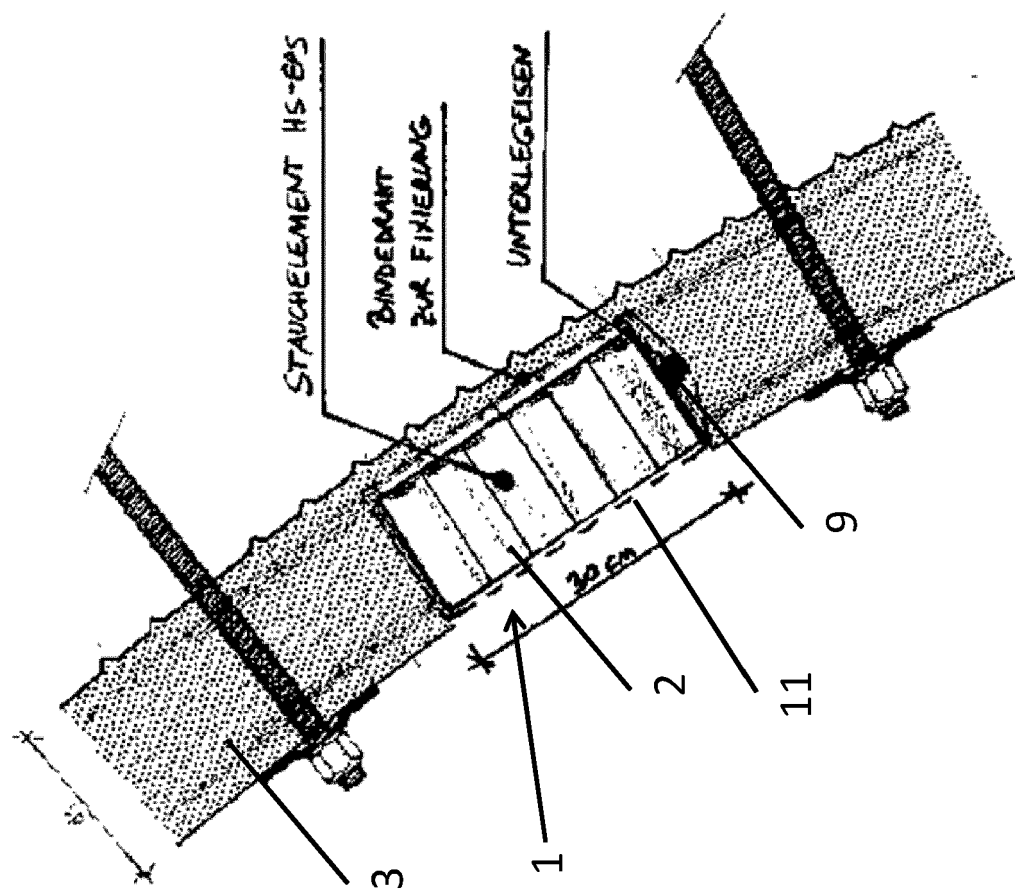


Fig. 8

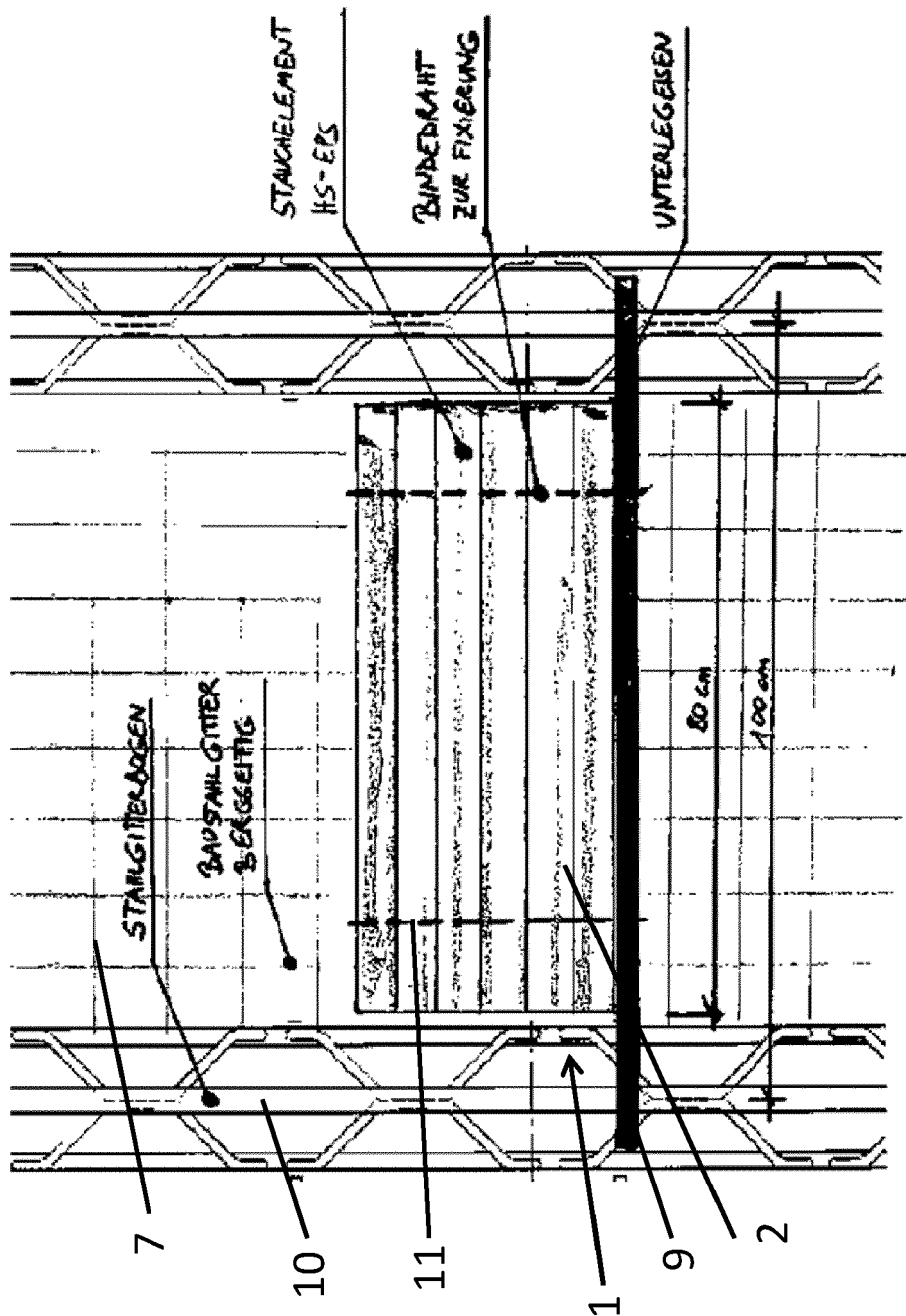


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 21 3577

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 4 483 642 A (KENNEDY JOHN M [US] ET AL) 20. November 1984 (1984-11-20)	1-4, 8-10, 12, 14	INV. E21F15/00 E21F17/103
A	* Spalte 3 - Spalte 4; Abbildungen 1,3 *	5-7, 11, 13, 15	
A	----- WO 2008/009344 A2 (SKUMTECH AS [NO]; JONSSON SVEIN [DE]) 24. Januar 2008 (2008-01-24) * Abbildungen 1-4 *	1-15	
A	----- WO 01/07756 A1 (BONA WILLIAM CLAUDIO [AU]) 1. Februar 2001 (2001-02-01) * Abbildungen 1A-1H *	1-15	
A	----- DE 24 39 399 A1 (ATLANTIC RICHFIELD CO) 20. Februar 1975 (1975-02-20) * das ganze Dokument *	1-15	
A	----- US 3 478 520 A (ANDY ALBERT) 18. November 1969 (1969-11-18) * das ganze Dokument *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) E21F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 28. April 2022	Prüfer Morrish, Susan
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	

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

EP 21 21 3577

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

28-04-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4483642 A	20-11-1984	AU 555283 B2	18-09-1986
		AU 566341 B2	15-10-1987
		CA 1198902 A	07-01-1986
		GB 2119832 A	23-11-1983
		US 4483642 A	20-11-1984
		ZA 831658 B	31-10-1984
WO 2008009344 A2	24-01-2008	DE 102007026990 A1	10-04-2008
		WO 2008009344 A2	24-01-2008
WO 0107756 A1	01-02-2001	NZ 517503 A	30-01-2004
		WO 0107756 A1	01-02-2001
DE 2439399 A1	20-02-1975	CA 999311 A	02-11-1976
		DE 2439399 A1	20-02-1975
		GB 1471746 A	27-04-1977
		US 3892442 A	01-07-1975
US 3478520 A	18-11-1969	KEINE	

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

- EP 1564369 B1 [0003]
- EP 2918772 A2 [0003]