



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 687 399 A5

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>: E 04 C 005/08  
E 04 C 005/16

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 01113/92

㉒ Anmeldungsdatum: 06.04.1992

㉔ Patent erteilt: 29.11.1996

㉕ Patentschrift veröffentlicht: 29.11.1996

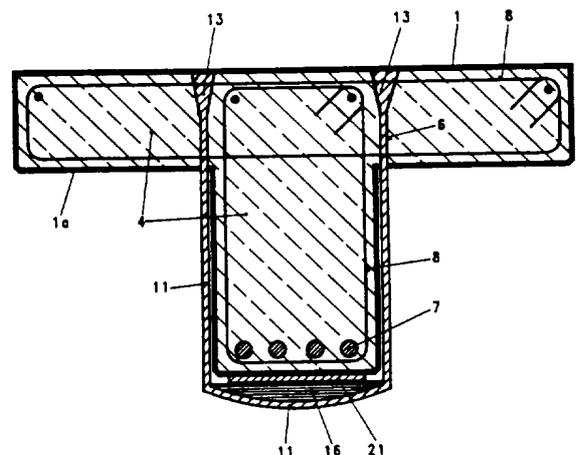
㉗ Inhaber:  
Eidgenössische Materialprüfungs- und  
Forschungsanstalt EMPA, Ueberlandstrasse 129,  
8600 Dübendorf (CH)

㉘ Erfinder:  
Meier, Urs, Prof. Dipl.-Ing., Schwerzenbach (CH)  
Deuring, Martin, Dipl.-Ing., Zürich (CH)  
Meier, Heinz, Winterthur (CH)

㉙ Vertreter:  
Troesch Scheidegger Werner AG,  
Siewerdstrasse 95, Postfach, 8050 Zürich (CH)

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Schubverstärkung an einem Bauwerkteil.

⑤⑦ Um ein längs ausgedehntes oder flächiges, für Tragfunktionen vorgesehenes Bauwerkteil (1) gegen auftretende Schubkräfte zu verstärken, werden mindestens an oder in einer Querschnittsfläche (4) des Bauwerkteiles Spannmittel (11) schlaff oder vorgespannt angelegt, welche bei Schubbeanspruchung des Bauwerkteiles eine im wesentlichen quer zur Längs- bzw. Flächenausdehnung des Bauwerkteiles gerichtete Vorspannung gegen das Bauwerkteil erzeugen.



## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Schubverstärkung an einem längs ausgedehnten oder flächigen, für Tragfunktionen vorgesehenen Bauwerkteil, eine Anwendung des Verfahrens, eine Vorrichtung für die Ausführung des Verfahrens sowie ein Konstruktionsbauwerkteil mit einer Vorrichtung.

Seit vielen Jahren beschäftigen sich Forschung und Praxis mit der nachträglichen Verstärkung von Stahlbetonkonstruktionen durch Anlegen einer zusätzlichen Bewehrung. Die Anfänge dieser Technik werden in J. Bresson, «Nouvelles recherches et applications concernant l'utilisation des collages dans les structures. Beton plaqué.», Annales ITBTP Nr. 278 (1971), Série Beton, Beton armé Nr. 116, beschrieben und gehen auf die Sechzigerjahre zurück. Dabei hatte Bresson seine Anstrengungen insbesondere auf die Erforschung der Verbundspannung im Bereich der Verankerungen von aufgeklebten Stahllamellen gerichtet.

Seit rund zwanzig Jahren können somit bestehende Stahlbetonkonstruktionen, wie Brücken, Boden- und Deckenplatten, Längsträger und dergleichen, durch nachträgliches Aufkleben von Stahllamellen verstärkt werden.

Die Verstärkung von Betonbauwerken durch Ankleben von Stahllamellen mit beispielsweise Epoxidharzklebern darf heute als Standardtechnik betrachtet werden.

Es gibt verschiedene Gründe, die eine Verstärkung notwendig machen:

- Erhöhung der Nutzlast,
- Änderung des statischen Systems, indem beispielsweise tragende Elemente, wie Stützen, nachträglich entfernt werden oder deren Stützfunktionen reduziert werden,
- Verstärkung von ermüdungsgefährdeten Bauteilen,
- Erhöhung der Steifigkeit,
- Schäden am Tragsystem bzw. Sanierung bestehender Bauwerke sowie
- fehlerhafte Berechnung oder Ausführung des Bauwerkes.

Nachträgliche Verstärkungen mit aufgeklebten Stahllamellen haben sich an zahlreichen Bauwerken bewährt, wie beispielsweise in den nachfolgenden Literaturzitate beschrieben: Ladner, M., Weder, Ch.: «Geklebte Bewehrung im Stahlbetonbau», EMPA Dübendorf, Bericht Nr. 206 (1981); «Verstärkung von Tragkonstruktionen mit geklebter Armierung», Schweiz. Bauzeitung, Sonderdruck aus dem 92. Jahrgang, Heft 19 (1974); «Die Sanierung der Gizenenbrücke über die Muota», Schweiz. Ingenieur & Architekt, Sonderdruck aus Heft 41 (1980).

Diese Verstärkungsverfahren weisen jedoch Nachteile auf. Stahllamellen können nur in kurzen Längen geliefert werden, womit nur die Applikation relativ kurzer Lamellen möglich wird. Somit können Lamellenstösse, die gezwungenermassen notwendig werden, und damit potentielle Schwachstellen nicht vermieden werden. Die umständliche Handhabung von schweren Stahllamellen auf der Baustelle kann ausserdem bei hohen oder schwer zugängli-

chen Bauwerken erhebliche ausführungstechnische Probleme verursachen. Zudem besteht beim Stahl, auch bei einer sorgfältigen Korrosionsschutzbehandlung, die Gefahr des seitlichen Unterrostens der Lamellen bzw. der Korrosion an der Grenzfläche zwischen Stahl und Beton, was zum Ablösen und somit dem Verlust der Verstärkung führen kann.

Entsprechend wurde in der Publikation von U. Meier, «Brückensanierungen mit Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffen», Material + Technik, 15. Jahrgang, Heft 4 (1987), und in der Dissertation von H.P. Kaiser, Diss. ETH Nr. 8918 der ETH Zürich (1989), vorgeschlagen, die Stahllamellen durch kohlenstoffaserverstärkte Epoxidharzlamellen zu ersetzen. Lamellen aus diesem Werkstoff zeichnen sich durch eine geringe Rohdichte, sehr hohe Festigkeit, ausgezeichnete Ermüdungseigenschaften und eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit aus. Es ist also möglich, anstelle der schweren Stahllamellen leichte, dünne, kohlenstoffaserverstärkte Kunststofflamellen zu verwenden, die quasi endlos im aufgerollten Zustand auf die Baustelle transportiert werden können. Praktische Ermittlungen ergaben, dass Kohlenstoffaserverstärkte Epoxidharzlamellen von 0,5 mm Dicke eine Zugkraft aufzunehmen vermögen, welche der Fließkraft einer 3 mm dicken FE360 Stahllamelle entspricht.

Da die vorliegende Erfindung im wesentlichen auf der erwähnten ETH Dissertation aufbaut und u.a. eine Weiterentwicklung der darin beschriebenen technischen Lösung für die Verstärkung von Betonbauwerkteilen darstellt, ist der Inhalt der ETH Dissertation Nr. 8918 von H. P. Kaiser, Zürich ETH 1989, somit integraler Bestandteil der vorliegenden Beschreibung, womit auf eine ausgedehnte Würdigung dieses Dokumentes verzichtet wird.

Die Ergebnisse dieser ETH Dissertation zeigten, dass nachträglich mit kohlenstoffaserverstärkten Epoxidharzen verstärkte Stahlbetonbauteile auf Biegung analog wie herkömmlicher Stahlbeton berechnet werden können. Besondere Beachtung muss allerdings der Schubrissebildung im Beton geschenkt werden. Auftretende Schubrisse führen zu einem Versatz an der verstärkten Oberfläche, was in der Regel ein Abschälen bzw. ein Ablösen der Verstärkungslamellen nach sich zieht. Die Schubrissebildung wird somit zu einem wesentlichen Bemessungskriterium sowohl in bezug auf die Tragfähigkeit des unverstärkten Bauwerkteiles wie auch auf eine allfällige Ablösegefahr der nachträglich angeordneten Verstärkungslamellen.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Methode vorzuschlagen, um eine Stahlbetonkonstruktion bzw. ein vorgespanntes Betonbauwerk gegen Schubkräfte zu verstärken, um ein Auftreten von Schubrisse weitgehendst zu verhindern resp. um wenigstens eine feinere Rissverteilung zu erwirken.

Es ist eine weitere Aufgabe dieser Erfindung, mit Verstärkungslamellen, vorzugsweise mit Faserverbundwerkstofflamellen verstärkte Bauwerke derart gegen Schubkräfte zu verstärken bzw. zu schützen, um im Bereich der Grenzfläche der Lamelle zum Beton ein Auftreten von Schubrisse weitgehendst

zu verhindern und beim Auftreten von Rissen einen Versatz in der Rissebene weitgehendst zu verhindern.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe durch ein Verfahren gemäss dem Wortlaut nach Anspruch 1 gelöst.

Vorgeschlagen wird, dass zur Schubverstärkung an einem längs ausgedehnten oder flächigen, für Tragfunktionen vorgesehenen Bauwerkteil mindestens an oder in einer Querschnittsfläche des Bauwerkteiles Vorspannmittel für die Erzeugung einer im wesentlichen in der Querschnittsfläche wirkenden Vorspannung angelegt werden. Dabei ist es vorteilhaft, dass diese Vorspannmittel im wesentlichen im peripheren Bereich bzw. entlang mindestens einem Teil des Umfanges der Querschnittsfläche des Bauwerkteiles, gegen das Bauwerkteil gerichtet, angelegt werden. Die Vorspannmittel können am nicht oder nur schwach schubbeanspruchten Bauwerkteil im wesentlichen schlaif oder nur schwach vorgespannt angelegt werden, so dass sich eine verstärkte, gegen die bzw. in der Querschnittsfläche wirkende Vorspannung erst bei erhöhter Schubbeanspruchung einstellt. Allerdings können die Vorspannmittel auch bereits stark vorgespannt am nicht oder nur schwach schubbeanspruchten Bauwerkteil angelegt werden.

Die erwähnte Schubverstärkung wird vorzugsweise in denjenigen Bereichen des Bauwerkteiles angelegt, wo Schubkräfte auftreten können.

Weiter vorgeschlagen wird ein Verfahren zur Schubverstärkung eines Bauwerkteiles mit mindestens einer eingangs erwähnten, lamellenartigen, längs ausgedehnten, von aussen am Bauwerkteil angeordneten Bewehrung zur Verstärkung des Bauwerkteiles, wobei die lamellenartige Bewehrung wenigstens in den Bereichen, wo Schubkräfte auftreten, mittels quer zur Lamelle, aussen diese umgreifend verlaufender Vorspannmittel gegen das Bauwerkteil gepresst wird. Durch diese Vorspannung in den genannten Bereichen der Verstärkungslamelle wird die Abschergefahr bei auftretenden Schubspannungen wesentlich vermindert. Zusätzlich wird durch die so von den genannten Bereichen der Lamellen gegen die Grenzfläche zum Bauwerkteil bzw. Beton gerichteten Kräfte die Möglichkeit der Schubrissbildung vermindert bzw. bewirkt, dass im Falle von Schubrissbildung eine feinere Rissverteilung entsteht.

Insbesondere bei der Verwendung von den in der ETH Dissertation Nr. 8918 vorgeschlagenen Faserverbundlamellen, wie beispielsweise Kohlenstofffaserlamellen, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, diese zusätzlich am Betonbauwerkteil angeordneten Lamellen vorzuspannen, um die Gebrauchstauglichkeit des Bauteils zu verbessern und das Abscheren der Lamelle infolge Betonschubbruch in der Zugzone zu verhindern. Die grosse elastische Dehnbarkeit der Kohlenstofffaserlamellen stellt eine grosse Chance für die erwähnte Vorspannung dar. Die grosse elastische Dehnung und der auf die jeweiligen Verhältnisse angepasste E-Modul wirken sich günstig auf Spannverluste infolge Schwindens und Kriechens aus. Ein problematischer Punkt allerdings ist die Verankerung der Kohlenstofffaserlamellen

beim Vorspannen. Die Kräfte müssen mindestens bis zum vollständigen Erhärten, beispielsweise des verwendeten Epoxidharzklebers, durch Spannlaschen übernommen werden.

5 Entsprechend schlägt die vorliegende Erfindung weiter ein Verfahren zur Schubverstärkung an einem längs ausgedehnten oder flächigen, innerlich mit einer schlaffen oder vorgespannten Stahlbewehrung bewehrten Betonbauwerkteil vor, wobei die  
10 von aussen am Bauwerkteil angeordnete, längs ausgedehnte Faserverbundlamelle vorgespannt fest mit dem Bauwerkteil verbunden wird und die Lamelle je im Endbereich aussen umgreifend durch  
15 Vorspannmittel vorgespannt gegen das Bauwerkteil gepresst wird. Diese Vorspannmittel dienen einerseits zur Verankerung der Enden der Lamelle im Bauwerkteil und bewirken andererseits durch die gegen das Bauwerkteil gerichteten Vorspannkräfte, dass im Bereich der Enden der Lamelle keine  
20 Schubrisse auftreten können, womit die Abschergefahr der Lamelle wesentlich reduziert wird.

Durch das Anordnen der erwähnten Vorspannmittel ist nicht mehr das Abscheren der Verstärkungslamelle der kritische Punkt, sondern eher ein Reissen der Lamelle, was allerdings aufgrund der sehr hohen Zugfestigkeit von Faserverbundlamellen eine wesentliche Verbesserung darstellt.

Die Vorspannmittel sind dabei vorzugsweise lamellen-, schlauch-, gurten-, band-, stab- oder seilartig ausgebildet und bestehen aus einem hoch reissfesten Gewebe, hergestellt beispielsweise aus  
30 Stahl-, Kohlenstoff-, Glas- und/oder aus aromatischen Polyamidfasern. Als Vorspannmittel eignen sich aber auch andere faserverstärkte Kunststoffe, wie beispielsweise monoaxial bzw. unidirektional  
35 gereckte Rovings, oder die oben angeführten, zur Verstärkung vorgeschlagenen Faserverbundlamellen. Das an einer Seite der Querschnittsfläche angelegte Vorspannmittel bzw. die die Lamelle aussen umgreifende und gegen das Bauwerkteil gerichtete  
40 Vorspannung ist vorzugsweise im gegenüberliegenden Bereich der Querschnittsfläche des Bauwerkteiles, beispielsweise in der Druckzone, fest im Bauwerk verankert, so dass die Vorspannung aufrecht  
45 erhalten bleibt. E-Modul und Geometrie der Vorspannmittel werden vorzugsweise so gewählt, dass Spannverluste infolge Kriechens des Bauteils und Relaxation des Vorspannmittels minimiert werden.

50 Falls das Bauwerkteil mehrere innere, im wesentlichen quer zum Bauwerkteil angeordnete Schubbewehrungen umfasst, wird weiter vorgeschlagen, je im wesentlichen mittig zwischen zwei inneren  
55 Schubbewehrungen die Vorspannung in oder an einer Querschnittsfläche des Bauwerkteiles anzuordnen bzw. anzulegen. Bei der Verwendung von Faserverbundlamellen kann es ebenfalls vorteilhaft sein, im wesentlichen verteilt auf die ganze Länge  
60 der Lamelle, in Abständen die aussen umgreifenden Lamellen gurten-, band-, schlauch- oder seilartigen Vorspannmittel anzuordnen, die die Lamelle gegen das Bauwerkteil treiben, um den Ablösekräften der Lamelle entlang der ganzen Länge entgegenzuwirken. Im Falle von vorhandenen inneren  
65 Schubbewehrungen ist es auch in diesem Falle

vorteilhaft, die Vorspannmittel jeweils im wesentlichen mittig zwischen zwei inneren Schubbewehrungen anzuordnen.

Die oben erwähnten erfindungsgemässen Verfahren eignen sich insbesondere für die Schubverstärkung von Brücken, trag- oder plattenartigen Balken, Boden- oder Deckenplatten. Grundsätzlich eignen sich die erfindungsgemässen Verfahren für die Schubverstärkung von irgendwelchen Bauwerkteilen, wie Stahlbetonkonstruktionen, die Tragfunktionen auszuüben haben. Es kann sich dabei auch um Bauwerkteile, hergestellt aus anderen Werkstoffen, handeln, wie beispielsweise solchen aus Holz, Metall, Kunststoffen, anderen mineralischen Stoffen als Beton etc.

Für die Durchführung der erfindungsgemäss vorgeschlagenen Verfahren wird weiter eine Vorrichtung zur Schubverstärkung an einem längs ausgedehnten oder flächigen, für Tragfunktionen vorgesehenen Bauwerkteil vorgeschlagen, welche durch mindestens ein in oder an einer Querschnittsfläche des Bauwerkteiles im wesentlichen schlaff oder vorgespannt angelegtes, lamellen-, gurten-, schlauch-, band-, stab- oder seilartiges Spannelement gekennzeichnet ist. Vorzugsweise ist das Spannelement mindestens entlang einem Abschnitt bzw. gegen mindestens einen Teilabschnitt des Umfanges der Querschnittsfläche wenigstens nahezu schlaff oder vorgespannt angelegt. Das Spannelement besteht vorzugsweise aus einem gewebeartigen Material, bestehend aus Stahl-, Glas-, Kohlenstoff- und/oder aromatischen Polyamidfasern, oder einem anderen faserverstärkten Kunststoff, wie unidirektional gereckte Rovings oder aus den oben erwähnten, zur Verstärkung vorgeschlagenen Faserverbundlamellen.

Ein Konstruktionsbauwerkteil der eingangs beschriebenen Art, wie eine Stahlbetonkonstruktion, kann mit einer erfindungsgemäss definierten Vorrichtung gegen Schubbeanspruchung verstärkt werden.

Insbesondere ein Konstruktionsbauwerkteil mit mindestens einer äusserlich angeordneten, lamellenartigen Bewehrung, wie eine Stahllamelle oder eine Faserverbundlamelle, kann zusätzlich mit mindestens einer erfindungsgemäss definierten Vorrichtung weiter gegen Schub verstärkt werden, wobei mindestens ein Spannelement derart angeordnet ist, dass es die Lamelle quer zu deren Längsausdehnung aussen umspannend gegen das Konstruktionsbauwerkteil treibt bzw. presst. Im Falle der Verwendung einer Faserverbundlamelle wird diese selbst vorzugsweise vorgespannt am Konstruktionsbauwerkteil angeordnet.

Weiter wird ein Verfahren zum Vorspannen der oben erwähnten Vorspannmittel, im speziellen eines gewebeartigen Schlauches, vorgeschlagen, wobei der Schlauch mit mindestens einem Ende durch eine Bohrung geführt wird, welche in Richtung der Vorspannung eine konisch sich aufweitende Partie umfasst, wobei im Inneren des Schlauches mindestens im Bereich dieser konisch aufgeweiteten Partie ein viskoser Klebstoff, wie beispielsweise ein Reaktivkleber, angeordnet wird. Anschliessend wird der Schlauch in Vorspannrichtung durch eine weitere Bohrung oder eine Hülse geführt, welche erneut

eine in Richtung der Vorspannung konisch sich aufweitende Partie aufweist, wobei im Inneren des Schlauches ein im wesentlichen angepasst an die konisch aufgeweitete Partie ausgebildeter Keil bzw. Kegel angeordnet ist, dessen Kegelspitze in entgegengesetzter Richtung der Vorspannung gerichtet ist. Schlussendlich wird die Vorspannung mittels Press- bzw. Zugmitteln derart erreicht, indem der Schlauch in Vorspannrichtung durch die Bohrung und die weitere Bohrung oder die Hülse durch die Press- bzw. Zugmittel gezogen wird, welche Press- bzw. Zugmittel vorzugsweise mindestens mit der weiteren Bohrung oder der Hülse fest verbunden sind. Die am Schlauch mittels der Press- bzw. Zugmittel angelegte Spannung muss so lange aufrechterhalten bleiben, bis der oben erwähnte viskose Klebstoff im wesentlichen ausgehärtet ist.

Der erwähnte Kegel bzw. Keil ist an seiner Oberfläche wenigstens teilweise rauh ausgebildet und weist vorzugsweise quer zur Vorspannrichtung mindestens eine im wesentlichen kreisrund ausgebildete Rille auf, damit einerseits beim Vorspannen des Schlauches durch die Press- bzw. Zugmittel der Keil bzw. Kegel sich in den Schlauch hinein bewegt und eine Keilwirkung erzeugt und der Schlauch verankert wird.

Die Erfindung wird nun anschliessend beispielsweise und unter Bezug auf die beigefügten Figuren näher erläutert.

Dabei zeigen:

Fig. 1 in Längsperspektive einen Betontragbalken, versehen mit erfindungsgemäss vorgeschlagener Schubverstärkung,

Fig. 1a im Schnitt den Stahl- und/oder Spannbetonbalken von Fig. 1 entlang der Linie I-I,

Fig. 2 im Längsschnitt einen Stahlbetontragbalken, verstärkt mit einer Faserverbundverstärkungslamelle,

Fig. 2a den Balken von Fig. 2 im Querschnitt,

Fig. 2b einen Ausschnitt des Balkens von Fig. 2 mit eingezeichneten möglichen Brucharten bei auftretender Schubbeanspruchung,

Fig. 3 im Querschnitt den Stahlbetontragbalken von Fig. 2 im Querschnitt, versehen mit einer erfindungsgemässen Schubverstärkung,

Fig. 3a einen Endabschnitt des Balkens von Fig. 2 im Bereich der Auflage und im Bereich des Endes der zusätzlichen Faserverbundlamelle, versehen mit zwei erfindungsgemässen Schubverstärkungen,

Fig. 4, 4a, 4b, und 4c schematisch im Längsschnitt dargestellt das Anordnen und Vorspannen einer Verstärkungslamelle an einem Bauwerkteil und die dabei auftretenden Schubkräfte nach der Montage der Lamelle sowie das erfindungsgemässe Verankern der vorgespannten Lamelle am Bauwerkteil,

Fig. 5 in einem Diagramm die Durchbiegung eines Balkens bei Belastung, unverstärkt, verstärkt mit einer Lamelle und verstärkt mit einer vorgespannten Lamelle,

Fig. 6 ein plattenartiges Bauwerkteil, versehen mit einer Verstärkungslamelle und einer erfindungsgemässen Schubverstärkung,

Fig. 6a das plattenartige Bauwerkteil von Fig. 6 im Querschnitt entlang der Linie II-II und

Fig. 7 schematisch im Querschnitt dargestellt eine Vorrichtung sowie das Prinzip, um eine schlauchartige Schubverstärkung am zu verstärkenden Bauwerkteil vorzuspannen und zu verankern.

In Fig. 1 ist schematisch in Längsansicht ein Tragbalken 1 dargestellt, wie beispielsweise ein Beton- bzw. Stahlbetonbalken. Der dargestellte Betonbalken weist eine Längsstahlbewehrung 7 auf, um dem Tragbalken bei Belastung eine höhere Tragfähigkeit zu verleihen.

Um bei Schubbelastung des Tragbalkens 1 der Bildung von Schubrissen entgegenzuwirken bzw. um den Tragbalken gegen Schubkräfte zu verstärken, sind erfindungsgemäss je in den Querschnittsflächen 4 des Balkens Vorspannmittel 11 vorgesehen. Diese Vorspannmittel sind gegen die äussere Kontur 15 in der Querschnittsfläche 4 entweder schlaff anliegend oder vorgespannt drückend angeordnet und andererseits an den Stellen 13 fest verankert mit dem Bauwerkteil 1 verbunden. Im Falle des schlaff anliegenden Anordnens stellt sich eine Vorspannung der Vorspannmittel 11 erst bei Schubbeanspruchung des Tragbalkens 1 ein.

In Fig. 1a ist eine Querschnittsfläche 4 entlang der Linie I-I aus Fig. 1 dargestellt. Das in Fig. 1a dargestellte Vorspannmittel 11, bei welchem es sich beispielsweise um ein seil-, gurten-, schlauch-, lamellen-, stab- oder bandartiges, hoch reissfestes, gut spannbare Gewebe oder um monoaxial gereckte Rovings handeln kann, verläuft einerseits durch die beiden Bohrungen 6 im Bauwerkteil und umspannt andererseits den Umfang der Querschnittsfläche 4 entlang dem Abschnitt 15, gegen welchen Abschnitt das Vorspannmittel 11 entweder weitgehend schlaff anliegt oder drückend vorgespannt ist. Um eine bessere Verteilung der Spannkraft auf den Abschnitt 15 zu gewährleisten und andererseits eine Überbeanspruchung des Spannmittels 11 beim Austritt aus den Bohrungen 6 beidseitig des Abschnittes 15 zu verhindern, ist vorteilhafterweise eine Unterlage 16 vorgesehen, beispielsweise aus Faserverbundwerkstoffen hergestellt. Selbstverständlich kann auch Stahl oder irgendein anderes Material verwendet werden, wichtig ist, dass eine im Spannmittel 11, wie der Schlauch, das Seil etc., angelegte oder erzeugte Spannung erhalten bleibt. Es ist deshalb auch wichtig, dass die Verankerung des Vorspannmittels 11 an den Stellen 13 einwandfrei ist.

In Fig. 2 ist im Längsschnitt ein Stahlbetonbalken 1 dargestellt, welcher je endständig in den beiden Bereichen 2 und 3 je auf einem Auflager 5 aufgelegt ist. Weiter weist der Betonbalken 1 eine Längsstahlbewehrung 7 auf sowie quer dazu verlaufende Schubbewehrungen 8. Im Sinne der eingangs erwähnten ETH Dissertation Nr. 8918 ist der Tragbalken 1 an seiner unteren Oberfläche weiter mit einer Verstärkungslamelle 21 versehen, beispielsweise hergestellt aus einem Kohlenstoffaserverbundwerkstoff, unter Verwendung einer Epoxidharzmatrix. Aus Fig. 2a, in welcher der Tragbalken 1 von Fig. 2 im Querschnitt dargestellt ist, wird deutlich, dass

der Tragbalken eine T-Form aufweist. Die verwendete Verstärkungslamelle 21 kann auch eine Stahl-lamelle sein oder aus irgendeinem Faserverbundwerkstoff bestehen, wie beispielsweise in der erwähnten ETH Diss. Nr. 8918 beschrieben. Auf das Beschreiben der Vorteile der Verwendung von Faserverbundlamellen sowie deren Ausgestaltung, Dimensionierung und deren Anbringen am Bauwerkteil wird auf die erwähnte ETH Diss. verwiesen und auf eine Wiederholung verzichtet.

Bei einer ausserordentlich hohen Schubbeanspruchung hat es sich nun gezeigt, dass selbst an einem mit einer derartigen zusätzlichen Lamelle verstärkten Bauwerkteil verschiedene Brucharten auftreten können. Anhand eines Ausschnittes des Tragbalkens 1 von Fig. 2 sind in Fig. 2b schematisch mögliche Brucharten dargestellt. Bei der Bruchart gemäss Referenzzahl 31 handelt es sich um eine Betonstauchung in der Druckzone. 32 deutet auf einen Stahlbruch in der Zugzone. 33 bezeichnet einen Lamellenbruch, 34 einen Kohäsionsbruch des Klebstoffes, 35 einen Adhäsionsbruch an der Lamellenoberfläche, 36 einen Adhäsionsbruch an der Betonoberfläche, 37 einen interlaminaeren Bruch der Lamelle sowie Referenzzahl 38 einen Betonschubbruch in der Zugzone, was in der Regel zum Abscheren der Lamelle 21 vom Träger 1 führt.

Um insbesondere dem Betonschubbruch in der Zugzone, jedoch auch den anderen dargestellten Brucharten, vor allem im Bereich der Grenzfläche zwischen der Lamelle und dem Betonbalken 1, entgegenzuwirken, wird nun erfindungsgemäss vorgeschlagen und wie in Fig. 3 dargestellt, eine Schubverstärkung vorzusehen durch das Anordnen der in bezug auf Fig. 1 beschriebenen Vorspannmittel 11. Fig. 3 zeigt dabei den Tragbalken von Fig. 2 erneut im Querschnitt, jedoch versehen mit einem Vorspannmittel 11, wiederum verankert an Stellen 13 im Betonbalken 1. Das Vorspannmittel 11, wie beispielsweise ein Aramidfaserschlauch, verläuft beidseitig durch Bohrungen 6 in der oberen Platte des Tragbalkens 1 und anschliessend beidseitig entlang dem Grundkörper des Tragbalkens, um an dessen unterem Ende die Verstärkungslamelle 21 vorgespannt zu umschliessen. Wiederum ist eine Unterlage 16 vorgesehen, um eine bessere Spannkraftverteilung durch den Aramidschlauch 11 gegen die Lamelle 21 zu ermöglichen und um andererseits zu verhindern, dass der Schlauch 11 im Bereich der Umlenkung um den Grundkörper des Tragbalkens 1 und um die Lamelle 21 beschädigt wird. Idealerweise wäre die Unterlage 16 halbkreisförmig ausgebildet, um eine optimale Druckverteilung zu gewährleisten, jedoch bietet die in Fig. 3 dargestellte Unterlage 16, welche anwendungstechnisch sicher vorteilhafter ist, bereits eine ausreichende Druckverteilung.

Die Unterlage 16 muss, wie bereits vorab erwähnt, aus einem Material derart hergestellt sein, damit die Spannung im Aramidschlauch 11 aufrechterhalten bleibt und nicht durch ein Eindringen des Schlauches 11 in der Unterlage 16 und/oder ein Zusammendrücken der Unterlage 16 reduziert wird.

In Fig. 3a ist der Endbereich 2 des Balkens 1

analog Fig. 2 im Bereich des Auflagers 5 dargestellt. Aus Fig. 3a wird deutlich, dass vorteilhafterweise die Verstärkungsvorspannmittel 11 im Endbereich der Lamelle 21 angeordnet sind, da in diesem Bereich die Gefahr der Abscherung vom Balken 1 am grössten ist.

Die Abscherung ergibt sich nicht etwa infolge ungenügender Haftung durch die Klebschicht 20, sondern insbesondere durch die in Fig. 2b dargestellten, am Bauwerkteil auftretenden Betonschubbrüche.

Wie in Fig. 3a dargestellt, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, im Endbereich der Lamelle 21 mindestens zwei Vorspannmittel 11, wie beispielsweise Aramidschläuche, anzuordnen. Falls möglich, ist es weiter vorteilhaft, die zusätzlichen erfindungsgemässen Vorspannmittel 11 im wesentlichen im Bereich mittig zwischen zwei quer angeordneten Schubbewehrungen 8 des Bauwerkteiles 1 anzuordnen, wobei aber primär darauf zu achten ist, dass das Ende der Lamelle 21 optimal gegen das Bauwerkteil 1 vorgespannt angedrückt wird.

Sollten hingegen, verteilt auf die ganze Länge der Lamelle 21, weitere erfindungsgemässe Vorspannmittel 11 vorgesehen werden, um ein Ablösen der Lamelle entlang dem ganzen Träger zu verhindern, so ist vorteilhafterweise darauf zu achten, dass die beispielsweise verwendeten Aramidschläuche im wesentlichen mittig zwischen zwei Schubbewehrungen 8 angeordnet werden.

Da insbesondere in den beiden Endbereichen 2 und 3 des Tragbalkens 1 bei Lastbeanspruchung des Tragbalkens Schubkräfte auftreten, ist es vorteilhaft, besonders in diesen beiden Endbereichen die erfindungsgemäss vorgeschlagene Schubverstärkung anzuordnen. Im Prinzip übernimmt die erfindungsgemäss vorgeschlagene Schubverstärkung eine ähnliche Funktion wie die Schubbewehrung im Inneren des Bauwerkteiles, die ja, wie aus Fig. 2 ersichtlich, ebenfalls bevorzugt in den beiden Endbereichen 2 und 3 des Tragbalkens 1 angeordnet ist.

Wie bereits eingangs erwähnt, kann es vorteilhaft sein, die zur Verstärkung des Bauwerkteiles angeordnete Verstärkungslamelle 21 vorzuspannen. Dies ist vor allem bei Verwendung von Faserverbundlamellen aus den bereits genannten Gründen sinnvoll.

In den Fig. 4, 4a und 4b wird schematisch die Problematik der Vorspannung derartiger Lamellen dargestellt.

Fig. 4 zeigt im Längsschnitt einen Tragbalken 1 im Bereich des Endabschnittes 2, wo eine Faserverbundlamelle 21 vorgespannt anzuordnen ist.

Wie aus Fig. 4a ersichtlich, wird nun die Lamelle 21 in Richtung gegen das Ende im Endabschnitt 2 des Balkens 1 durch Anlegen einer Kraft  $P_0$  gespannt und durch Anbringen einer Klebschicht 20, wie beispielsweise einer Epoxidharzschicht, mit dem Tragbalken 1 im vorgespannten Zustand fest verbunden. Das Vorspannen der Lamelle 21 kann mit einer x-beliebigen Zug- oder Spannvorrichtung bewerkstelligt werden; auf eine Beschreibung dieses Vorganges wird verzichtet, da das Vorspannen allgemein bekannt ist und im speziellen in der Diss. ETH Nr. 8918 beschrieben ist.

In Fig. 4b ist nun dargestellt, was im Endbereich des Balkens 1 passiert, wenn die Zugkraft  $P_0$  entfällt. Durch die Spannkraft an der Lamelle 21 entsteht nun im Bauwerkteil die Schubspannung S, womit im Bereich 2a am Balken 1 die Gefahr des Auftretens von Schubrisen besteht. Falls die Risse eine gewisse Grösse annehmen, wird als Folge davon die Lamelle 21 abscheren, wobei dieses Abscheren sprunghaft geschieht und sich meistens gegen die Mitte des Tragbalkens fortsetzt. Damit ist der erwünschte Effekt der Verstärkung des Tragbalkens dahin.

In Fig. 4c schlussendlich ist eine erfindungsgemäss vorgeschlagene Schubverstärkung im Endbereich der Lamelle 21 angeordnet, womit eine Kraft F auf die Lamelle 21, in Richtung gegen den Träger 1 wirkt. Damit soll durch einen mehrachsigen Spannungszustand im Beton die Rissbildung möglichst verhindert werden. Beim Auftreten von Rissen kann durch eine wirksame Verzahnung derselben die Lamelle weiterhin im Bauwerk erfolgreich verankert werden. Analog der Fig. 3a werden in Fig. 4c zwei Aramidschläuche 11 angeordnet, welche über einer Unterlage 16 gegen den Endbereich der Lamelle 21 vorgespannt sind. Am entgegengesetzten, nicht dargestellten Ende des Balkens 1 ist die Lamelle 21 auf dieselbe Art und Weise am Balken 1 durch Vorspannmittel 11 verankert.

Dass das Vorspannen der Lamelle 21 sich auf die Belastbarkeit eines Tragbalkens vorteilhaft auswirkt, ist anhand des Diagrammes in Fig. 5 dargestellt. Dabei wird ein Stahlbetontragbalken analog Fig. 2, abgestützt, mit zunehmender Last belastet und die entsprechende Durchbiegung beobachtet. Dabei zeigt Linie 25 im Diagramm gemäss Fig. 5 den Stahlbetonbalken ohne äusserliche Lamellenbewehrung, Linie 26 den selben Tragbalken, versehen mit einer Kohlenstoffasermatte, und Linie 27 den selben Tragbalken, versehen mit derselben Kohlenstoffasermatte, welche beispielsweise zwischen 0% und 90% der Zugfestigkeit vorgespannt ist und je endständig mit erfindungsgemässen Vorspannmitteln am Tragbalken verankert ist. Dabei zeigt Linie 27 für den Tragbalken mit der vorgespannten Kohlenstoffasermatte den grössten Tragwiderstand.

Bei Vorspannungen der genannten Art in der Grössenordnung von über ca. 5% der Zugfestigkeit der Lamelle ist das Anordnen der erfindungsgemäss vorgeschlagenen Vorspannmittel, wie beispielsweise der Aramidfaserschläuche, unbedingt notwendig, ansonsten die Lamellen unverzüglich von den Endzonen her abgesichert werden. In Versuchen konnten Kohlenstoffasermatten nur bis 50 N/mm<sup>2</sup> vorgespannt an einem Tragbalken angeordnet werden, ohne dass die Verwendung der erfindungsgemäss vorgeschlagenen Vorspannmittel notwendig gewesen wäre. Höhere Vorspannkraft führten unverzüglich zum Abspringen der Lamelle.

Um bei Vorspannkraften in den oben genannten Grössenordnungen eine Lamelle gemäss Fig. 4c zuverlässig an einem Tragbalken zu verankern, wurden die genannten Aramidschläuche mit einer Zugkraft pro Schlauch von 25 kN versehen.

Um derartig hohe Zugkräfte an den Vorspannmit-

teln, wie beispielsweise den Aramidschläuchen, aufrechtzuerhalten, ist es natürlich absolut notwendig, dass dieselben im entgegengesetzten Bereich zur Verstärkungslamelle am Betonträger zuverlässig und fest verankert sind.

Ein Verfahren zum wirkungsvollen Verankern von derartigen Schläuchen wird unter Bezug auf Fig. 7 später eingegangen.

Zunächst wird in den Fig. 6 und 6a noch dargestellt, wie in ähnlicher Art und Weise an einem plattenartigen Betonteil die erfindungsgemäss vorgeschlagene Schubverstärkung angeordnet werden kann. In Fig. 6 ist analog Fig. 1 in Längsperspektive eine Betonplatte 1 dargestellt, worin in der Querschnittsfläche 4 erfindungsgemäss die Vorspannmittel 11 angeordnet sind, welche an den Punkten 13 an der Betonplatte fest verankert sind. Im weiteren weist die Betondecke bzw. -platte 1 an ihrer Unterseite eine längs ausgebildete Kohlenstoffaserverstärkungslamelle 21 auf, analog denjenigen, dargestellt in den vorangehenden Figuren.

Fig. 6a zeigt die Querschnittsfläche entlang der Linie II-II aus Fig. 6 und entspricht im wesentlichen Fig. 1a. Das Vorspannmittel bzw. Schubverstärkungsmittel 11 verläuft von den Verankerungspunkten 13 durch Bohrungen 6 in der Betonplatte hindurch auf die gegenüberliegende Seite der Querschnittsfläche und umgreift eine Anpressplatte 16, welche ihrerseits auf der Lamelle 21 aufliegt. Die Lamelle 21 ihrerseits liegt am Abschnitt 15 vom Umfang des Querschnittes 4 auf. Durch die Vorspannkraft des Spannmittels 11, wie beispielsweise eines gewebeartigen Gurtes oder Bandes, wird die Anpressplatte 16 gegen die Lamelle 21 gedrückt, womit ein Abscheren der Lamelle 21 im Bereich des Abschnittes 15 der Querschnittsfläche 4 an der Betondecke 1 verhindert wird. Selbstverständlich ist es auch möglich, die Betonplatte bzw. -decke 1 zusätzlich mit einer inneren Stahlbewehrung zu versehen, wie beispielsweise in den Fig. 2 und ff. angeordnet.

Bei den in den Fig. 1 bis 6 dargestellten Betonbauwerken handelt es sich nur um Beispiele, anhand welcher die Erfindung näher erläutert werden soll. Selbstverständlich kann es sich bei diesen Bauwerken um Brücken, Decken, Bodenplatten, Stahlbetonträger oder um irgendwelche andere flächige oder längs ausgedehnte Konstruktionsteile, auch durchlaufend über mehrere Felder, hergestellt aus den verschiedensten Materialien, wie Holz, Metall, Beton etc., handeln, welche Tragfunktionen zu übernehmen haben. Auch die Art der erfindungsgemäss beschriebenen Vorspannung in oder an einer Querschnittsfläche in einem derartigen Betonbauwerk kann auf x-beliebige Art und Weise bewerkstelligt werden. Dabei kann bereits am nicht oder nur schwach belasteten Bauwerkteil eine Vorspannung angelegt werden, oder aber die Vorspannmittel können derart weitgehendst schlaff oder nur schwach vorgespannt angelegt sein, dass sich eine erhöhte Vorspannung erst bei erhöhter Belastung bzw. Schubbeanspruchung des Bauwerkteils einstellt. Dabei ist es selbstverständlich möglich, die erfindungsgemässe Schubverstärkung an einem neuen Bauwerk anzuordnen oder für die Sanierung

eines bestehenden Bauwerkes zu verwenden. Auch die Wahl der Vorspannmittel ist vielfältig, können doch anstelle der vorgeschlagenen, spezifisch ausgestalteten Gewebematerialien auch sog. unidirektional gereckte Rovings oder Kohlenstoffasermatten verwendet werden, analog denjenigen, in den Figuren dargestellt und mit der Referenzzahl 21 bezeichnet. Aber auch Stahlbänder, Seile, Gurten und ähnliche aus anderen Materialien, welche eine hohe Festigkeit aufweisen, können erfindungsgemäss verwendet werden.

Entsprechend ist es möglich, die erfindungsgemäss definierte Idee auf vielfältigste Art und Weise zu modifizieren oder abzuändern, wesentlich ist dabei, dass durch die Wahl der Vorspannmittel in oder an einer Querschnittsfläche im zu verstärkenden Betonbauwerkteil wenigstens in Teilbereichen eine Vorspannung erzielt werden kann, welche den bei Belastung auftretenden Schubkräften wirkungsvoll entgegenwirkt.

In Fig. 7 letztendlich ist schematisch und im Schnitt dargestellt, wie die erfindungsgemäss definierten Vorspannmittel, wie beispielsweise ein Schlauch, hergestellt aus einem Aramidgewebe, vorgespannt und am Bauwerkteil verankert werden kann. Der Aramid Schlauch 11 wird in Pfeilrichtung 50 durch nicht dargestellte Zug-, Spann- oder Pressmittel gezogen, und zwar zunächst durch die Bohrung 6 im Bauwerkteil 1. An der Stelle 13 ist eine konisch verlaufende Aufweitung im Bauwerkteil 1 vorgesehen, an welcher Stelle der Schlauch 11 im Bereich 42 durch Anordnen eines Klebers 43 im Inneren des Bereiches 42 aufgeweitet wird. Infolge Eigengewichtes fliesst der hoch viskose Kleber 43 in Pfeilrichtung gegen die Bohrung 6. Beim Kleber kann es sich beispielsweise um einen Epoxidharzkleber oder um die Schmelze eines thermoplastischen Polymers handeln.

Anschliessend wird der Aramid Schlauch durch eine oben am Bauwerkteil 1 angeordnete kreisrunde Hülse 44 gezogen, welche an ihrer Innenseite in Längsrichtung wiederum konisch auseinanderlaufend ausgebildet ist. Durch das Anordnen eines Keiles, bzw. Kegels 45 im Inneren des Schlauches wird dieser erneut innerhalb der Hülse aufgeweitet. Der Kegel 45 ist an der Oberfläche vorzugsweise aufgeraut und weist zusätzlich quer verlaufende, ringartige Vertiefungen 46 auf, um einerseits ein «Nachrutschen» des Keiles beim Ziehen des Schlauches 11 in Pfeilrichtung 50 zu ermöglichen und um andererseits bei Nachlassen der Kraft 50 sofort eine Keilwirkung zu ergeben. Um ein Zurückweichen der Hülse 44 in Richtung zum Bauwerkteil zu verhindern, kann diese beispielsweise über ein Gewinde an einer bockartigen Vorrichtung 48 befestigt sein.

Schlussendlich wird der Schlauch 11 mit seiner Partie 49 durch die nicht dargestellten Zug-, Spann- oder Pressmittel in Pfeilrichtung 50 so lange abgezogen, bis eine ausreichende Zugspannung erzielt worden ist. Diese Zugspannung wird dann so lange aufrechterhalten, bis der Kleber 43 vollständig und ausreichend ausgehärtet ist. Je nach Wahl des Klebesystems kann dies wenige Minuten betragen oder aber einige Stunden.

Der Vorteil der in Fig. 7 dargestellten Vorspannung bzw. Verankerung der Spannmittel 11 am Bauwerkteil 1 liegt darin, dass keine zusätzlichen mechanischen Verankerungsmittel vorzusehen sind. Zudem kann auch eine genaue Vorspannung eingestellt werden, die dann nach Verankern des Vorspannmittels 11 im wesentlichen aufrechterhalten bleibt. Schlussendlich können die Vorspannmittel 11 mit der Oberfläche des Bauwerkteiles 1 bündig abgetrennt werden, womit keine vorstehenden Teile übrig bleiben.

Die gemäss Fig. 7 schematisch dargestellte Methode zum Vorspannen eignet sich für irgendwelche schlauchartigen Vorspannmittel, wie beispielsweise die oben erwähnten Aramidschläuche. Selbstverständlich muss der Schlauch nicht gewebeartig ausgebildet sein, und auch das verwendete Material kann x-beliebig gewählt sein. Der Vorteil bei der Wahl eines Gewebes liegt selbstverständlich darin, dass ein Aufweiten im Bereich 42, in welchem der Kleber innerhalb des Schlauches angeordnet ist, wesentlich einfacher und besser erfolgt, als wenn es sich beispielsweise um einen im wesentlichen «festen» Schlauch handelt.

Die Wahl des Gewebematerials kann wiederum vielfältig sein, so kommen Stahlfasern, Glasfasern, Kohlestofffasern oder andere in Frage, wesentlich dabei ist, dass ein Schlauch mit hoher Zugfestigkeit gebildet werden kann.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Schubverstärkung an einem längs ausgedehnten oder flächigen, für Tragfunktionen vorgesehenen Bauwerkteil, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens an oder in einer Querschnittsfläche (4) des Bauwerkteiles (1), im wesentlichen quer zur Längs- oder Flächenausdehnung des Bauwerkteiles verlaufend, wenigstens schlaff oder vorgespannt, Spannmittel (11) angelegt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannmittel (11) im wesentlichen im peripheren Bereich und/oder entlang mindestens einem Teil (15) des Umfanges der Querschnittsfläche (4), wenigstens nahezu schlaff oder eine gegen das Bauwerkteil gerichtete Vorspannung erzeugend, angelegt werden.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in oder an Querschnittsflächen (4) in den beiden in Längsrichtung gesehenen, endständigen Abschnitten (2, 3) des Bauwerkteiles (1) die Spannmittel (11) angelegt werden.

4. Verfahren zur Schubverstärkung eines Bauwerkteiles mit mindestens einer lamellenartigen, längs ausgedehnten, von aussen am Bauwerkteil angeordneten Bewehrung (21) zur Verstärkung des Bauwerkteiles (1), nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, dass die lamellenartige Verstärkung, je mindestens endsländig mittels quer zur Lamelle, diese aussen umfassend, verlaufenden Spannmitteln (11) gegen das Bauwerkteil (1) gepresst wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–3 an

einem innerlich mit einer Stahlbewehrung verstärkten Betonbauwerkteil (1), dadurch gekennzeichnet, dass mindestens an einem Abschnitt entlang dem Bauwerkteil von aussen eine längs ausgedehnte Faserverbundlamelle (21) vorgespannt, fest mit dem Bauwerkteil verbunden, angeordnet wird und die Lamelle je im Endbereich davon aussen umgreifend durch vorgespannte Spannmittel (11) gegen das Bauwerkteil gepresst wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Schubverstärkung und/oder die Spannmittel lamellen-, schlauch-, gurt-, band- oder seilartig ausgebildet sind und vorzugsweise aus einem hoch reissfesten Gewebe bestehen, hergestellt aus Stahl-, Kohlenstoff-, Glas- und/oder aromatischen Polyamidfasern oder einem faserverstärkten Kunststoff, wie unidirektional ge-  
reckten Rovings oder Faserverbundlamellen.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauwerkteil mehrere innere, im wesentlichen quer zum Bauwerkteil angeordnete Schubbewehrungen (8) umfasst und die in oder an Querschnittsflächen (4) angeordneten Spannmittel (11) je im wesentlichen mittig zwischen zwei inneren Schubbewehrungen angeordnet werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Faserverbundlamelle (21) im wesentlichen verteilt auf die ganze Länge der Lamelle in Abständen mittels aussen umgreifender Spannmittel (11) vorgespannt gegen das Bauwerkteil (1) gepresst wird, um den Abschälkräften der Lamelle entgegen zu wirken.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannmittel (11) mindestens einen gewebeartigen Schlauch umfassen, und dass zum Vorspannen des gewebeartigen Schlauches der Schlauch durch eine Bohrung (6) geführt wird, welche in Richtung der Vorspannung (50) eine konisch sich aufweitende Partie (41) umfasst, wobei im Inneren des Schlauches mindestens im Bereich (42) dieser Partie ein viskoser Klebstoff (43) angeordnet wird, dass der Schlauch anschliessend in Vorspannungsrichtung durch eine weitere Bohrung (44) oder eine Hülse geführt wird, welche erneut eine in Richtung der Vorspannung (50) konisch sich aufweitende Partie aufweist und im Inneren des Schlauches ein im wesentlichen angepasst an die konisch aufgeweitete Partie ausgebildeter Keil oder Kegel (45) angeordnet wird, dessen Kegelspitze in entgegengesetzter Richtung der Vorspannung (50) gerichtet ist, und schliesslich, dass die Vorspannung durch Press- oder Zugmittel erzeugt wird, welche den Schlauch in Vorspannungsrichtung durch die Bohrung und die weitere Bohrung oder Hülse ziehen und welche mit der weiteren Bohrung oder der Hülse fest verbunden sind, wobei die Zugkraft oder Presskraft so lange aufrechterhalten bleibt, bis der viskose Klebstoff (43) ausgehärtet ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Kegel oder Keil (45) an seiner Oberfläche wenigstens teilweise rauh ausgebildet ist und vorzugsweise quer zur Vorspannungsrichtung, im wesentlichen kreisrund verlaufend, mindestens eine

Rille oder Vertiefung (46) aufweist, damit einerseits beim Vorspannen des Schlauches der Keil oder Kegel sich in den Schlauch hinein bewegt und eine Keilwirkung erzeugt und der Schlauch verankert wird.	5
11. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 für die Schubverstärkung von Brücken, Trag- oder Plattenbalken, Boden- oder Deckenplatten.	10
12. Vorrichtung für die Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zur Schubverstärkung an einem längs ausgedehnten oder flächigen, für Tragfunktionen vorgesehenen Konstruktionsbauwerkteil, gekennzeichnet durch mindestens ein in oder an einer Querschnittsfläche (4) des Bauwerkteils (1), im wesentlichen quer zur Längs- oder Flächenausdehnung des Bauwerkteils verlaufend, wenigstens schlaff oder vorgespannt angelegtes lamellen-, gurten-, schlauch-, band- oder seilartiges Spannmittel (11).	15
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Spannmittel (11) mindestens entlang einem Abschnitt (15) des Umfanges der Querschnittsfläche (4) angelegt ist.	20
14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Spannmittel (11) aus einem unidirektionalen und/oder gewebeartigen Material besteht, vorzugsweise bestehend aus Stahl-, Glas-, Kohlenstoff- und/oder aromatischen Polyamidfasern.	25
15. Konstruktionsbauwerkteil mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass Spannmittel (11) derart angeordnet ist, dass es die Lamelle quer zu deren Längsausdehnung aussen umspannend gegen das Konstruktionsbauwerkteil presst.	30
	35
	40
	45
	50
	55
	60
	65
	9

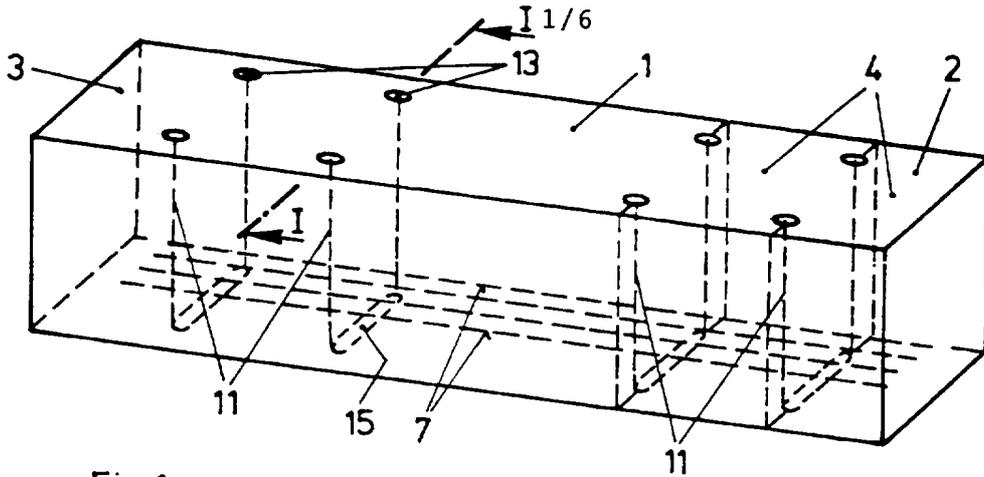


Fig. 1

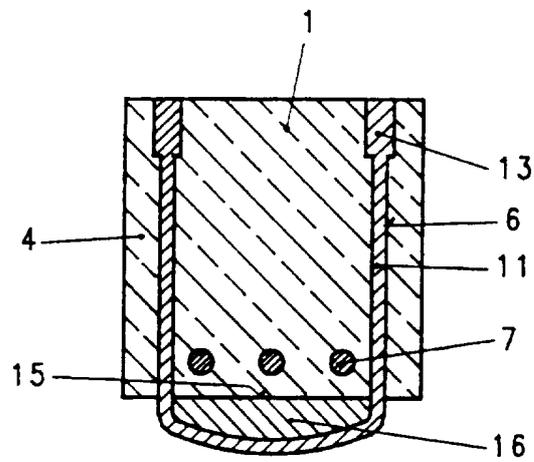


Fig. 1a

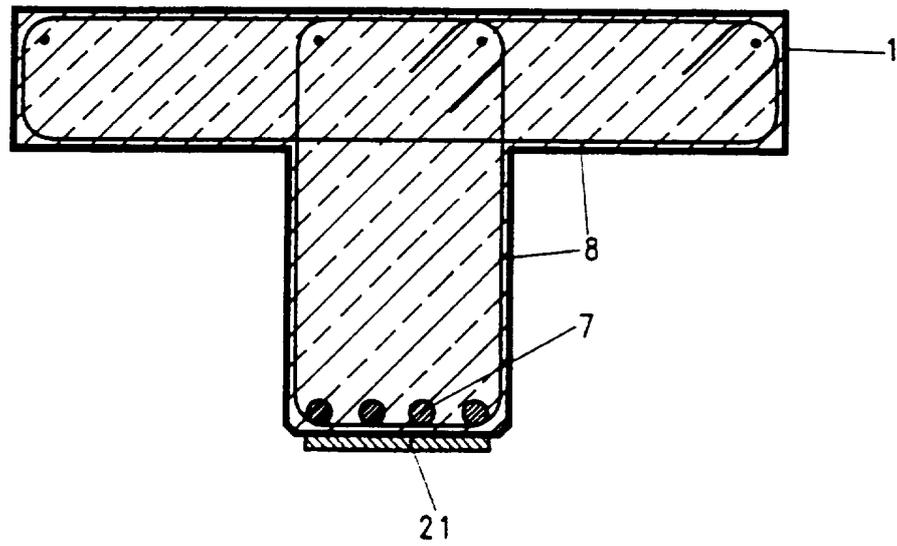


Fig. 2a

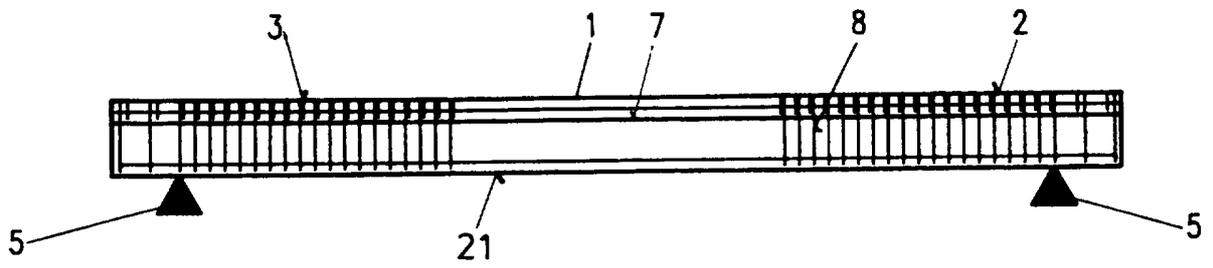


Fig. 2

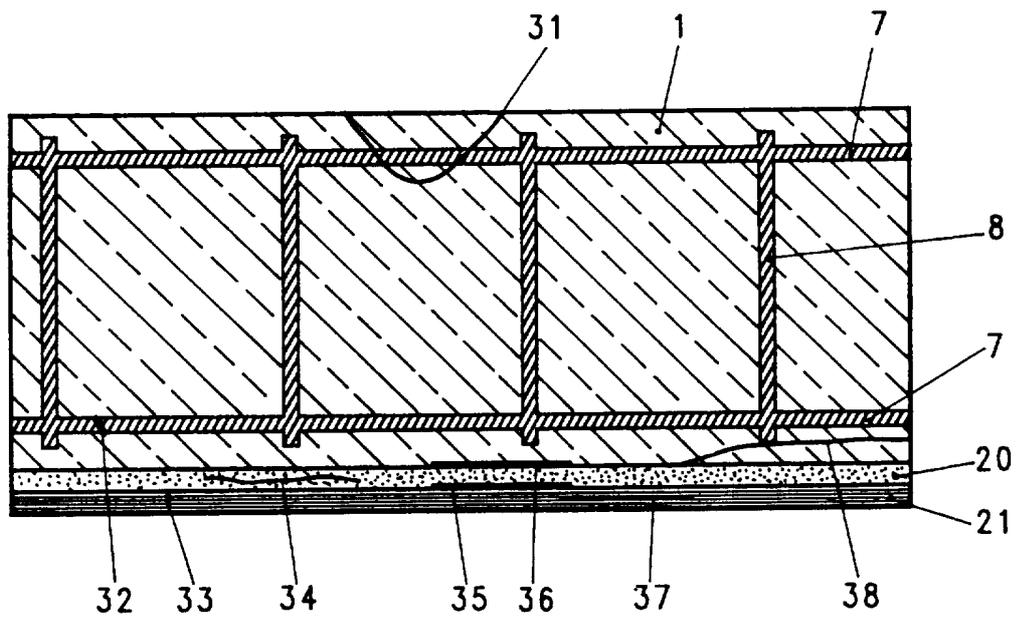


Fig. 2b

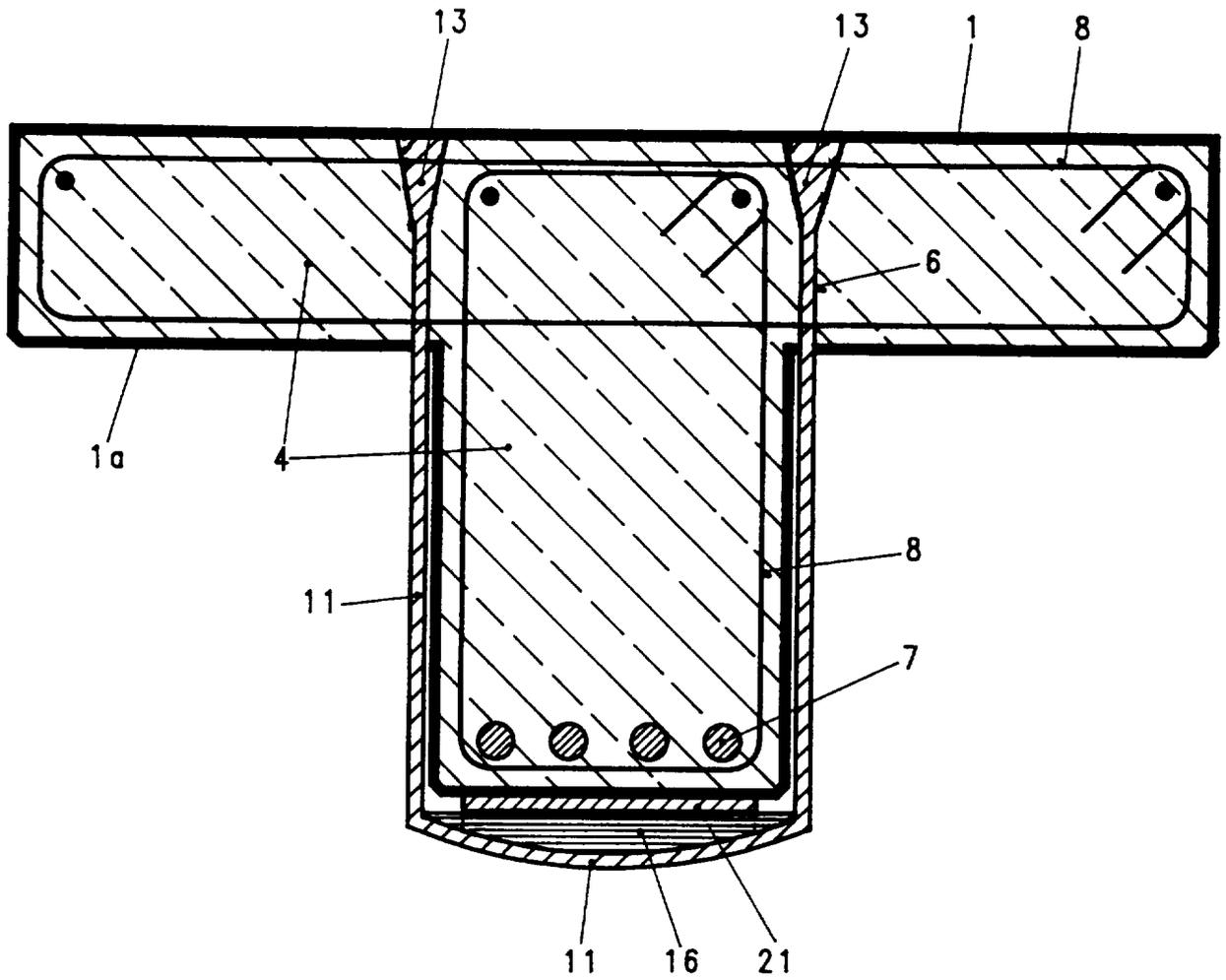


Fig. 3

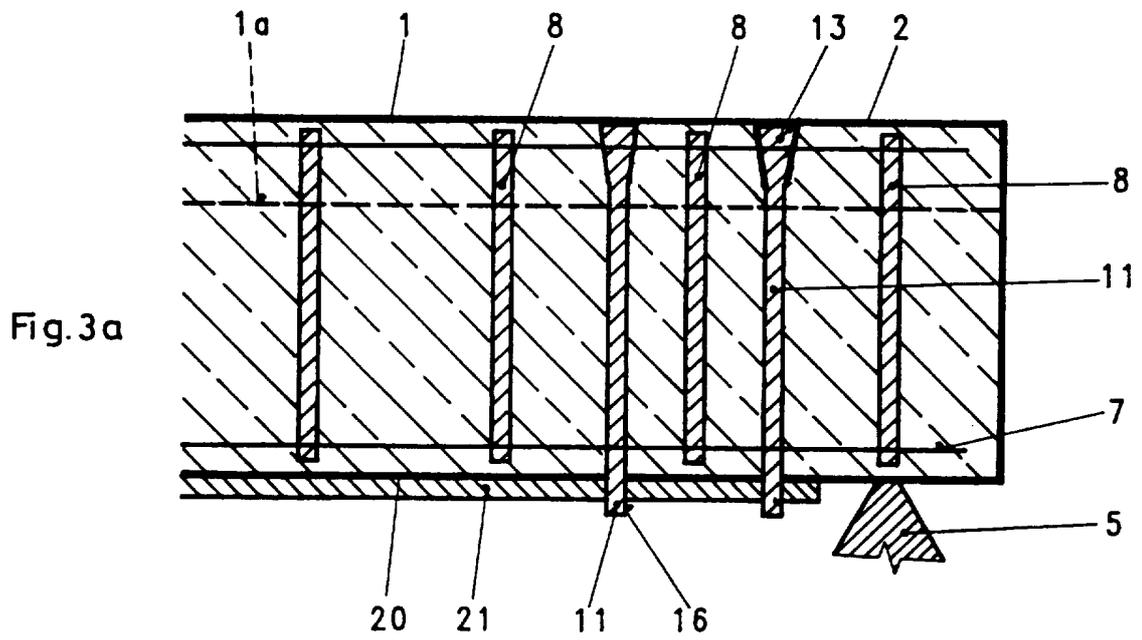


Fig. 3a

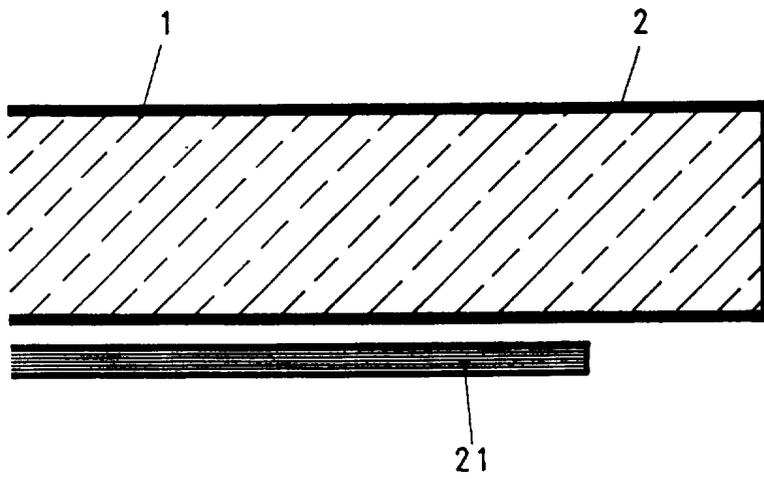


Fig. 4

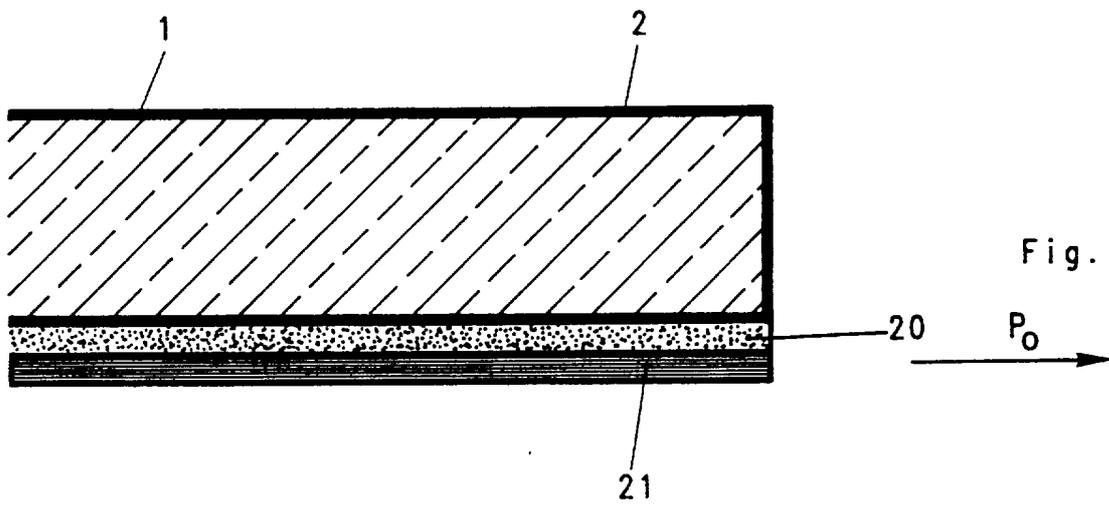


Fig. 4a

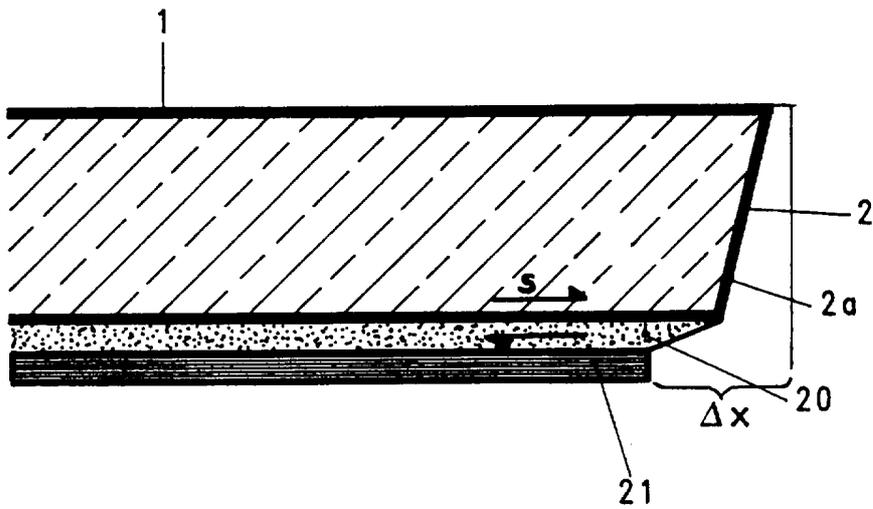


Fig. 4b

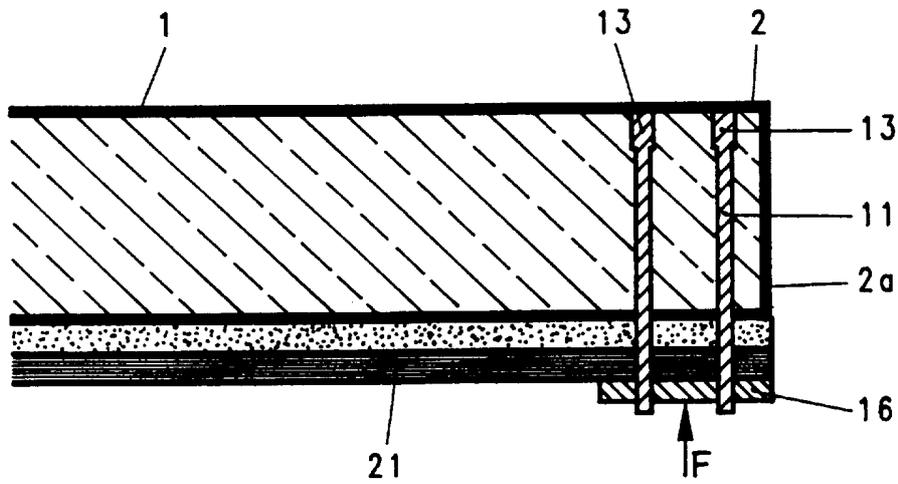


Fig. 4c

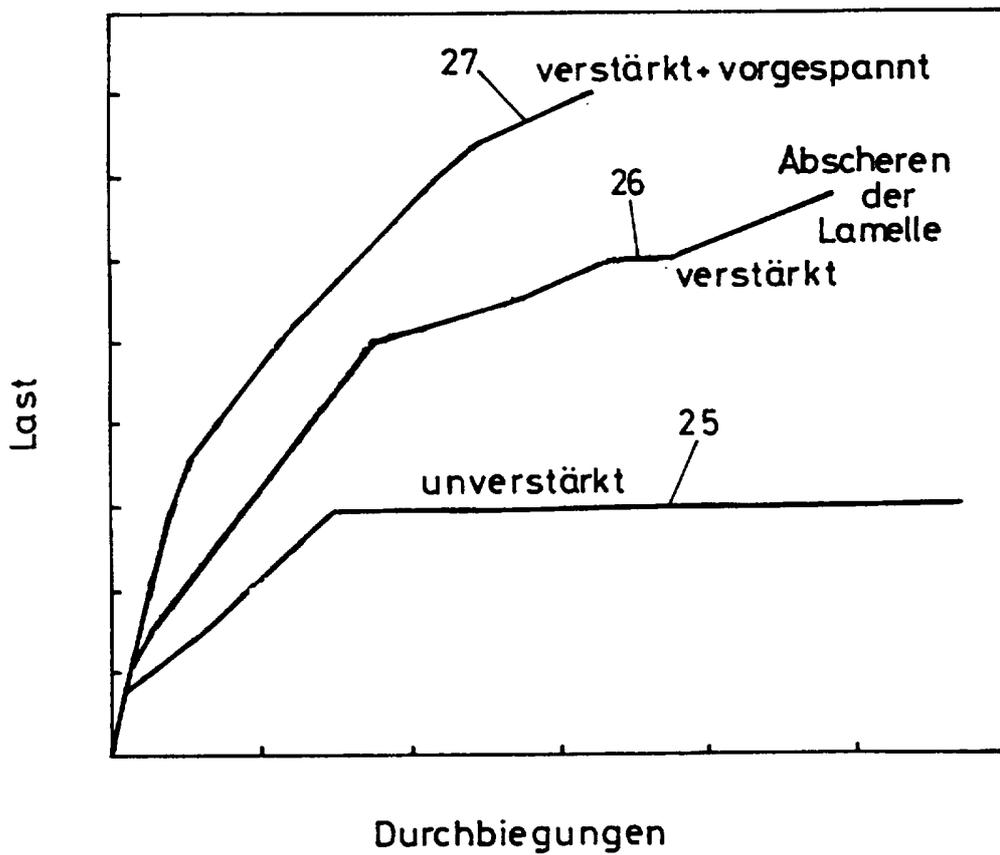


Fig. 5

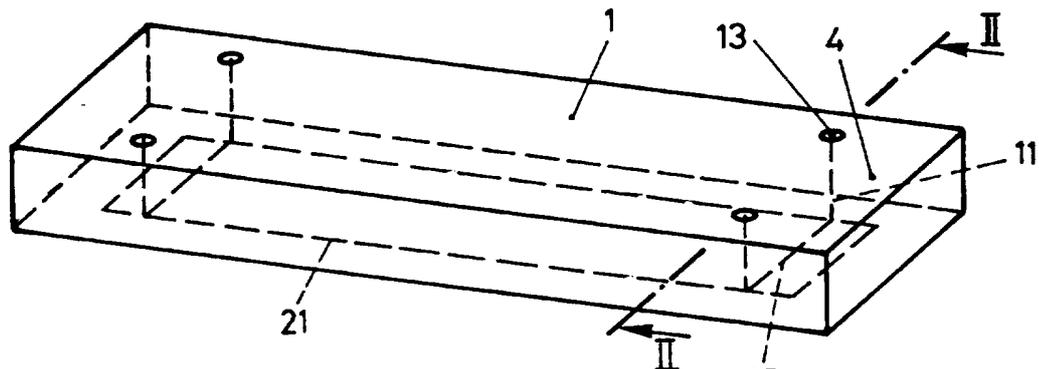


Fig. 6

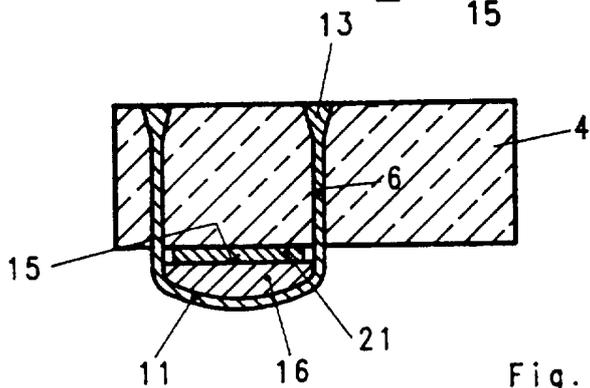


Fig. 6a

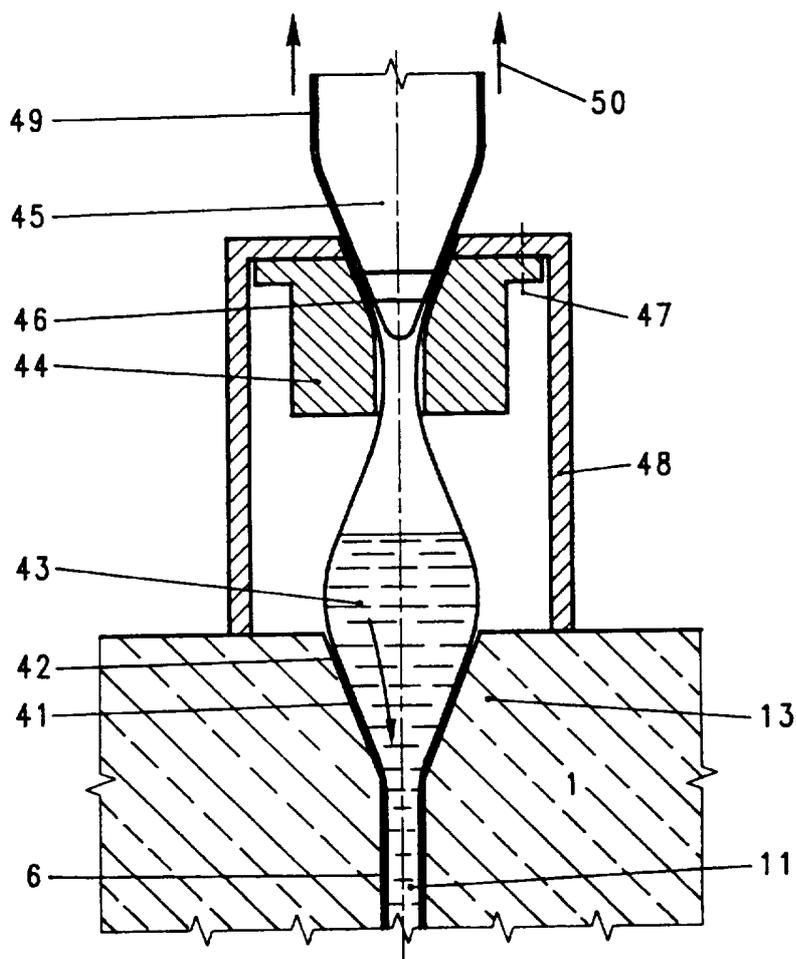


Fig. 7