

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 803 020 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**16.09.1998 Patentblatt 1998/38**

(21) Anmeldenummer: **95938340.7**

(22) Anmeldetag: **12.12.1995**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **E04G 23/02**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/CH95/00298**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 96/21785 (18.07.1996 Gazette 1996/33)**

(54) **BEFESTIGUNG VON VERSTÄRKUNGSLAMELLEN**

SECURING OF REINFORCING STRIPS

SYSTEME DE FIXATION DE LAMELLES DE RENFORCEMENT

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC NL  
PT SE**

(30) Priorität: **09.01.1995 CH 45/95**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**29.10.1997 Patentblatt 1997/44**

(73) Patentinhaber: **Eidgenössische  
Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA  
8600 Dübendorf (CH)**

(72) Erfinder:  
• **MEIER, Urs  
CH-8603 Schwerzenbach (CH)**

- **DEURING, Martin  
CH-8400 Winterthur (CH)**
- **SCHWEGLER, Gregor  
CH-6006 Luzern (CH)**

(74) Vertreter: **Troesch Scheidegger Werner AG  
Patentanwälte,  
Siewerdstrasse 95,  
Postfach  
8050 Zürich (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A- 1 434 075 DE-A- 1 684 293  
DE-A- 2 510 262 DE-A- 4 213 839**

**EP 0 803 020 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur Verstärkung an einem längsausgedehnten und/oder flächigen Bauwerk oder Bauwerkteil mittels mindestens einer am Bauwerk oder Bauwerkteil oder Mauerwerk schlaff oder vorgespannt angeordneten lamellenartigen Verstärkung, ein für Trägerfunktionen vorgesehenes Bauwerkteil, verstärkt mit einer Anordnung, ein Mauerwerk mit einer Anordnung sowie ein Verfahren zum Verstärken eines Bauwerkes oder Bauwerkteiles.

Eine solche Anordnung wird z.B. in der Druckschrift DE-A-1 434 075 beschrieben.

Seit vielen Jahren beschäftigen sich Forschung und Praxis mit der nachträglichen Verstärkung von Bauwerken, wie insbesondere Stahlbetonkonstruktionen und Mauerwerk 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), Serie 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 Bauwerke, wie Stahlbetonkonstruktionen, wie beispielsweise Brücken, Boden- und Deckenplatten, Längsträger und dergleichen oder aber auch unverstärktes Mauerwerk durch nachträgliches Aufkleben von Stahllamellen verstärkt werden.

Die Verstärkung von Betonbauwerken und Mauerwerk 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 Stütz funktionen reduziert werden,
- Verstärkung von ermüdungsgefährdeten Bauteilen,
- Erhöhung der Steifigkeit,
- Schäden an Tragsystemen bzw. Sanierung bestehender Bauwerke und von Mauerwerk, sowie
- Fehlerhafte Berechnung oder Ausführung des Bauwerkes.

Nachträgliche Verstärkungen mit aufgeklebten Stahllamellen haben sich an zahlreichen Bauwerken bewährt, wie beispielsweise in den nachfolgenden Literaturzitaten 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 10 (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 zugänglichen 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 Kohlenstoffaservlammellen von 0,5 mm Dicke eine Zugkraft aufzunehmen vermögen, welche der FlieBkraft einer 3mm dicken FE360 Stahllamelle entspricht.

Auch beim Verstärken von Mauerwerk in seismisch gefährdeten Zonen haben sich die erwähnten Kohlenstoffaservlammellen bestens bewährt. Im Bericht 229 der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), Dübendorf, von G. Schwegler mit dem Titel "Verstärken von Mauerwerk mit Faserverbundwerkstoffen in seismisch gefährdeten Zonen", wird insbesondere vorgeschlagen, bestehende Mauerwerksschubwände bzw. Wände im Fassadenbereich bei seismisch gefährdeten Gebäuden nachträglich mit Faserverbundlamellen zu verstärken. Damit können Mauerwerke in bezug auf Schub- und Zugfestigkeit, verglichen mit nichtbewehrtem Mauerwerk, entscheidend verstärkt werden. Dabei wird beispielsweise vorgeschlagen, die Verstärkungslammellen diagonal und kreuzweise an einer Schubwand, wie einer Fassadenmauer aufzukleben, wobei es sich gezeigt hat, dass für die Erhöhung des Schub-

widerstandes die endständige Lamellenverankerung, beispielsweise in Betonplatten, ausschlaggebend ist.

Besondere Beachtung muss in allen geschilderten Fällen der Schubrisssbildung im Beton bzw. Mauerwerk 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 Schubrisssbildung ist somit ebenfalls ein wesentliches Bemessungskriterium, sowohl in bezug auf die Tragfähigkeit des unverstärkten Bauwerkteils, wie auch auf eine allfällige Ablösegefahr der nachträglich angeordneten verstärkungslamellen.

In der internationalen PCT-Anmeldung WO93/20 296 wird ein Verfahren beschrieben, mittels welchem für Tragfunktionen vorgesehene Bauwerksteile gegen auftretende Schubkräfte verstärkt werden, indem die oben erwähnten Verstärkungslamellen je im Endbereich aussen einfassend mittels Spannelementen am Bauwerk angepresst werden, um ein Ablösen zu verhindern. Dabei werden die Lamellen so angeordnet, dass der Abstand vom Lamellenende zum Auflager bzw. den endständig bei Schubwänden angeordneten Betonplatten möglichst klein ist. Die Verankerungszone muss so bemessen sein, dass die Lamellenzugkraft verankert werden kann, und die Weiterleitung der Kraft bis zu einem Auflager bzw. den eine Schubwand einfassenden Betonplatten gewährleistet ist.

In der Praxis hat es sich nun aber gezeigt, dass ein Verankern der Verstärkungslamellen im Bereich der Auflager infolge Vouten und Absätzen nicht immer möglich ist, was zu einer Vergrösserung des Abstandes führt. Auch bei der Verstärkung von Schubwänden ist es meistens schwierig und aufwendig, die Verstärkungslamellen in den jeweils oben und unten an diesen Wänden angeordneten Betonplatten zu verankern. Im weiteren ist es aus Handlingsgründen auf Baustellen vorteilhaft, wenn Verstärkungslamellen nicht zu lang sein müssen, was sich aber automatisch ergibt, wenn beispielsweise beim Verstärken von Brücken Verstärkungslamellen sich jeweils von Auflager zu Auflager erstrecken müssen.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Massnahme vorzuschlagen, mittels welcher mit verkürzten Verankerungslängen an Verstärkungslamellen eine weitgehendst gleichbleibende Verstärkung an Bauwerken erzielt werden kann.

Erfindungsgemäss wird die gestellte Aufgabe mittels einer Anordnung gemäss dem wortlaut nach Anspruch 1 gelöst.

Vorgeschlagen wird eine Anordnung zur Verstärkung an einem längsausgedehnten und/oder flächigen Bauwerk oder Bauwerkteil mittels mindestens einer am Bauwerk oder Bauwerkteil schlaff oder vorgespannt angeordneten lamellenartigen Verstärkung, wobei erfindungsgemäss die zur Verstärkung dienende, mindestens eine Lamelle wenigstens an einem Ende in das Bauwerk bzw. Bauwerkteil hineinverlaufend verankert ist.

Dabei wird vorgeschlagen, dass mindestens das eine Lamellenende, vorzugsweise wenigstens nahezu stetig gebogen, in das Bauwerk bzw. Mauerwerk hineinverlaufend umgelenkt wird, um im Bauwerk oder Mauerwerk verankert zu werden.

Auf diese Art und weise ist es möglich auch mit kurzen Verankerungslängen eine ähnliche oder beinahe gleiche Verstärkung an einem Bauwerk bzw. Mauerwerk zu erreichen, wie mit längeren Verankerungslängen, welche sich dadurch ergeben, dass die Verstärkungslamelle praktisch von Auflager zu Auflager verläuft und ein Verankern der Lamellenenden jeweils im Bereich der Auflager problemlos möglich ist. Versuche, auf welche nachfolgend unter Bezug auf die beigefügten Figuren näher eingegangen wird, haben gezeigt, dass verstärkungslamellen, welche lediglich um eine relativ kurze Verankerungslänge über die Lasteneinleitung hinaus am zu verstärkenden Bauwerk angeordnet und erfindungsgemäss in das Bauwerkteil hineinragend verankert worden sind, eine nahezu gleiche Verstärkung am Bauwerk ergeben, wie wenn das entsprechende Lamellenende bis in den Bereich des Auflagers verankert wird.

Das erfindungsgemäss vorgeschlagene Anordnen bzw. Verankern eines Lamellenendes, in das Bauwerk bzw. Mauerwerk hineinragend, eignet sich selbstverständlich für irgendwelche bekannte Verstärkungslamellen, wie beispielsweise Stahllamellen, Glasfaser- oder Kohlenstofffaser-verstärkte Lamellen, beispielsweise hergestellt mit Epoxidharzen oder Polyesterharzen, extrudierte Verstärkungslamellen aus einem Thermoplasten, etc.

Das mindestens eine Ende der Verstärkungslamelle oder auch beide Enden der Verstärkungslamelle sind vorzugsweise stetig gebogen in das Bauwerk hineinverlaufend eingelassen, wobei je das eingelassene Ende mittels Beton und/oder eines Polymer-verstärkten Materials, wie insbesondere eines Klebstoffes, überdeckt sein kann. Im Falle, beispielsweise von Kohlenstofffaser-verstärkten Epoxidharzen, ist es vorteilhaft einen Epoxidmörtel bzw. ein Epoxidharz-verstärktes Betonpolymer zu verwenden, um das im Mauerwerk bzw. Beton eingelassene Ende der Lamelle zu verankern bzw. zu überdecken.

Selbstverständlich ist es auch möglich das in das Mauerwerk bzw. Betonbauwerk hineinragende Lamellenende zusätzlich, wie in der WO93/20296 vorgeschlagen, mit einem platten-, lamellen- oder gurtartigen Element gegen das Bauwerk bzw. das Bauwerkteil zu pressen, um so eine weitere Verstärkung gegen auftretende Schubkräfte zu erreichen. Dazu eignet sich beispielsweise auch ein das Lamellenende überdeckender Keil.

Anstelle dieser Anpressmittel ist es aber auch möglich, das Lamellenende zusätzlich mittels vorgespannter oder nicht vorgespannter mechanischer Befestigungsmittel, wie insbesondere Schrauben, Nieten, Stiften, Schlaufen, und dgl. im Bauwerk bzw. Bauwerkteil oder Mauerwerk zu verankern.

Die erfindungsgemäss vorgeschlagene Anordnung eignet sich für ein für Tragfunktionen vorgesehenes Bauwerk

bzw. ein Bauwerkteil, welches mit einer oder mehreren Verstärkungslamellen gegen auftretende Schubkräfte verstärkt wird. Aber auch für die Verstärkung irgendeines Bauwerkes oder eines Mauerwerkes mittels einer oder mehrerer Verstärkungslamellen ist es vorteilhaft, die Lamellenenden, wie erfindungsgemäss vorgeschlagen, in das Bauwerk bzw. Bauwerkteil oder Mauerwerk hineinverlaufend zu verankern. So ist es beispielsweise möglich beim Verstärken von Mauerwerk in seismisch gefährdeten Zonen mittels GFK-Lamellen die Lamellenenden in das Mauerwerk hineinverlaufend zu verankern, womit die Notwendigkeit entfällt, die Lamellen bis in die je endständig zum Mauerwerk angeordneten Betonplatten bzw. Deckplatten hinein für das Verankern zu verlängern, was eine wesentliche Vereinfachung beim Applizieren derartiger Verstärkungslamellen darstellt.

Für das Verstärken von Bauwerken und Mauerwerk werden im weiteren Verfahren gemäss dem Wortlaut nach einem der Ansprüche 9 bis 11 vorgeschlagen.

Die Erfindung wird nun anschliessend, beispielsweise unter Bezug auf die beigelegten Figuren, näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 im Längsschnitt schematisch dargestellt eine mittels einer Verstärkungslamelle verstärkte Betonbrücke,

Fig. 2 in Seitendraufsicht ein mittels Verstärkungslamellen verstärktes Mauerwerk bzw. eine Schubwand, beispielsweise geeignet für ein seismisch gefährdetes Gebiet,

Fig. 3 im Längsschnitt schematisch dargestellt, das erfindungsgemässe Anordnen und Verankern eines Lamellenendes in das Mauerwerk bzw. Bauwerk hineinverlaufend,

Fig. 4a und 4b schematisch dargestellt im Längs- und im Querschnitt einen Betonträger bzw. eine Versuchsanordnung, mittels welcher das erfindungsgemässe, endständige Verankern mit konventionell verankertem Lamellenende verglichen wird,

Fig. 5a und 5b in Untendraufsicht eine Versuchsanordnung mit dem Betonträger aus Fig. 4 mit einer konventionell aufgeklebten Verstärkungslamelle,

Fig. 6a und 6b eine analoge Versuchsanordnung wie in den Fig. 4 und 5, jedoch mit einem verlängerten Lamellenende,

Fig. 7a, 7b und 7c wiederum die gleiche Versuchsanordnung, wie in den Fig. 4 bis 6, jedoch mit einem Lamellenende, wie erfindungsgemäss vorgeschlagen in den Betonträger hineinverlaufend verankert,

Fig. 8 in Diagrammform die Durchbiegung in den drei Versuchsanordnungen gemäss den Fig. 5, 6 und 7,

Fig. 9a und 9b die Lamellendehnung am Lamellenende bei verschiedenen Kraftstufen und in Trägermitte bei der Versuchsanordnung gemäss Fig. 5,

Fig. 10a und 10b die Dehnung am Lamellenende bei verschiedenen Kraftstufen und in der Trägermitte bei der Versuchsanordnung gemäss Fig. 6,

Fig. 11a und 11b die Dehnung am Lamellenende bei verschiedenen Kraftstufen und in der Trägermitte bei der erfindungsgemässen Versuchsanordnung gemäss Fig. 7,

Fig. 12a und 12b im Längsschnitt und in Draufsicht schematisch dargestellt eine Methode um ein Lamellenende erfindungsgemäss zu verankern,

Fig. 13a und 13b im Längsschnitt und in Draufsicht das Anordnen eines Endverankerungskeils auf einem erfindungsgemäss verankerten Lamellenende,

Fig. 14a und 14b anhand einer Voute im Längsschnitt die Problematik des Anordnens einer Verstärkungslamelle und die entsprechende erfindungsgemässe Lösung, und

Fig. 15 eine weitere Bauwerksanordnung, welche vorzugsweise mit einer Verstärkungslamelle erfin-

ungsgemäss verankert, verstärkt wird.

In Fig. 1 ist schematisch im Längsschnitt eine Stahlbetonbrücke 1 dargestellt, umfassend eine Betonplatte 3, welche durch zwei Pfeiler 5 an den jeweiligen Auflagern 7 aufgestützt bzw. gehalten ist. Infolge Alterung ist diese Betonbrücke mittels einer zwischen den beiden Auflagern 7 angeordneten Verstärkungslamelle 10 verstärkt worden. Die Verstärkungslamelle 10 erstreckt sich zwischen den beiden Auflagern 7 und ist in ihrer ganzen Länge, beispielsweise mit einem Epoxidharzkleber aufgeklebt, wobei auch endständig im Bereich A' die Lamelle, wie herkömmlich üblich, an der Betonplatte 3 angeklebt ist. Dabei ist es möglich, wie in der W093/20296 vorgeschlagen, mittels zusätzlicher Gurten oder Stahlplatten die Lamellenenden zusätzlich zu verankern, bzw. gegen die Betonplatte 3 zu pressen.

In Fig. 2 ist eine Schubwand 11 eines Gebäudes dargestellt, das in einem seismisch gefährdeten Gebiet steht. Dabei ist das Mauerwerk 13 mit seitlich aufgeklebten Verstärkungslamellen 20 verstärkt, wobei die Lamellen üblicherweise endständig in den unterhalb und oberhalb der Schubwand 13 angeordneten Betonplatten bzw. der Boden- und Deckenplatte 15 bzw. 17 verankert ist. Dabei wird, beispielsweise im Bereich A" das Lamellenende bis in die Betonplatte 17 hineinverlaufend geführt, um in dieser verankert zu werden. Das Erzeugen dieser Verankerung ist aufwendig und erfordert einen grossen Arbeitsaufwand.

In Fig. 3 ist nun erfindungsgemäss dargestellt, wie in den Bereichen A' bzw. A" die Lamellenenden einfacher und wirkungsvoller verankert werden können. Damit wird ermöglicht, dass im Bereich A' das Lamellenende nicht bis nahe an das Auflager 7 zu verlaufen hat und im Bereich A" es nicht zwingend notwendig ist, dass das Lamellenende bis in die Betonplatte 17 zu verlaufen hat. Wie aus Fig. 3 deutlich erkennbar, verläuft das Lamellenende 22 der Verstärkungslamelle 10 bzw. 20 in die Betonplatte 3 bzw. das Mauerwerk 13 hinein, und ist entsprechend in diesem Bereich durch Beton bzw. Zementmörtel überdeckt. Selbstverständlich ist es möglich, die Ueberdeckung 23 auch mittels eines Polymerklebers, wie beispielsweise eines Epoxidharz-Mörtels oder einer Polyuretan- oder Silikonformulierung auszuführen. Die optimale Wahl des zu verwendenden Materials ist abhängig, beispielsweise vom Werkstoff, aus welchem die Verstärkungslamelle gefertigt ist.

Anhand der nachfolgenden Figuren soll nun gezeigt werden, dass durch das in Fig. 3 schematisch dargestellte Einführen des Lamellenendes in das Bauwerk bzw. in das Mauerwerk hinein eine entscheidende Schubverstärkung am Bauwerk erreicht werden kann, auch wenn die Lamellenlänge nicht wie üblich gefordert von Auflager zu Auflager bzw. von Betonplatte zu Betonplatte gewählt wird. Insbesondere soll mit der nachfolgend beschriebenen Versuchsanordnung gezeigt werden, dass bei gleicher Lamellenlänge eine Erhöhung der Verstärkung erzielt werden kann, wenn das oder die Lamellenende(-n) in das Bauwerk bzw. Bauwerkteil oder Mauerwerk hineinverlaufend verankert (wird) werden.

In Fig. 4a ist im Längsschnitt ein Betonträger 3 analog demjenigen von Fig. 1 dargestellt, welcher für die nachfolgenden Versuchsanordnungen verwendet wird. Dabei liegt Betonträger 3 auf den Auflagern 7 auf und umfasst eine Stahlbewehrung 4. Zusätzlich ist der Betonträger 3 an seiner unteren Seite 8 mittels einer CFK Lamelle 10 verstärkt worden, wobei das eine Ende 11 der Lamelle praktisch bis zum entsprechenden Auflager 7' hin verläuft, währenddem das gegenüberliegende Lamellenende 13 vom anderen Auflagen 7" beabstandet ist. Fig. 4b zeigt den Betonträger aus Fig. 4a im Querschnitt.

An den in den Fig. 4a und 4b schematisch dargestellten Betonträgern werden nun anhand von verschiedenen Versuchsanordnungen Biegeversuche durchgeführt, wobei an den beiden je mit einem Pfeil angedeuteten Stellen 15 eine Kraft F eingeleitet wird.

Die Versuchsanordnung, dargestellt in Fig. 5a, zeigt die Verstärkungslamelle in Untendraufsicht auf den zu verstärkenden Betonträger 3, wobei das eine Lamellenende 11 sich bis zum Auflager 7' hin erstreckt, währenddem das gegenüberliegende Lamellenende 13' sich um eine Distanz über den entsprechenden Krafteinleitungspunkt 15" hinaus erstreckt. Die Bemassung der Versuchsanordnung ist in der Darstellung von Fig. 5a dargestellt, wobei sich das Lamellenende 13' entsprechend um 20cm über den Krafteinleitungspunkt 15" hinaus erstreckt. In Fig. 5b sind schematisch die Messpunkte 29 dargestellt, welche am Lamellenende 13' zum Ermitteln der auftretenden Kräfte bzw. der auftretenden Dehnung vorgesehen sind. Stelle 24 in Fig. 5a markiert die Mitte des Betonträgers 3, wo ebenfalls eine Messstelle angeordnet ist.

Um ein Versagen der Lamelle 10 im Bereich des Endes 11 zu verhindern ist weiter eine nicht dargestellte Anpressplatte vorgesehen. Das Lamellenende 13' ist in herkömmlicher Art und Weise auf die Unterseite des Betonträgers aufgeklebt verankert.

Fig. 6a und 6b zeigen eine analoge Versuchsanordnung, wobei jedoch das Lamellenende 13" sich um 30cm über den entsprechenden Krafteinleitungspunkt 15" hinaus erstreckt, und somit näher an das entsprechende Auflager 7" hin reicht. Wiederum sind im Bereich des Endes 13" mehrere Messstellen vorgesehen, wie auch mittig an der Stelle 24 am Betonträger 3.

In Fig. 7 ist eine Versuchsanordnung dargestellt, wobei nun das Lamellenende 13''' in das Bauwerkteil hineinverlaufend verankert ist, was in der Längsschnittsdarstellung von Fig. 7c schematisch dargestellt ist. Dabei erstreckt sich das Lamellenende 13''' wiederum nur um 20cm über den entsprechenden Krafteinleitungspunkt 15" hinaus, ist also

um 10cm mehr beabstandet vom entsprechenden Auflager 7", verglichen mit der Versuchsanordnung gemäss Fig. 6a und 6b. Die Verankerung des Lamellenendes 13" verläuft entlang einer Strecke von 10cm, wobei in Fig. 7c das stetig gebogene, in den Betonträger 3 verlaufende Endstück 13a" im Längsschnitt schematisch dargestellt ist. Ueber der Lamelle im Bereich 23 wurde in der Verankerungszone des Endabschnittes 13a" ein Epoxidharzmörtel aufgetragen. Wiederum in Fig. 7b sind schematisch mehrere Messstellen 29 dargestellt, welche auf der Lamelle 10 angeordnet worden sind. Ebenfalls an der Stelle 24 in der Mitte des Betonträgers 3 wurde eine Messstelle auf der verstärkungslamelle 10 angeordnet.

Fig. 8 zeigt nun in Diagrammform die Durchbiegung der Versuchsträger gemessen in Trägermitte mit den drei gemäss den Fig. 5, 6 und 7 verwendeten Versuchsanordnungen. Die Durchbiegung  $\delta$  (mm) ist in Abhängigkeit der an den Stellen 15 eingeleiteten Kraft (KN) dargestellt, wobei sie durch Biegung getrennt für die drei Versuchsanordnungen dargestellt ist.

In den Fig. 9, 10 und 11 sind jeweils in den entsprechenden Fig. a die Lamellendehnungen am Lamellenende bei verschiedenen Kraftstufen für die drei Versuchsanordnungen von Fig. 5, 6 und 7 dargestellt, sowie in den jeweiligen Fig. b die Dehnungen in der Trägermitte.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind für die drei Versuchsanordnungen die gemessenen Tragwiderstände, die mittlere Lamellenspannung in Trägermitte, sowie die Versagensart der Träger aufgeführt.

Träger	$F_{\max}$ [kNm]	$\sigma_L$ (F) [N/mm <sup>2</sup> ] *)	Versagen
Fig. 5	65	456(60)	Lamellenbeginn
Fig. 6	65	628(65)	Lamellenbeginn
Fig. 7	75	1'063(75)	Lamellenbeginn

\*) Mittlere Lamellenspannung in Trägermitte

Diskussion der Resultate bzw. der Diagramme gemäss den Fig. 8 bis 11 sowie von Tabelle 1:

Die maximale Last und insbesondere die maximale Lamellendehnung in der erfindungsgemässen Versuchsanordnung gemäss Fig. 7 konnten gegenüber den Trägern der Versuchsanordnungen 5 und 6 wesentlich gesteigert werden. Die Träger gemäss Fig. 5 und 6 zeigen trotz unterschiedlichen Verankerungslängen im Bereich der Enden 13' und 13" ein ähnliches Verhalten. Im mittleren Trägerbereich werden etwa dieselben Dehnungen registriert. Jeweils beim Erreichen der Fliesslast scheren die Lamellen vom Lamellenende her ab.

Die Lamelle des Trägers gemäss der erfindungsgemäss vorgeschlagenen Anordnung in Fig. 7 ist am einen Ende 13" im Betonträger 3 eingelassen und mit Klebstoff 23 zugedeckt. Die maximalen Lamellendehnungen konnten gegenüber den oben beschriebenen Versuchen, im Zusammenhang mit den Anordnungen gemäss den Fig. 5 und 6, deutlich gesteigert werden. Dieses Verhalten kann vermutlich wie folgt begründet werden:

- Umlenkung der resultierenden Spannungskomponenten senkrecht zur geklebten Lamelle. Damit wird die Lamelle angepresst, womit im Beton Druckspannungen entstehen. Bei einer entsprechend idealen und optimierten Geometrie des in den Träger 3 hineinverlaufenden Endabschnittes 13a" kann eine Anpressung der Lamelle an den Träger erzielt werden, die mit der Wirkung der in der internationalen PCT-Anmeldung WO 93/20296 beschriebenen Querspannung vergleichbar ist.
- Der Klebstoff auf der Lamelle oder ein Anpresskeil gemäss Fig. 3 oder der nachfolgenden Fig. 13a und b verhindert das frühzeitige Ablösen des Lamellenendes, das durch die senkrechte Spannungskomponente, die vom Träger weggerichtet ist, hervorgerufen wird.

Mittels der Versuchsanordnungen in den Fig. 5 bis 7 kann somit eindrücklich dargestellt werden, dass durch das erfindungsgemässe endständige, in das Bauwerk hineinverlaufende Verankern der Verstärkungslamelle eine wesentlich erhöhte Verstärkung am Bauwerk erzielt werden, verglichen mit einer gleich langen oder längeren Verstärkungslamelle, deren entsprechendes Ende nicht erfindungsgemäss in das Bauwerk hineinverlaufend verankert ist, sondern wie aus dem Stand der Technik bekannt, entlang einer wesentlich längeren Verankerungsstrecke auf das Bauwerk aufgeklebt bzw. an diesem anliegend verankert ist.

In den Fig. 12a und 12b ist ein Verfahren schematisch dargestellt, wie das erfindungsgemässe, endständige Verankern einer Verstärkungslamelle 10 auf relativ einfache Art und Weise möglich ist. In der Regel ist ein Einschleifen, Einfräsen oder Abschleifen in das Bauwerk hinein nicht möglich, so dass nun, wie in den Fig. 12a und 12b dargestellt, vorgeschlagen wird, das endständige in das Bauwerk-Hineinverlaufen des Verstärkungslamellenendes 22 mittels sogenannter abgestufter Kernbohrungen zu bewerkstelligen. So werden im endständigen Bereich sogenannte Kernbohrungen 31 mittels beispielsweise einer herkömmlichen Bohrmaschine in den zu verstärkenden Beton 3 abgestuft hin-

eingetrieben, wobei die erste Bohrung entfernt vom Lamellenende nur eine geringe Tiefe aufweist, währenddem die letzte Kernbohrung 31 im Bereich des Lamellenendes eine grosse Tiefe aufweist. Derartige Kernbohrungen können beispielsweise einen Lochdurchmesser von 10 oder mehr cm aufweisen, je nach dem, wie breit die zu verankernde Verstärkungslamelle 10 ist. Nach dem in das Bauwerk hineinverlaufende Anordnen des Lamellenendes 22 kann erneut, wie bereits in Fig. 3 dargestellt, ein Verankerungskeil 23 angeordnet werden.

Ein derartiger Verankerungskeil ist ebenfalls in den Fig. 13a und 13b dargestellt, wobei nun zusätzlich Befestigungsmittel 33 angeordnet sind, wobei es sich beispielsweise um Schrauben, Bolzen, Schlaufen, etc. handeln kann. Mittels dieser Befestigungsmittel 33 wird die Verankerungswirkung des Keils 23 auf das Lamellenende 22 zusätzlich verstärkt. Dabei zeigt Fig. 13a den Keil 23 im Längsschnitt, währenddem Fig. 13b eine Draufsicht auf den Keil 23 darstellt.

In den Fig. 14a und 14b ist eine Betonkonstruktion 32 dargestellt, wie beispielsweise eine Tragkonstruktion bei Galerien oder Einstellhallen, bei welcher Konstruktion die Deckenplatte 35 und die Seitenwandung 37 über eine sogenannte Voute 39 im Eckbereich miteinander verbunden sind. Falls nun die Unterseite der Decke 35 mittels einer Verstärkungslamelle 10 zu verstärken ist, zeigt sich in Fig. 14a deutlich, dass ein Verankern des Lamellenendes 13 im Bereich der Voute ungünstig ist, da beim Auftreten von Zugkräften auf die verstärkungslamelle 10 diese im Eckbereich 36 abgelöst wird.

Aus diesem Grunde wird, wie in Fig. 14b dargestellt, erfindungsgemäss vorgeschlagen, die Verstärkungslamelle 34 bzw. deren Ende 22 im Eckbereich 36 in die Betondecke 35 hineinverlaufend zu verankern. Beim Belasten der Betondecke 35 wird die infolge des Biegemoments resultierende Zugspannungskomponente auf die Lamelle im Endbereich der Lamelle in die Decke hinein umgelenkt, womit das Lamellenende 22 nicht abgelöst wird.

Fig. 15 schlussendlich zeigt eine weitere Bauwerksanordnung, beispielsweise erneut eine Tragkonstruktion, umfassend eine Betondecke 41 sowie eine Trennwand oder einen Längspfeiler 43, wobei erneut die Decke 41 mittels einer Verstärkungslamelle 10 verstärkt ist. Im Eckbereich 45, zwischen Decke 41 und Pfeiler 43, ist erfindungsgemäss das Lamellenende 22 in die Decke hinein verlaufend verankert.

Anhand der in Fig. 15 eingezeichneten Hilfslinie 53 wird der Verlauf des Biegemoments in bezug auf das Bauwerkteil bzw. auf die durch die Decke verlaufende Systemmittelebene 47 dargestellt. Dabei zeigt sich deutlich das Durchlaufen eines Nullpunktes im Abstand x vom Pfeiler 43 nahe im Eckbereich 45 und eine anschliessende starke Zunahme. Durch das erfindungsgemässe Verankern des Lamellenendes 22 im Abstandsbereich x, wo keine Zugkraft auftritt, ist es möglich bereits beginnend vom Nullpunkt die anschliessend entstehende Zugspannung durch die Verstärkungslamelle 10 voll aufzufangen. Im Falle, dass die Verstärkungslamelle 10, wie herkömmlich aufgeklebt, im Eckbereich 45 verankert wäre, wäre ein Auffangen der entstehenden Zugspannung erst in einem Abstand grösser x vom Eckbereich 45 möglich, womit die Gefahr des Abscherens der Lamelle 10 von der Betondecke 41 gegeben ist.

Die Fig. 1 bis 15 dienen lediglich der näheren Erläuterung und Veranschaulichung der Erfindung und eine erfindungsgemäss vorgeschlagene, endständige Verankerung von Verstärkungslamellen kann selbstverständlich auf x-beliebige Art und Weise im Rahmen der Ansprüche gewählt werden. Auch der für die Verstärkungslamellen verwendete Werkstoff kann x-beliebig sein, so kann eine Lamelle aus Eisenblech, Stahl, Aluminium, einem verstärkten Polymer, wie insbesondere GFK verstärktem Epoxidharz, usw. bestehen. Erfindungsgemäss ist eine an einem Bauwerk oder Mauerwerk auf- oder angebrachte Verstärkungslamelle wenigstens mit einem Ende in das Bauwerk bzw. Mauerwerk hineinverlaufend verankert, ob dabei ein Verstärkungskeil verwendet wird oder nicht richtet sich nach den Anforderungen und den Oertlichkeiten.

## Patentansprüche

1. Anordnung zur Verstärkung an einem längsausgedehnten und/ oder flächigen Bauwerk (3) oder Bauwerkteil oder einem Mauerwerk (13) mittels mindestens einer am Bauwerk, Bauwerkteil oder Mauerwerk schlauff oder vorgespannt angeordneten lamellenartigen Verstärkung (10, 20), dadurch gekennzeichnet, dass die zur Verstärkung dienende, mindestens eine Lamelle wenigstens an einem Ende (13", 23) in das Bauwerk, Bauwerkteil bzw. das Mauerwerk hineinverlaufend verankert ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Lamellenende gebogen umgelenkt in das Bauwerk hineinverlaufend verankert ist.
3. Anordnung nach eine der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Lamelle zum Verstärken des Bauwerkes, Bauwerkteils oder Mauerwerks mit mindestens einem Ende der Lamelle weitgehendst stetig gebogen in das Bauwerk bzw. Mauerwerk verlaufend eingelassen ist, wobei das eingelassene Ende mittels Beton, Zement, Mörtel und/oder einem Polymer-verstärkten Materials, wie insbesondere einem Klebstoff, überdeckt ist.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Verstärkungs-  
lamelle aus einem metallartigen Material, wie insbesondere Eisen, Stahl, Aluminium oder einem verstärkten Kunst-  
stoff, wie insbesondere einem Glas-, Kohlenstoff-, Aramid-, etc. faserverstärkten Polymer, besteht.
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das in das Bauwerk bzw. Bauwerks-  
teil oder Mauerwerk hineinverlaufende Lamellenende zusätzlich mit einem keil-, platten- oder lamellen- bzw. gur-  
tenartigen Element gegen das Bauwerk oder Mauerwerk gepresst wird.
6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Lamellenende zusätzlich mittels  
mechanischer Befestigungsmittel, wie insbesondere Schrauben, Nieten, Stiften und dgl., im Bauwerk oder Mau-  
erwerk verankert ist.
7. Für Trägerfunktionen vorgesehenes Bauwerkteil, verstärkt mit einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6.
8. Mauerwerk mit einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6.
9. Verfahren zum Verstärken eines längsausgedehnten und/oder flächigen Bauwerkes, Bauwerkteils oder Mauer-  
werks mittels mindestens einer am Bauwerk bzw. Mauerwerk schlaff oder vorgespannt angeordneten lamellenar-  
tigen Verstärkung, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der Lamellenenden umgelenkt in das Bauwerk  
bzw. Bauwerkteil oder Mauerwerk hineinverlaufend angeordnet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das in das Bauwerk oder Mauerwerk verlaufende  
Lamellenende mittels Beton, Zementmörtel und/oder eines verstärkten Polymers, wie Polymerbeton oder eines  
Klebstoffmaterials überdeckt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das umgelenkte Lamellenende mittels eines Keils,  
mittels einer Platte oder mittels lamellen- oder gurtartigen Elementen gegen das Bauwerk oder Mauerwerk  
gepresst bzw. getrieben wird.

## Claims

1. An arrangement for reinforcing an elongate and/or planar structure (3) or structural element or a wall (13) by means  
of at least one lamellar reinforcement (10, 20) arranged loosely or under pretension on the structure, structural  
element or wall, characterised in that the lamella, of which there is at least one and which serves as the reinforce-  
ment, is anchored at at least one end (13", 23) by extending into the structure, structural element or wall.
2. An arrangement according to claim 1, characterised in that the lamella end is anchored by extending into the  
structure in curved-round manner.
3. An arrangement according to either one of claims 1 or 2, characterised in that at least one end of the lamella, of  
which there is at least one, for reinforcing the structure, structural element or wall is embedded in the structure or  
wall by extending at as far as possible a constant curve, the embedded end being covered by means of concrete,  
cement, mortar and/or a polymer-reinforced material, such as in particular an adhesive.
4. An arrangement according to any one of claims 1 to 3, characterised in that the reinforcing lamella, of which there  
is at least one, is made of a metallic material, such as in particular iron, steel or aluminium, or a reinforced plastics  
material, such as in particular a polymer reinforced with glass fibres, carbon fibres, aramide fibres etc.
5. An arrangement according to any one of claims 1 to 4, characterised in that the lamella end extending into the  
structure or structural element or wall is additionally pressed against the structure or wall with a wedge-, plate-or  
belt-type or lamellar element.
6. An arrangement according to any one of claims 1 to 5, characterised in that the lamella end is additionally anchored  
in the structure or wall by means of mechanical fastening means, such as in particular screws, rivets, pegs and  
the like.
7. A structural element provided for supporting purposes, reinforced with an arrangement according to any one of



claims 1 to 6.

8. A wall with an arrangement according to any one of claims 1 to 6.

9. A method of reinforcing an elongate and/or planar structure, structural element or wall by means of at least one lamellar reinforcement arranged loosely or under pretension on the structure or wall, characterised in that at least one of the lamella ends is arranged so as to extend into the structure or structural element or wall in curved manner.

10. A method according to claim 9, characterised in that the lamella end extending into the structure or wall is covered by means of concrete, cement mortar and/or a reinforced polymer, such as polymer concrete or an adhesive material.

11. A method according to claim 9, characterised in that the curved lamella end is pressed or driven against the structure or wall by means of a wedge, by means of a plate or by means of lamellar or belt-type elements.

### Revendications

1. Dispositif de renforcement sur une construction (3), une partie de construction ou une maçonnerie (13), allongée et/ou plane, à l'aide d'au moins un renforcement en forme de lamelle (10, 20) disposé de façon lâche ou avec une contrainte préliminaire sur la construction, la partie de construction ou la maçonnerie, caractérisé en ce que la ou les lamelles qui servent au renforcement sont ancrées, au moins à une extrémité (13'', 23), à l'intérieur de la construction, de la partie de construction ou de la maçonnerie.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'extrémité de lamelle est ancrée à l'intérieur de la construction en étant déviée en arc.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la ou les lamelles destinées à renforcer la construction, la partie de construction ou la maçonnerie sont introduites avec au moins une extrémité dans ladite construction ou ladite maçonnerie suivant une forme courbe très largement continue, l'extrémité introduite étant recouverte de béton, de ciment, de mortier et/ou d'un matériau renforcé avec du polymère, notamment un adhésif.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la ou les lamelles de renforcement se composent d'un matériau du type métallique, notamment de fer, d'acier, d'aluminium, ou d'une matière plastique renforcée, notamment un polymère renforcé par des fibres de verre, de carbone, d'aramide, etc.

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'extrémité de lamelle qui pénètre dans la construction, la partie de construction ou la maçonnerie est en outre pressée contre la construction ou la maçonnerie à l'aide d'un élément en forme de coin, de plaque, de lamelle ou de membrure.

6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'extrémité de lamelle est en outre ancrée dans la construction ou la maçonnerie à l'aide de moyens de fixation mécaniques, notamment des vis, des rivets, des chevilles, etc.

7. Partie de construction prévue pour des fonctions de support, renforcée à l'aide d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 6.

8. Maçonnerie comportant un dispositif selon l'une des revendications 1 à 6.

9. Procédé pour renforcer une construction, une partie de construction ou une maçonnerie, allongée et/ou plane, à l'aide d'au moins un renforcement en forme de lamelle disposé de façon lâche ou avec une contrainte préliminaire sur la construction ou la maçonnerie, caractérisé en ce que l'une au moins des extrémités de lamelle est disposée à l'intérieur de la construction, la partie de construction ou la maçonnerie en étant déviée.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'extrémité de lamelle qui pénètre dans la construction ou la maçonnerie est recouverte de béton, de mortier au ciment et/ou d'un polymère renforcé tel que du béton au polymère, ou d'un matériau adhésif.

## EP 0 803 020 B1

11. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'extrémité de lamelle déviée est pressée ou poussée contre la construction ou la maçonnerie à l'aide d'un coin, d'une plaque ou d'éléments en forme de lamelles ou de membrures.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

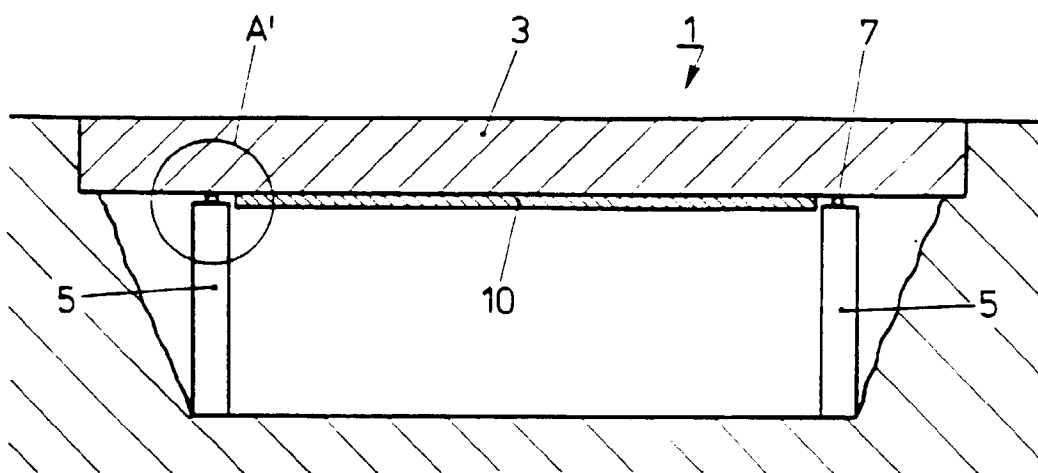


FIG. 1

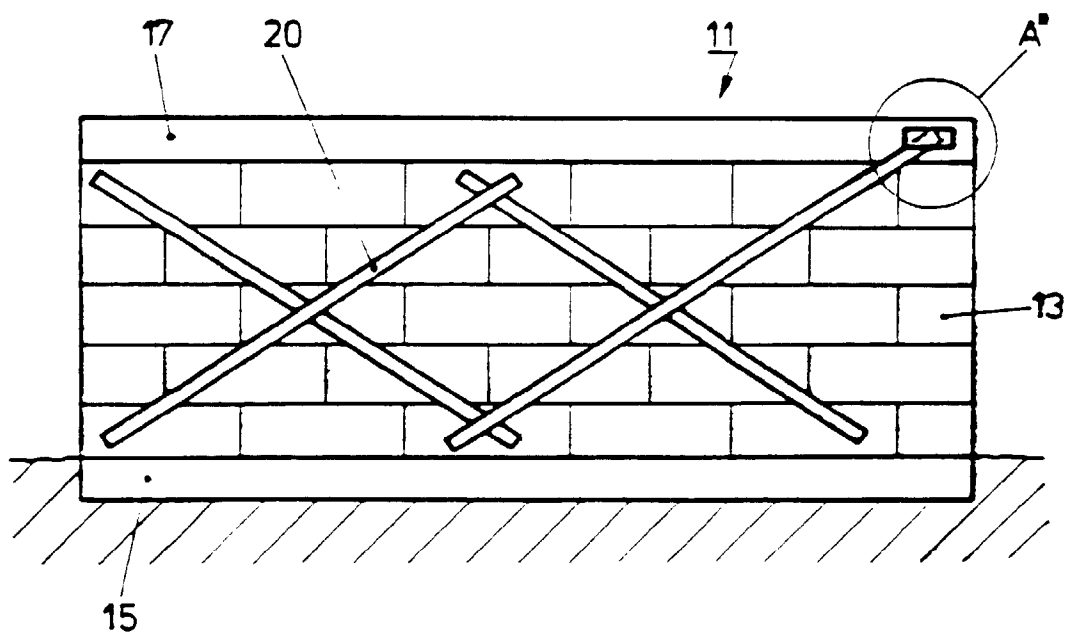


FIG. 2

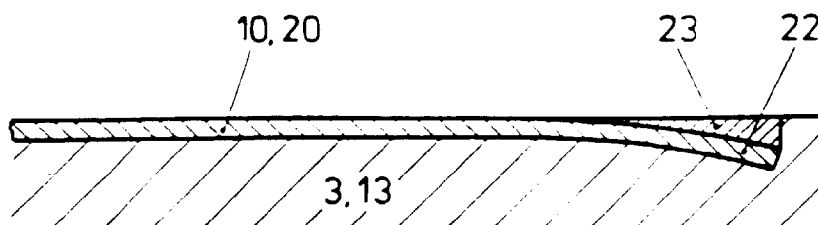
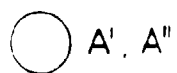


FIG. 3



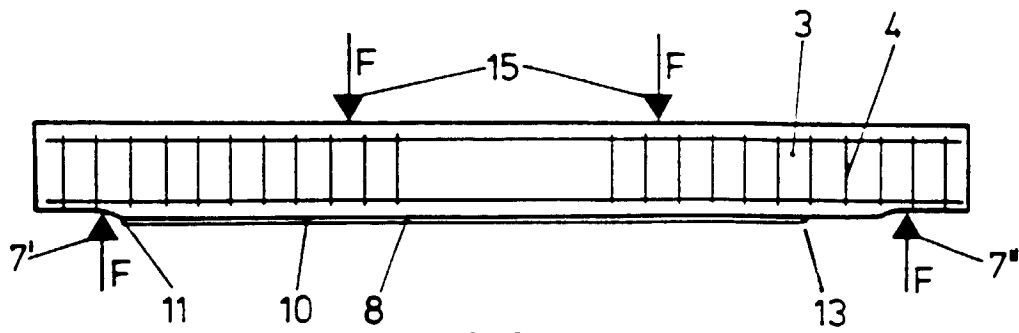


FIG. 4a

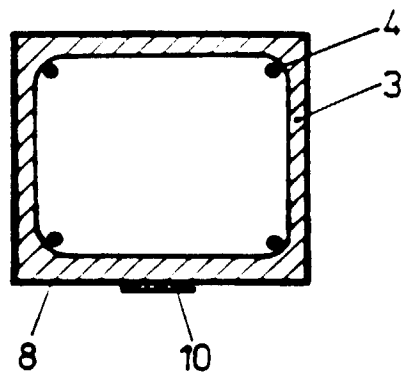


FIG. 4b

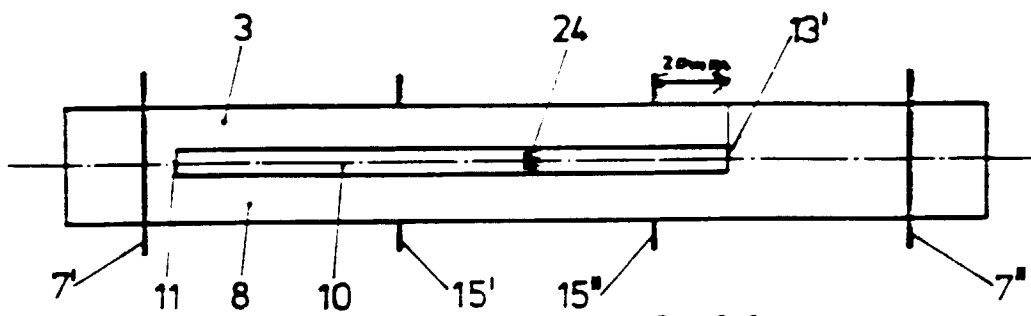


FIG. 5a

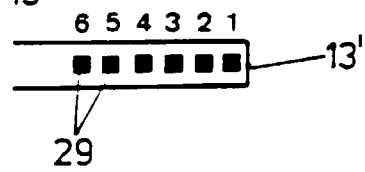


FIG. 5b

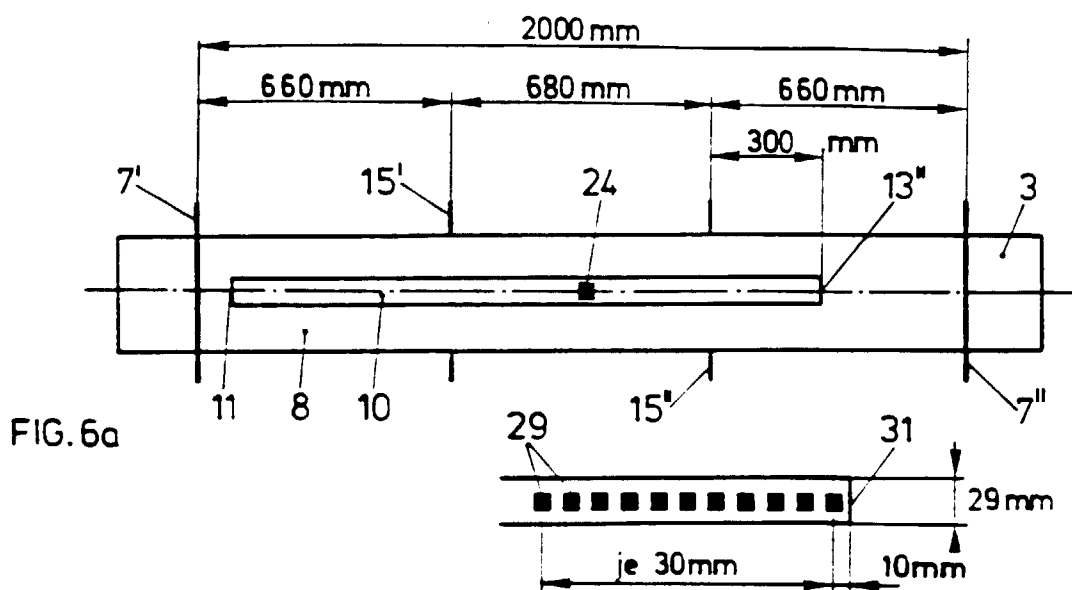
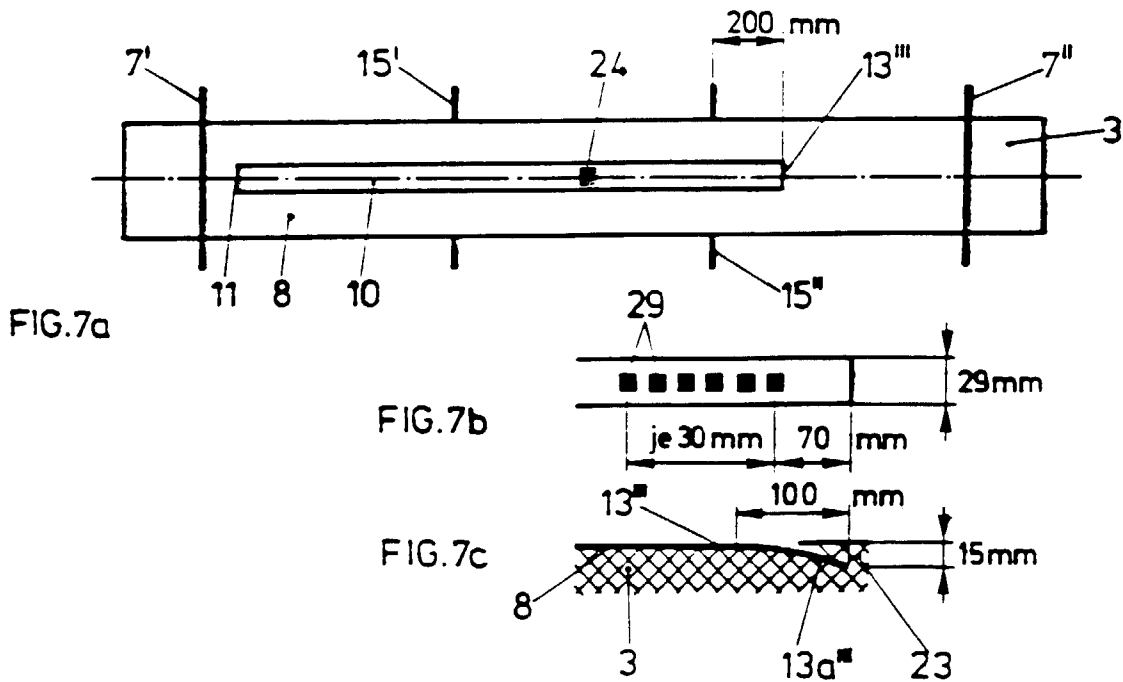


FIG. 6b



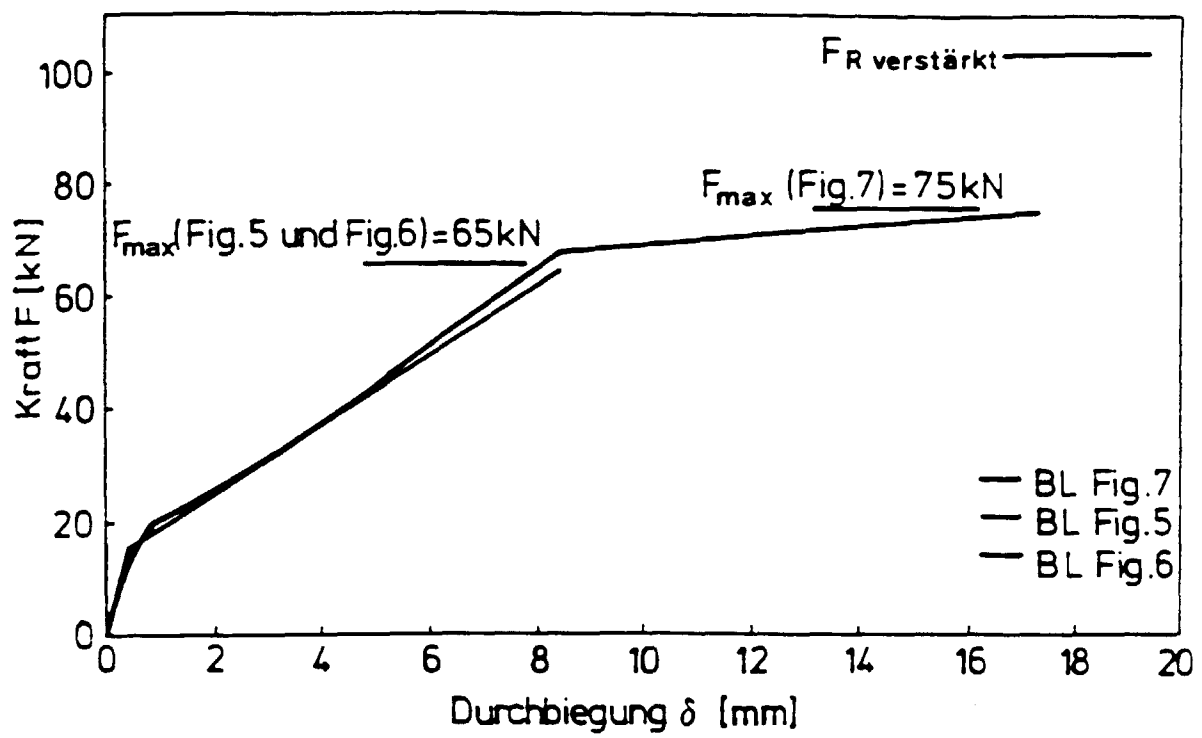


FIG. 8

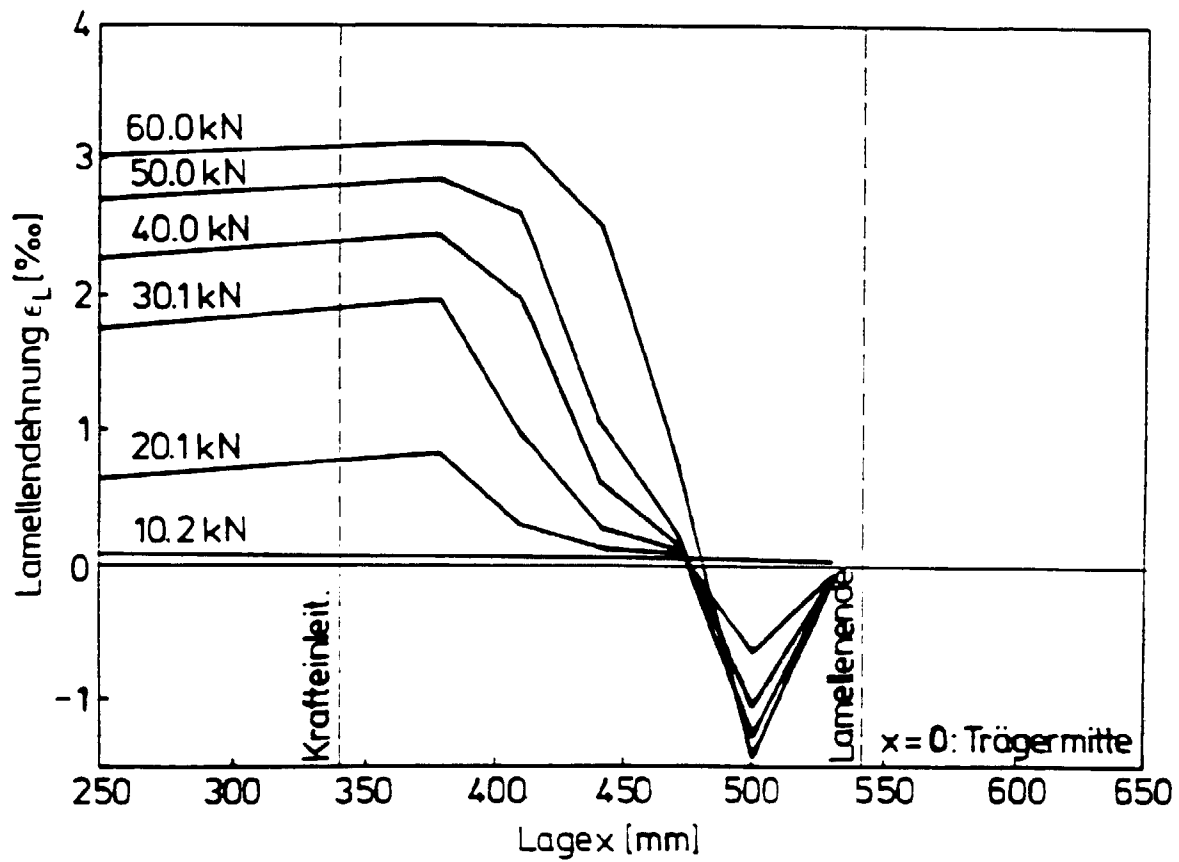


FIG. 9a

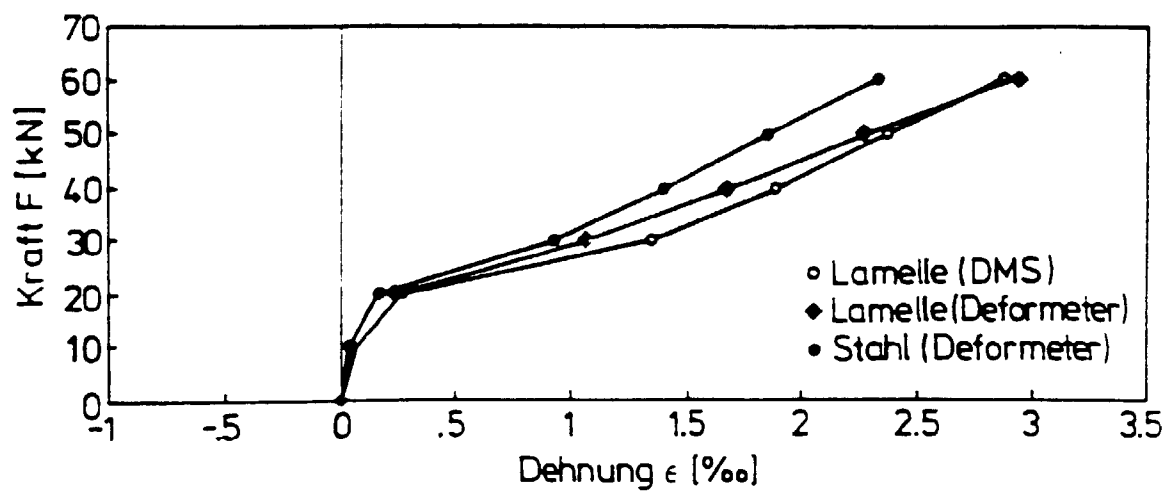


FIG. 9b

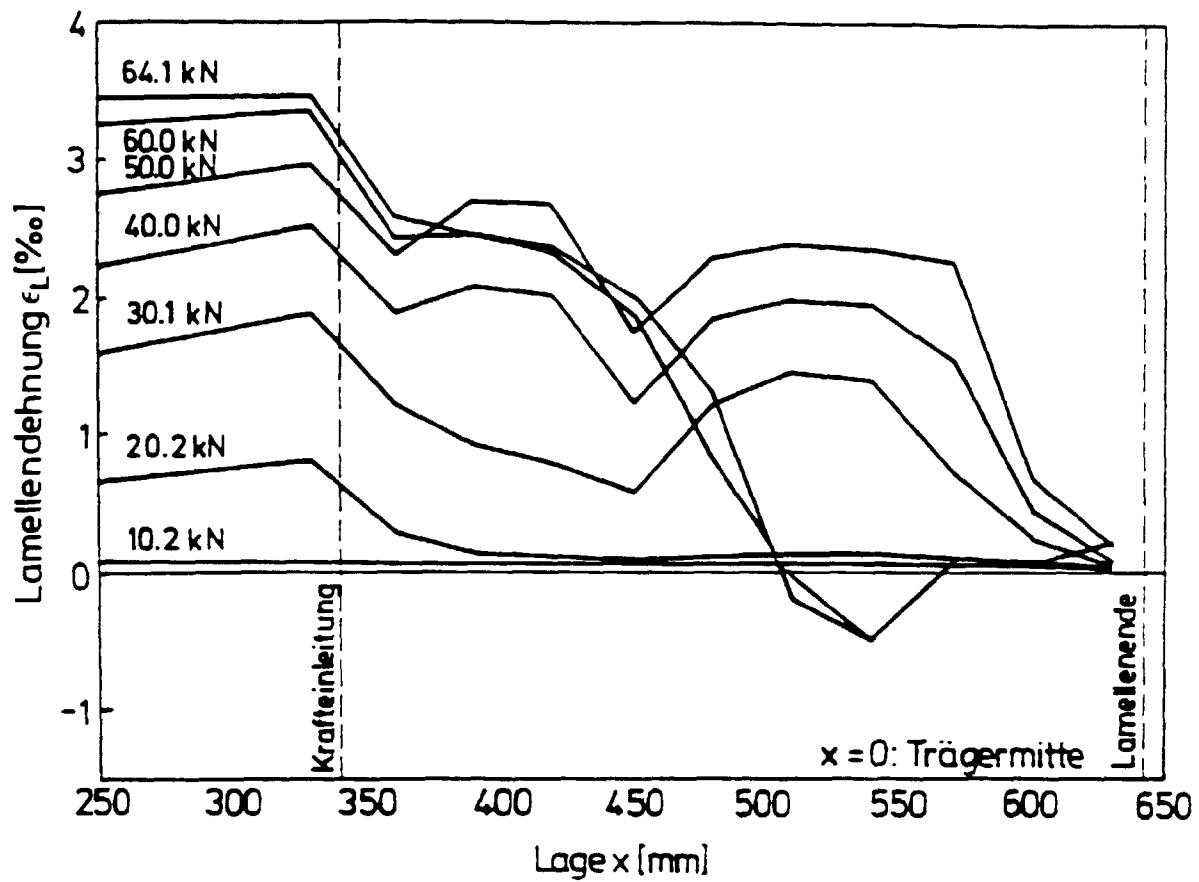


FIG. 10a

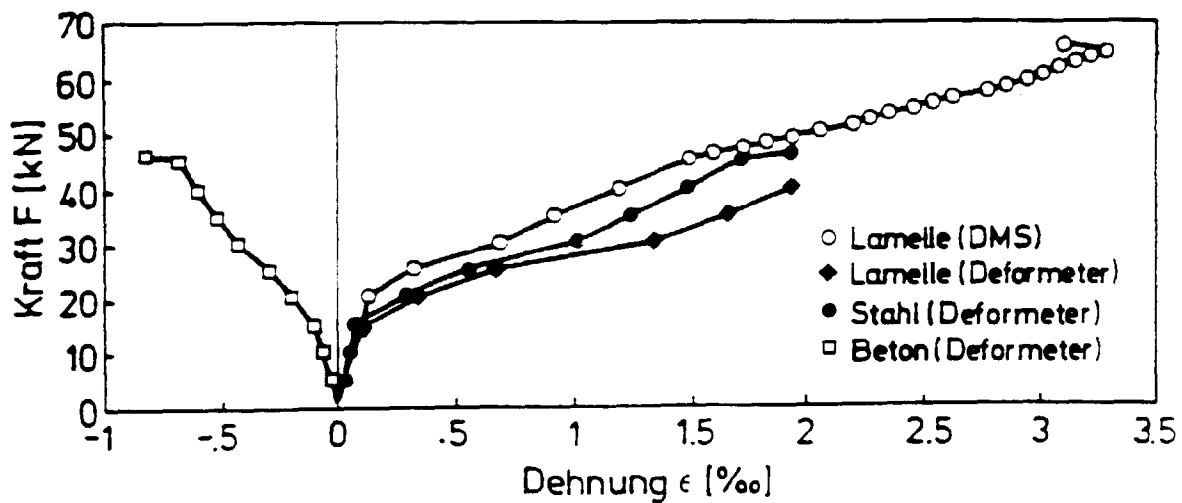


FIG. 10b



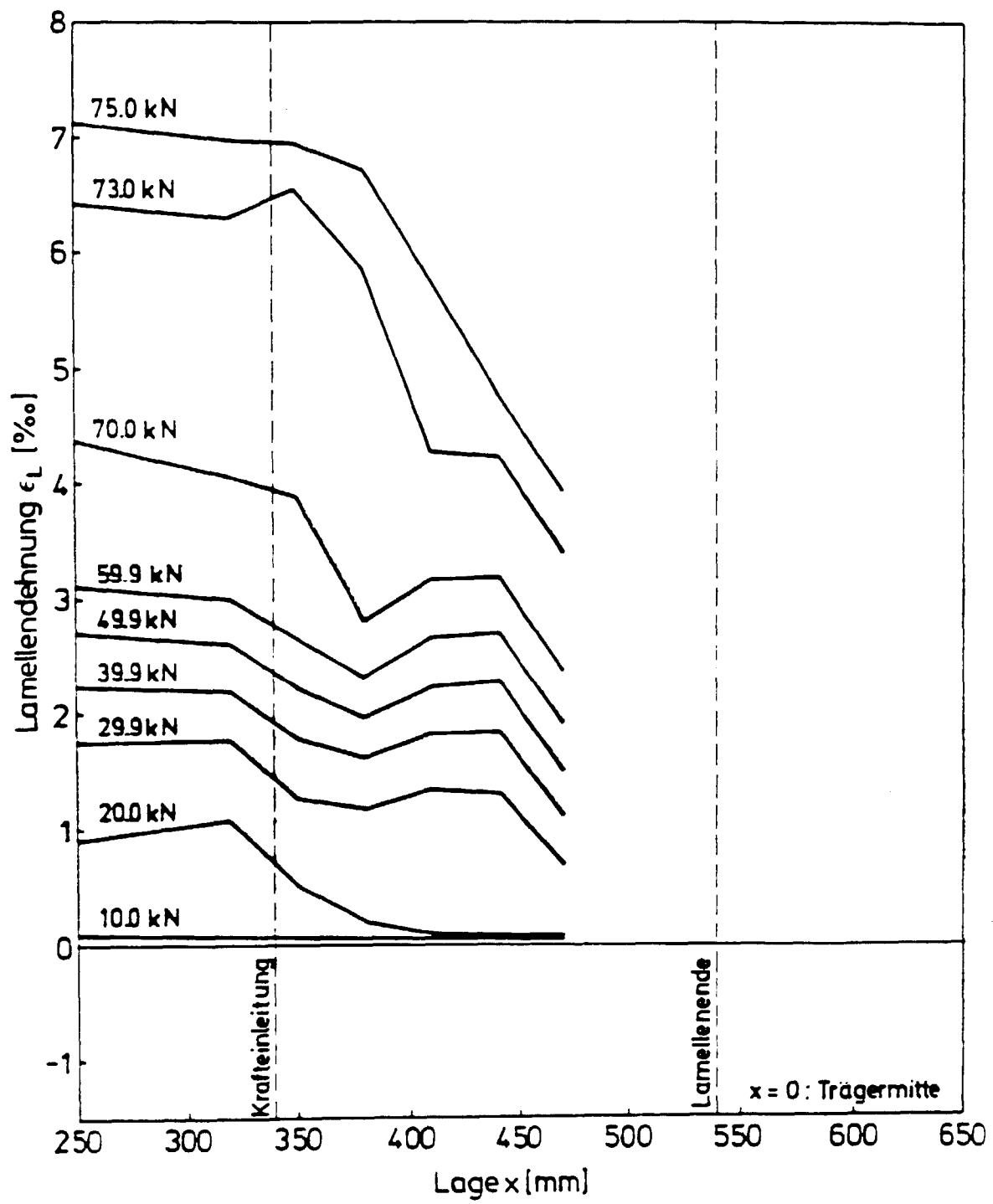


FIG. 11a

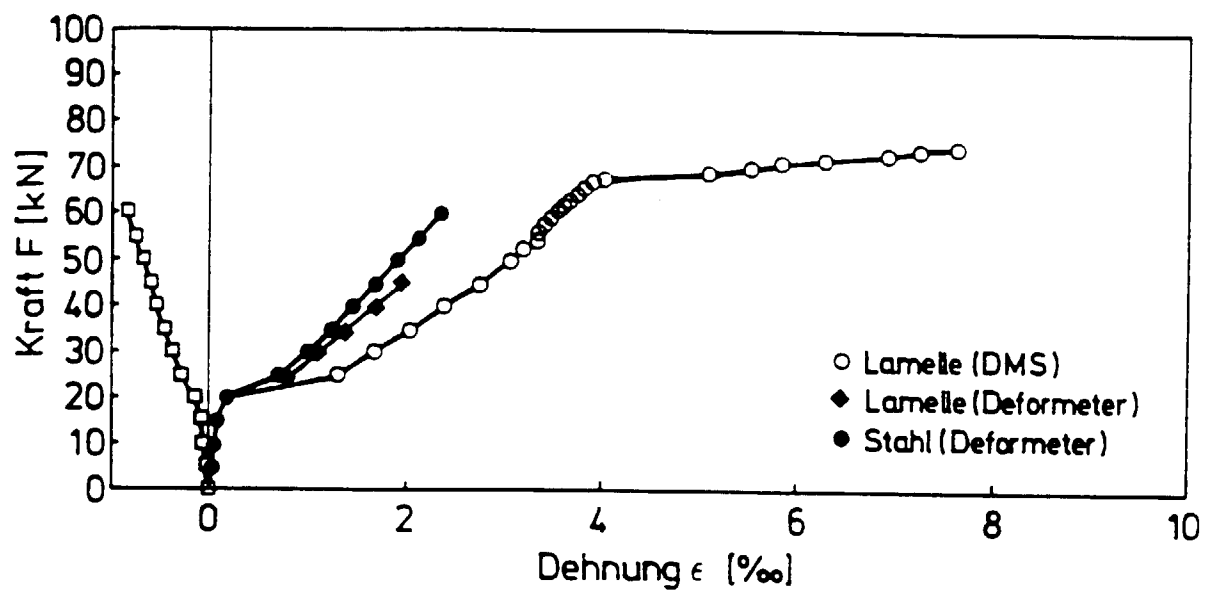


FIG.11b

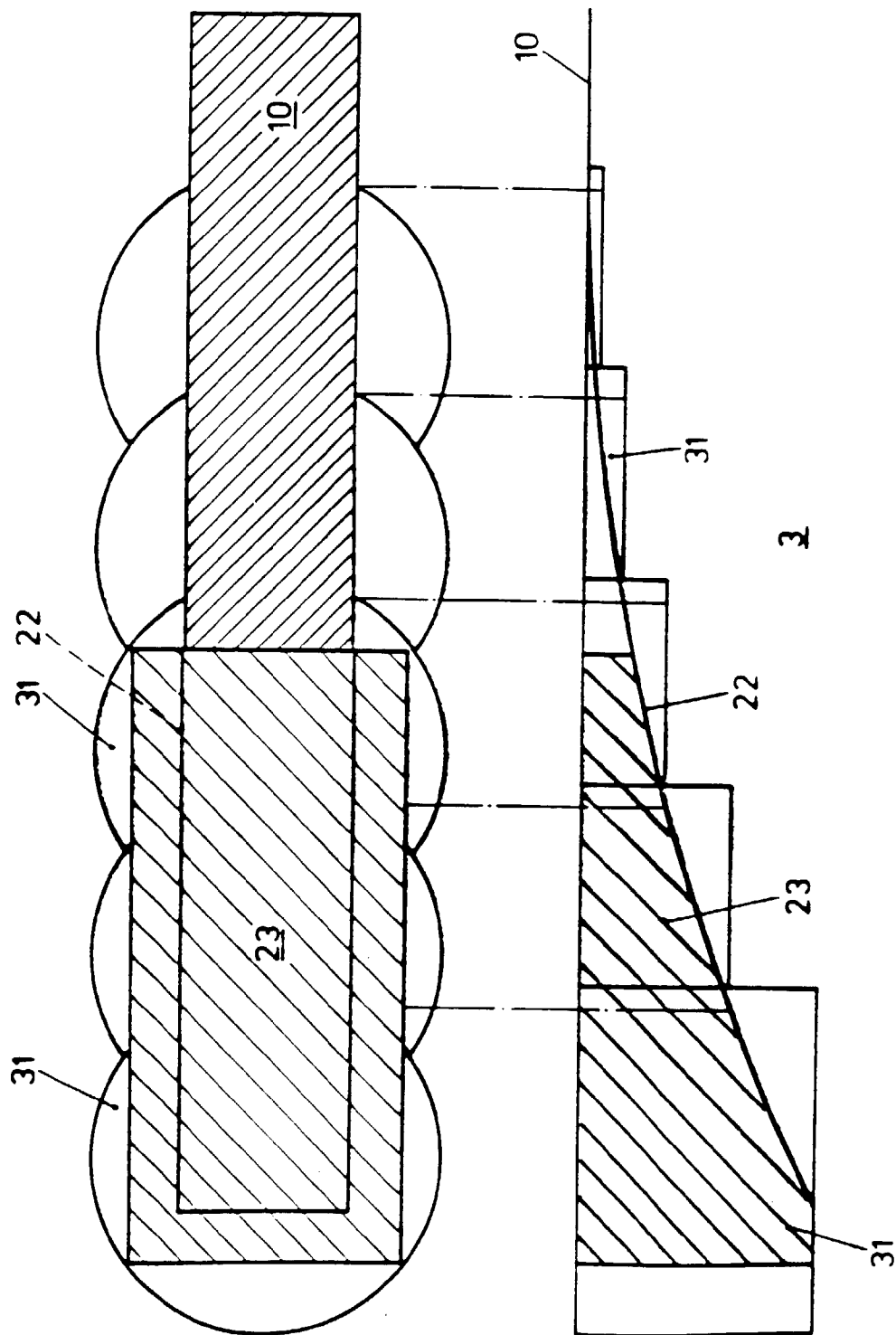


FIG. 12b

FIG. 12a

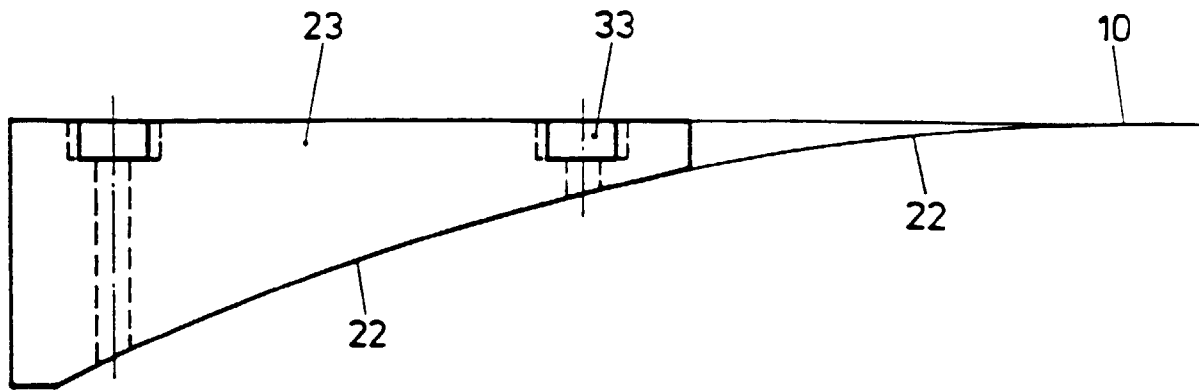


FIG. 13a

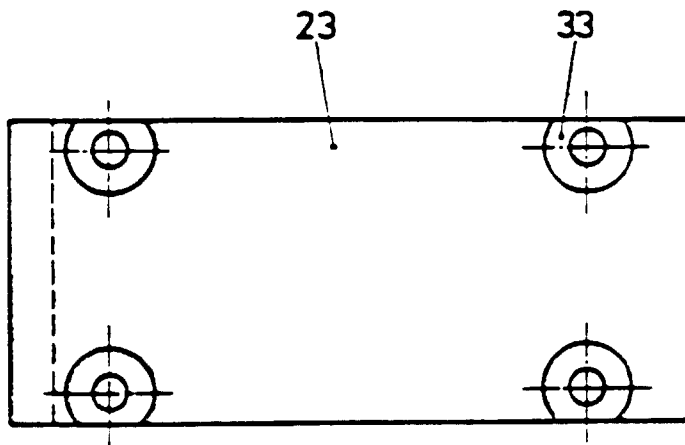


FIG. 13b

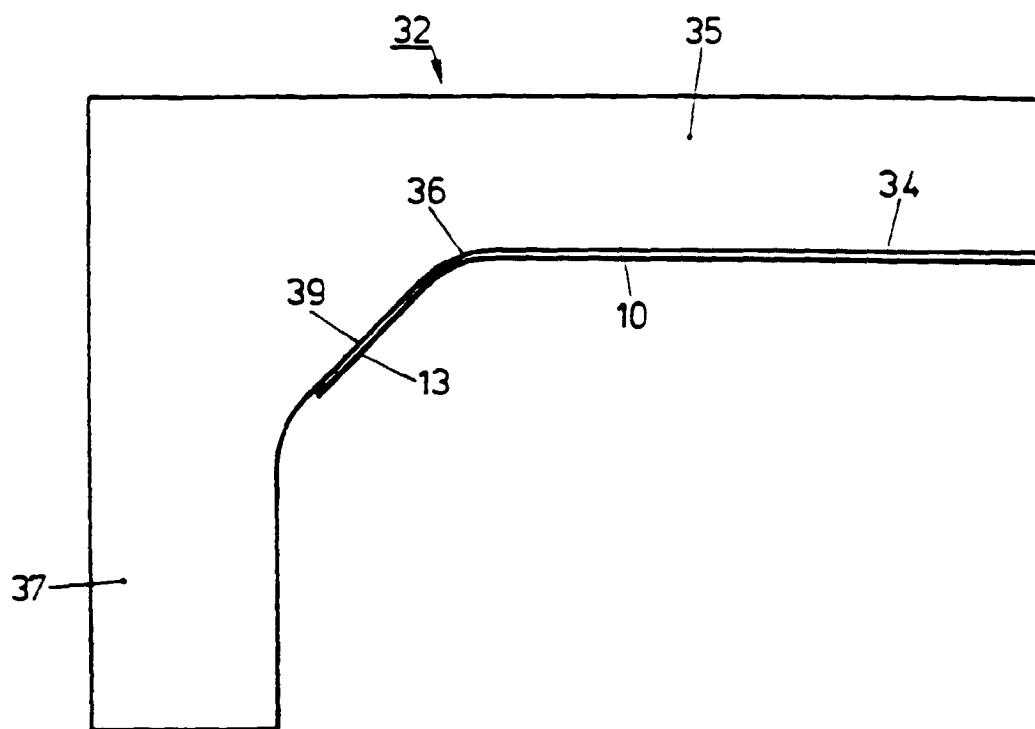


FIG. 14a

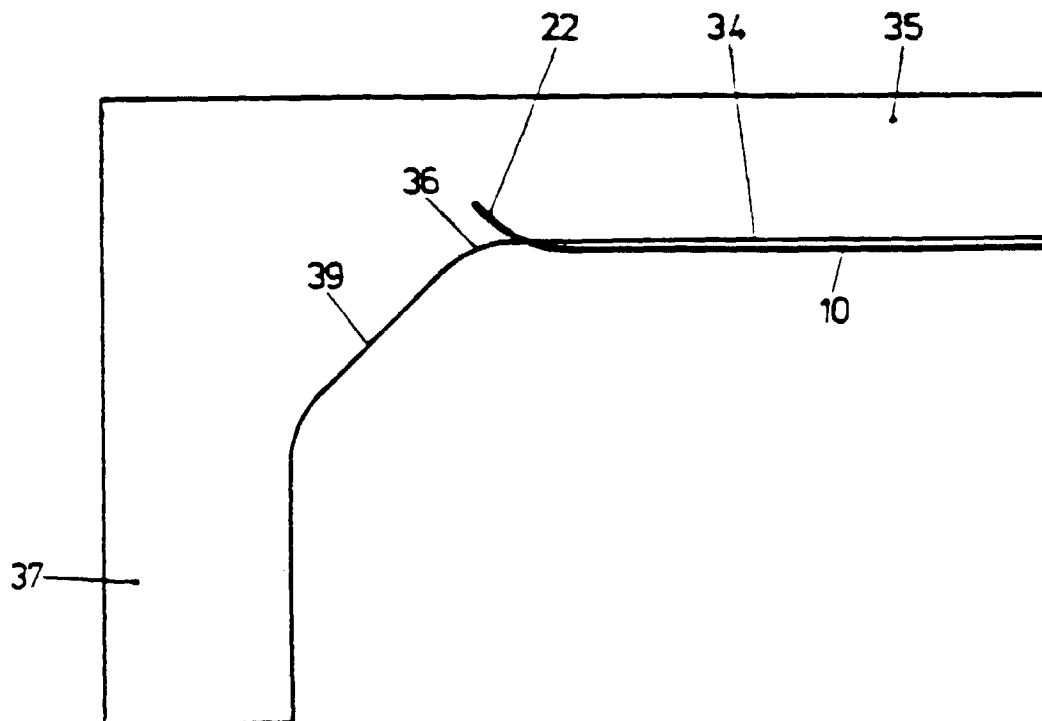


FIG. 14b

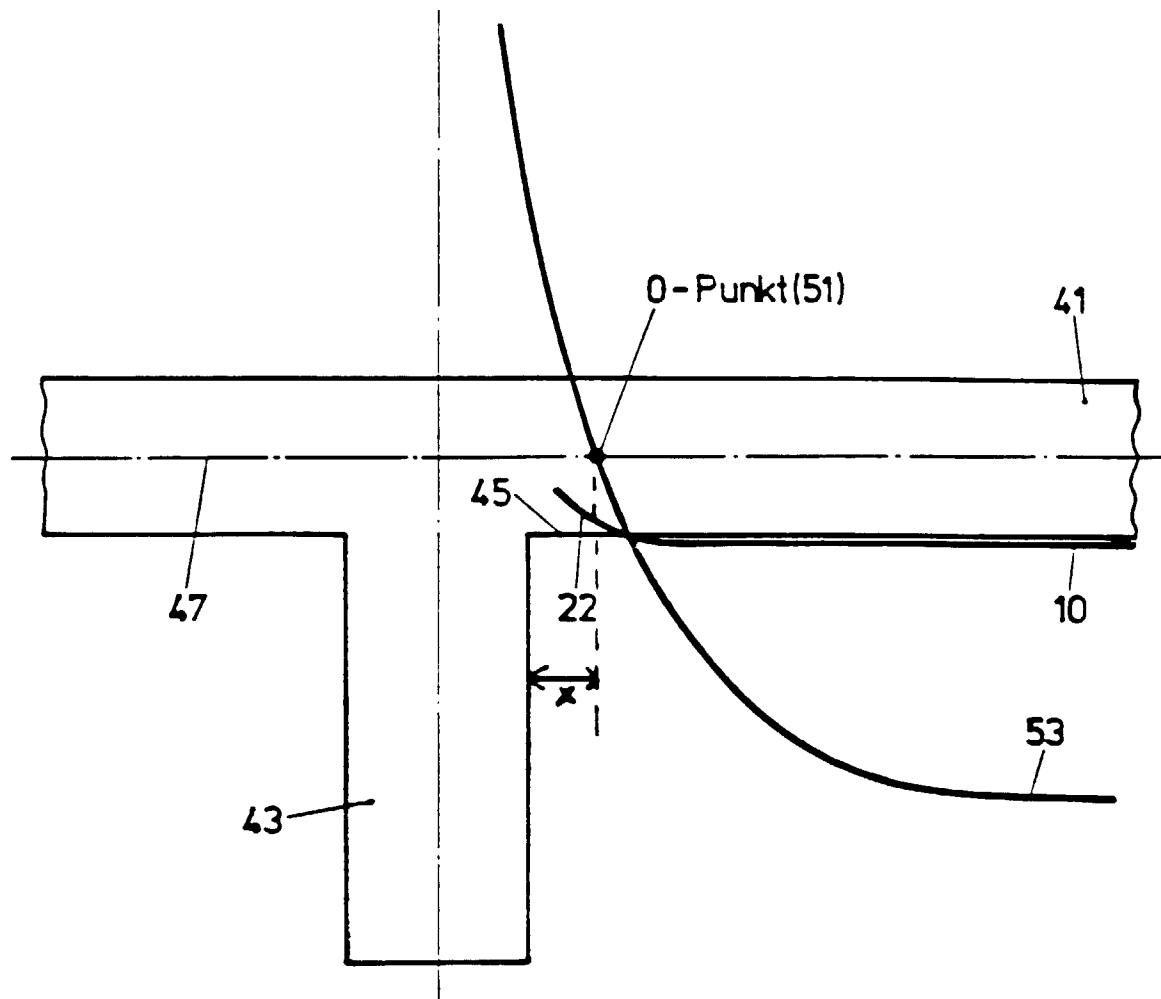


FIG. 15