

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 709 987 B1

(51) Int. Cl.: E04B 1/58 (2006.01)
E04B 1/26 (2006.01)
E04B 2/70 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 01054/15

(22) Anmeldedatum: 17.07.2015

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.02.2016

(30) Priorität: 08.08.2014 CH 1210/14

(24) Patent erteilt: 31.07.2019

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.07.2019

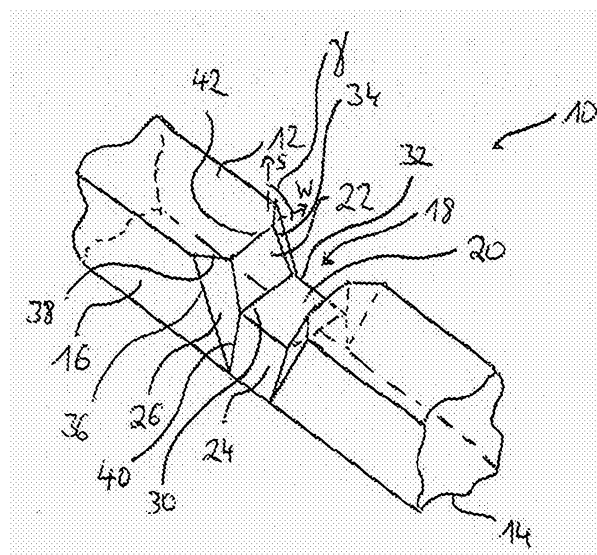
(73) Inhaber:
Blumer-Lehmann AG, Erlenhof
9200 Gossau (CH)

(72) Erfinder:
Martin Antemann, 9100 Herisau (CH)

(74) Vertreter:
Hepp Wenger Ryffel AG, Friedtalweg 5
9500 Wil / SG (CH)

(54) Holzbaustab, Verfahren zum Herstellen eines Holzbaustabs, Verfahren zum Verbinden mindestens eines ersten Holzbaustabs mit mindestens einem zweiten Holzbaustab und Holzkonstruktion.

(57) Offenbart ist ein Holzbaustab (10) mit einer Oberseite (12) und einer der Oberseite (12) gegenüberliegenden Unterseite (14) sowie zwei dazwischen angeordneten und einander gegenüberliegenden Querseiten (16), wobei der Holzbaustab (10) mindestens eine, bevorzugt mehrere Ausnehmungen (18) aufweist, die zumindest in der Oberseite (12) gebildet sind und die durch eine Mehrzahl von Kontaktflächen (20, 22, 24, 26) definiert sind, an denen der Holzbaustab (10) mit einem weiteren Holzbaustab in Kontakt bringbar ist, wobei mindestens zwei, bevorzugt genau zwei Längskontaktflächen (22) sich von der Hauptkontaktfläche (20) zur Oberseite (12) erstrecken, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine, bevorzugt beide Längskontaktflächen (22) geneigt zur Oberseite (12) verlaufen, mindestens zwei, bevorzugt genau zwei Querkontaktflächen (24) vorhanden sind, welche sich von der Hauptkontaktfläche (20) zur Unterseite (14) erstrecken und von denen mindestens eine, bevorzugt beide, geneigt zur Oberseite (12) und zu den Längskontaktflächen (22) verlaufen. Offenbart sind ferner ein Verfahren zum Herstellen eines Holzbaustabs (10), ein Verfahren zum Verbinden von Holzbaustäben (10) sowie eine Holzkonstruktion.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Holzbaustab, ein Verfahren zum Herstellen eines Holzbaustabs, ein Verfahren zum Verbinden mindestens eines ersten Holzbaustabs mit mindestens einem zweiten Holzbaustab sowie eine Holzkonstruktion.

[0002] Verbindungen von Holzbaustäben sind seit Jahrhunderten bekannt. Eine traditionelle Verbindung ist das sogenannte Kreuzblatt, das zur kraft- und formschlüssigen Verbindung von zwei sich rechtwinklig kreuzenden Holzbaustäben verwendet wird. Zu diesem Zweck sind die beiden Stäbe im Verbindungsbereich bis zur Hälfte des Querschnitts rechtwinklig ausgenommen. Aufgrund der Rechtwinkligkeit der Ausnehmungen müssen die beiden Holzbaustäbe zwingend in einer festgelegten Fügerichtung aufeinander zubewegt werden, die senkrecht zu den Längsrichtungen beider Holzbaustäbe ist. Auf diesen Nachteil wird auch hingewiesen in Moro et al., Baukonstruktion – vom Prinzip zum Detail, Band 3: Anwendung; Berlin: Springer, 2009.

[0003] Soll nun ein Holzbaustab in mehreren Verbindungsbereichen mit jeweils einem weiteren Holzbaustab verbunden werden, so müssen die Verbindungen zwischen all diesen Holzbaustäben gleichzeitig hergestellt werden. Dies ist nur dann möglich, wenn die durch die Ausnehmungen vorgegebenen Fügerichtungen allesamt parallel zueinander sind.

[0004] Dies schränkt jedoch den Anwendungsbereich der traditionellen Kreuzblatt-Verbindung sehr ein. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn mindestens einer der Holzbaustäbe zumindest teilweise gekrümmt und/oder tordiert ist. Moderne Holzkonstruktionen enthalten eine Vielzahl derartiger gekrümmter und/oder tordierter Holzbaustäbe. Auch ein solcher gekrümmter und/oder tordierter Holzbaustab kann mehrere traditionelle Kreuzblatt-Ausnehmungen aufweisen, die mit jeweiligen Ausnehmungen weiterer Holzbaustäbe zu verbinden sind. Aufgrund der Krümmung und/oder Torsion geben die verschiedenen Ausnehmungen jedoch verschiedene Fügerichtungen vor, die nicht unbedingt parallel zueinander sein müssen. Folglich kann der gekrümmte und/oder tordierte Holzbaustab nicht gleichzeitig mit den weiteren Holzbaustäben verbunden werden. Um dieses Problem zumindest teilweise zu beheben, könnten die Ausnehmungen zwar entsprechend breiter ausgestaltet werden. Dies hätte jedoch zur Folge, dass die entstehende Verbindung nicht mehr formschlüssig wäre, was insbesondere bei tragenden Holzkonstruktionen nicht akzeptabel wäre.

[0005] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Holzbaustab mit mindestens einer Ausnehmung bereitzustellen, die nicht nur eine einzige Fügerichtung erlaubt, in der mindestens zwei solcher Holzbaustäbe zusammengefügt werden können. Dabei soll auf die bei der traditionellen Kreuzblatt-Verbindung vorteilhafte Formschlüssigkeit in der Endposition nicht verzichtet werden müssen.

[0006] Diese Aufgabe wird zum einen gelöst durch einen Holzbaustab mit einer Oberseite und einer der Oberseite gegenüberliegenden Unterseite sowie zwei dazwischen angeordneten und einander gegenüberliegenden Querseiten. Der Holzbaustab weist mindestens eine, bevorzugt mehrere Ausnehmungen auf, die zumindest in der Oberseite des Holzbaustabs gebildet sind und die durch eine Mehrzahl von Kontaktflächen definiert sind, an denen der Holzbaustab mit einem weiteren Holzbaustab in Kontakt bringbar ist. Bevorzugt verläuft wie bei der traditionellen Kreuzblatt-Verbindung eine der Kontaktflächen, nämlich eine Hauptkontaktfläche, im Wesentlichen parallel zur Oberseite. Ebenfalls wie bei der traditionellen Kreuzblatt-Verbindung erstrecken sich mindestens zwei, bevorzugt genau zwei Längskontaktflächen von der Hauptkontaktfläche zur Oberseite.

[0007] Erfindungsgemäss haben die Kontaktflächen die Eigenschaften, dass

- mindestens eine, bevorzugt beide Längskontaktflächen geneigt zur Oberseite verlaufen,
- mindestens zwei, bevorzugt genau zwei Querkontaktflächen vorhanden sind, welche sich von der Hauptkontaktfläche zur Unterseite erstrecken und von denen mindestens eine, bevorzugt beide geneigt zur Oberseite und zu den Längskontaktflächen verlaufen.

[0008] Optional kann/können zudem mindestens eine, bevorzugt mindestens vier, weiter bevorzugt genau vier Zwischenflächen vorhanden sein, welche bevorzugt geneigt zur Oberseite und/oder zu den Längskontaktflächen und/oder zu den Querkontaktflächen verlaufen. Diese Zwischenflächen können als Zwischenkontaktflächen ausgebildet sein, sodass der Holzbaustab auch an diesen Zwischenkontaktflächen mit einem weiteren Holzbaustab in Kontakt bringbar ist.

[0009] Dass eine erste Fläche geneigt zu einer zweiten Fläche verläuft, bedeutet im Sinne der vorliegenden Erfindung, dass eine äussere Flächensenkrechte der ersten Fläche mit einer äusseren Flächensenkrechten der zweiten Fläche einen Winkel bildet, der von 0° und 90° verschieden ist. Insbesondere verläuft im Sinne der Erfindung eine Kontaktfläche geneigt zur Oberseite, wenn eine äussere Flächensenkrechte der Kontaktfläche mit einer äusseren Flächensenkrechten der Oberseite einen Winkel bildet, der von 0° und 90° verschieden ist. Falls der Holzbaustab zumindest teilweise gekrümmt und/oder tordiert ist und seine Oberseite daher nicht eben ist, so wird für diese Definition eine äussere Flächensenkrechte in unmittelbarer Nähe der jeweiligen Ausnehmung herangezogen.

[0010] Wie sich aus den unten im Detail dargestellten Ausführungsbeispielen ergibt, erlauben es die Neigungen der Längskontaktflächen, der Querkontaktflächen und gegebenenfalls der Zwischenflächen (insbesondere der Zwischenkontaktflächen), dass zwei Holzbaustäbe nicht nur in einer einzigen Fügerichtung zusammengefügt werden können (die bei der traditionellen Kreuzblatt-Verbindung mit der äusseren Flächensenkrechten der Oberseite übereinstimmt), sondern dass auch davon abweichende Fügerichtungen möglich sind – insbesondere solche, die in einem bestimmten Winkelbereich

um diese äussere Flächensenkrechte herum angeordnet sind. Die Gesamtheit aller möglichen Fügerichtungen wird hier und im Folgenden als Fügewinkelbereich bezeichnet.

[0011] Der Fügewinkelbereich kann die Form eines imaginären Fügekonus aufweisen, dessen Achse beispielsweise mit der äusseren Flächensenkrechten der Oberseite übereinstimmt und der die Eigenschaft aufweist, dass ein Fügen entlang jeder innerhalb dieses Fügekonus liegenden Fügerichtung möglich ist.

[0012] Natürlich muss die Gesamtheit aller möglichen Fügerichtungen nicht zwingend einen Fügekonus bilden. Es liegt nämlich ebenso im Rahmen der Erfindung, dass der Fügewinkelbereich asymmetrisch um die äussere Flächensenkrechte der Oberseite angeordnet ist. Ein derartiger asymmetrischer Fügewinkelbereich kann beispielsweise vorgesehen werden, um die Kraftübertragung in jedem Verbindungsbereich gemäss einer lokalen Fügerichtung optimieren zu können. Im Falle asymmetrischer Fügewinkelbereiche ist es möglich und teilweise sogar erforderlich, dass die Ausnehmung genau eine, genau zwei oder genau drei Zwischenflächen, insbesondere Zwischenkontaktflächen, enthält.

[0013] Um die Herstellung des Holzbaustabs möglichst zu vereinfachen, ist es bevorzugt, wenn die Hauptkontaktfläche an jeweils einer Kante direkt an eine der Längskontaktflächen angrenzt und/oder die Hauptkontaktfläche an jeweils einer Kante direkt an eine der Querkontaktflächen angrenzt und/oder die Längskontaktflächen an jeweils einer Kante direkt an eine der Zwischenflächen (insbesondere eine der Zwischenkontaktflächen) angrenzen und/oder an jeweils einer Kante direkt an die Oberseite angrenzen und/oder die Zwischenflächen (insbesondere eine der Zwischenkontaktflächen) jeweils an einer Kante direkt an eine der Querseiten angrenzen und/oder an jeweils einer Kante direkt an die Oberseite angrenzen und/oder an jeweils einer Kante direkt an eine der Querkontaktflächen angrenzen.

[0014] Bevorzugt erstreckt/en sich mindestens eine, bevorzugt beide Längskontaktflächen und/oder mindestens eine, bevorzugt beide Querkontaktflächen unter einem Winkel zur Oberseite, der mindestens 60° und kleiner als 90° ist und bevorzugt im Bereich von 75° bis 85° liegt. Als Winkel zwischen zwei Flächen wird hier und im Folgenden der Winkel verstanden, der zwischen den äusseren Flächensenkrechten dieser Flächen vorliegt. Die genannten Winkelbereiche sind beispielsweise dann vorteilhaft, wenn der Holzbaustab eine wie unten definierte Höhe von 30 cm und eine wie unten definierte Breite von 20 cm aufweist.

[0015] Je kleiner der genannte Winkel zwischen Längskontaktflächen bzw. Querkontaktflächen und Oberseite ist, desto grösser ist der Fügewinkelbereich, innerhalb dessen zwei Holzbaustäbe zusammengefügt werden, also insbesondere der Öffnungswinkel eines Fügekonus. Zu kleine Winkel zwischen den Längskontaktflächen und der Oberseite sind jedoch zu vermeiden, da hierdurch die Ausnehmung derart gross oder die Hauptkontaktfläche derart klein würde, dass eine stabile, kraftschlüssige Verbindung der Holzbaustäbe nicht mehr gewährleistet werden könnte. Zu kleine Winkel zwischen den Querkontaktflächen und der Oberseite würden ebenfalls zu unvorteilhaft kleinen Hauptkontaktflächen führen.

[0016] Insbesondere wenn die Achse des Fügekonus mit der äusseren Flächensenkrechten der Oberseite übereinstimmt, hängt der Winkel β zwischen Längskontaktflächen bzw. Querkontaktflächen und Oberseite mit dem Öffnungswinkel α des Fügekonus über die Beziehung $\alpha/2 = 90^\circ - \beta$ zusammen. In diesen Fällen ist es vorteilhaft, wenn der Öffnungswinkel mindestens 60° und kleiner als 90° ist und bevorzugt im Bereich von 75° bis 85° liegt.

[0017] In einigen Fällen erstrecken sich beide Längskontaktflächen und beide Querkontaktflächen unter dem gleichen Winkel zur Oberseite. Allerdings umfasst die Erfindung auch Ausführungsformen, bei denen sich die Längskontaktflächen und Querkontaktflächen ein und derselben Ausnehmung unter paarweise verschiedenen Winkeln zur Oberseite erstrecken. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn zwei Holzbaustäbe mit verschiedenen Ausnehmungen miteinander formschlüssig zusammengefügt werden sollen.

[0018] Zudem ist es vorteilhaft, wenn sich mindestens eine, bevorzugt alle Zwischenflächen, insbesondere Zwischenkontaktflächen, unter einem Winkel zur Oberseite erstrecken, der mindestens 60° und kleiner als 90° ist und bevorzugt im Bereich von 75° bis 85° liegt. Die genannten Winkelbereiche sind beispielsweise dann vorteilhaft, wenn der Holzbaustab eine wie unten definierte Höhe von 30 cm und eine wie unten definierte Breite von 20 cm aufweist. Insbesondere wenn die Achse eines Fügekonus mit der äusseren Flächensenkrechten der Oberseite übereinstimmt, hängt der Winkel γ zwischen Zwischenflächen und Oberseite mit dem Öffnungswinkel α des Fügekonus über die Beziehung $\gamma = 90^\circ - \alpha/2$ zusammen.

[0019] Eine besonders einfache Bauweise ergibt sich, wenn der Holzbaustab eine im Wesentlichen viereckige, insbesondere rechteckige Querschnittsfläche aufweist, welche von der Oberseite, der Unterseite und den beiden Querseiten begrenzt wird. Eine solche viereckige Querschnittsfläche ist auch dann bevorzugt, wenn der Holzbaustab zumindest teilweise gekrümmt und/oder tordiert ist. Der Holzbaustab kann beispielsweise eine zwischen der Oberseite und der Unterseite gebildete Höhe im Bereich von 8 cm bis 200 cm, bevorzugt von 16 cm bis 160 cm, besonders bevorzugt von 24 cm bis 92 cm, aufweisen. Zwischen den beiden Querseiten kann der Holzbaustab eine Breite aufweisen, die im Bereich von 8 cm bis 72 cm, bevorzugt von 16 cm bis 60 cm, besonders bevorzugt von 16 cm bis 48 cm, liegt.

[0020] Weiterhin können eine einfache Herstellung, eine einfache Fügung und auch eine stabile, kraftschlüssige Verbindung zweier Holzbaustäbe dadurch erreicht werden, wenn die Hauptkontaktfläche und/oder die Längskontaktfläche(n) und/oder die Querkontaktfläche(n) und/oder die Zwischenfläche(n), insbesondere die Zwischenkontaktfläche(n), eben ausgebildet sind.

[0021] Allgemein ergibt sich die Form der Hauptkontaktfläche aus ihrer Lage zwischen der Oberseite und der Unterseite, aus den Winkeln zwischen den Kontaktflächen und der Oberseite, aus den Querschnitten der zu verbindenden Holzbau-

stäbe sowie aus dem gewünschten Kreuzungswinkel zwischen den zu verbindenden Holzbaustäben. Insbesondere wenn die beiden Holzbaustäbe nicht gekrümmt oder tordiert sind, können die Hauptkontaktflächen im Wesentlichen rautenförmig, insbesondere quadratisch, ausgebildet sein. Hierdurch können zwei solcher Holzbaustäbe mit identischen rautenförmigen Hauptkontaktflächen derart zusammengefügt werden, dass die Hauptkontaktflächen beider Holzbaustäbe flächengleich aufeinanderliegen. Dabei sind quadratische Hauptkontaktflächen bevorzugt, wenn die beiden Holzbaustäbe derart verbunden werden sollen, dass die Längsrichtungen im Verbindungsbereich einen rechten Winkel bilden. In den meisten Fällen ist die Hauptkontaktfläche jedoch nicht rautenförmig.

[0022] Damit ein Holzbaustab (ein «erster Holzbaustab») und ein zweiter Holzbaustab mit mindestens einer Ausnehmung formschlüssig verbunden werden können, ist es weiterhin von Vorteil, wenn der erste Holzbaustab und der zweite Holzbaustab derart zusammenfügbar sind, dass in einer Endposition

- die Hauptkontaktfläche des ersten Holzbaustabs zumindest teilweise in flächigem Kontakt mit der Hauptkontaktfläche des zweiten Holzbaustabs ist,
- die Längskontaktflächen des ersten Holzbaustabs zumindest teilweise in flächigem Kontakt mit den Querkontaktflächen des zweiten Holzbaustabs sind und
- die Querkontaktflächen des ersten Holzbaustabs zumindest teilweise in flächigem Kontakt mit den Längskontaktflächen des zweiten Holzbaustabs sind.

[0023] Optional können Zwischenkontaktflächen des ersten Holzbaustabs zumindest teilweise in flächigem Kontakt mit Zwischenkontaktflächen des zweiten Holzbaustabs sein.

[0024] Auf diese Weise ergibt sich eine formschlüssige Verbindung. Für eine solche formschlüssige Verbindung ist es erforderlich, dass die Dimensionen und Winkel der Kontaktflächen beider Holzbaustäbe aufeinander abgestimmt sind.

[0025] Die Formulierung «zumindest teilweise in flächigem Kontakt» umfasst dabei auch Ausführungsformen, bei denen beispielsweise nur ein Teil einer Zwischenkontaktfläche des ersten Holzbaustabs in Kontakt mit einer der Zwischenkontaktflächen des zweiten Holzbaustabs ist und/oder nur ein Teil der Zwischenkontaktflächen des zweiten Holzbaustabs mit der Zwischenkontaktfläche des ersten Holzbaustabs ist.

[0026] Ein weiterer Vorteil resultiert, wenn die Kontaktflächen derart ausgebildet und angeordnet sind, dass der Holzbaustab (der «erste Holzbaustab») mit einem zweiten Holzbaustab mit mindestens einer Ausnehmung derart zusammenfügbar ist, dass in einer Endposition die Oberseite des Holzbaustabs zumindest im Verbindungsbereich mit der Unterseite des zweiten Holzbaustabs zumindest weitgehend bündig verläuft und/oder die Unterseite des ersten Holzbaustabs zumindest im Verbindungsbereich mit der Oberseite des zweiten Holzbaustabs zumindest weitgehend bündig verläuft. Dies erlaubt eine geringe Bauhöhe, so wie sie auch bei der traditionellen Kreuzblatt-Verbindung vorliegt.

[0027] Eine zumindest weitgehende Bündigkeit liegt im Sinne der Erfindung auch dann vor, wenn aufgrund von dreidimensionalen Krümmungen der Oberseiten und/oder der Unterseiten die Kanten zwischen den Längskontaktflächen und der Oberseite eines ersten Holzbaustabs nicht vollständig an der Unterseite eines zweiten Holzbaustabs anliegen.

[0028] Um eine zumindest weitgehende Bündigkeit zu erreichen, kann die Hauptkontaktfläche in Bezug auf die Unterseite des Holzbaustabs eine Höhe aufweisen, die zwischen $\frac{1}{5}$ und $\frac{4}{5}$ und bevorzugt zwischen $\frac{1}{3}$ und $\frac{2}{3}$ liegt und besonders bevorzugt $\frac{1}{2}$ ist.

[0029] Die Vorteile der Erfindung kommen besonders dann zum Tragen, wenn der Holzbaustab zumindest teilweise gekrümmt und/oder tordiert ist und mindestens eine erste Ausnehmung in einem ersten Verbindungsbereich des Holzbaustabs sowie eine zweite Ausnehmung in einem zweiten Verbindungsbereich des Holzbaustabs aufweist, wobei die Oberseite im ersten Verbindungsbereich geneigt zur Oberseite im zweiten Verbindungsbereich verläuft. Denn auch dann ist (im Gegensatz zur traditionellen Kreuzblatt-Verbindung) ein gleichzeitiges Fügen des zumindest teilweise gekrümmten und/oder tordierten Holzbaustabs mit mehreren weiteren Holzbaustäben entlang einer gemeinsamen Fügerichtung möglich.

[0030] Falls der Holzbaustab gekrümmt und/oder tordiert ist, so sind in vielen Fällen die äusseren Flächensenkrechten der Oberseite in den Verbindungsbereichen nicht parallel zueinander. Jede der Ausnehmungen definiert dann einen eigenen Fügewinkelbereich, insbesondere einen eigenen Fügekonus, wobei die Achsen der Fügekonusse nicht parallel zueinander sind. Durch entsprechende Ausbildung der Ausnehmungen, insbesondere der Kontaktflächen, sollten dann die Fügewinkelbereiche, insbesondere die Öffnungswinkel der Fügekonusse, so eingestellt werden, dass sie eine gemeinsame Fügerichtung enthalten. Hierzu kann beispielsweise für alle Ausnehmungen ein gemeinsamer Öffnungswinkel gewählt werden, welcher so gross ist, dass zwischen allen äusseren Flächensenkrechten der Oberseite in den Verbindungsbereichen ein Winkel gebildet ist, der höchstens gleich dem Öffnungswinkel des Fügekonus ist.

[0031] Die Ausnehmung des Holzbaustabs (des «ersten Holzbaustabs») kann so ausgebildet sein, dass eine Verbindung mit einem zweiten Holzbaustab unter einem vorgegebenen Kreuzungswinkel möglich ist. Als Kreuzungswinkel zwischen dem ersten Holzbaustab und dem zweiten Holzbaustab wird der Winkel angesehen, der im Verbindungsbereich zwischen den Längsrichtungen der beiden Holzbaustäbe gebildet ist. Diese Längsrichtungen erstrecken sich entlang den jeweiligen Ober-, Unter- und Querseiten. Der genannte vorgegebene Kreuzungswinkel kann im Bereich von 15° bis 165° , bevorzugt von 45° bis 135° und besonders bevorzugt von 60° bis 120° , liegen. Insbesondere sind also Kreuzungswinkel möglich, die von 90° um mindestens 5° , insbesondere mindestens 10° , abweichen. Die genannten Winkelbereiche sind beispielsweise dann vorteilhaft, wenn der Holzbaustab eine wie oben definierte Höhe von 30 cm und eine wie oben definierte Breite von

20 cm aufweist. Um einen von 90° verschiedenen Kreuzungswinkel zu erreichen, kann die Gesamtheit der Kontaktflächen, die eine Ausnehmung definieren, um die lokale äussere Flächensenkrechte der Oberseite gedreht sein.

[0032] Vorstehend wurden bevorzugte Angaben zu Formen und Dimensionen des Holzbaustabs und zu Formen, Dimensionen und Anordnungen der Hauptkontaktfläche, der Längskontaktflächen, der Querkontaktflächen und gegebenenfalls der Zwischenflächen offenbart. Wie bereits erläutert wurde, versteht es sich für den Fachmann, dass diese Formen, Dimensionen und Anordnungen voneinander abhängen und an die jeweiligen konstruktiven Anforderungen anzupassen sind. Zwei Holzbaustäbe mit gleichen Breiten, aber verschieden breiten Hauptoberflächen weisen beispielsweise verschiedene Winkel zwischen Querkontaktflächen und Oberseite auf. Weiterhin bedingen verschiedene vorgegebene Kreuzungswinkel verschiedene Anordnungen der Haupt-, Längs-, Quer- und gegebenenfalls Zwischenflächen.

[0033] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen eines wie oben beschriebenen Holzbaustabs. Dieses Verfahren enthält einen Schritt, in dem in einem bestehenden Holzbaustab mindestens eine, bevorzugt mehrere Ausnehmungen derart vorgesehen werden, dass ein wie oben beschriebener Holzbaustab entsteht. Diese Ausnehmung soll also zumindest in einer Oberseite des Holzbaustabs gebildet und durch eine Mehrzahl von Kontaktflächen definiert sein, wobei

- mindestens eine, bevorzugt beide Längskontaktflächen geneigt zur Oberseite verlaufen,
- mindestens zwei, bevorzugt genau zwei Querkontaktflächen vorhanden sind, welche sich von der Hauptkontaktfläche zur Unterseite erstrecken und von denen mindestens eine, bevorzugt beide, geneigt zur Oberseite und zu den Längskontaktflächen verlaufen.

[0034] Optional kann/können mindestens eine, bevorzugt mindestens vier, weiter bevorzugt genau vier Zwischenflächen, insbesondere Zwischenkontaktflächen, vorhanden sein, welche geneigt zur Oberseite und/oder zu den Längskontaktflächen und/oder zu den Querkontaktflächen verlaufen.

[0035] Das Vorsehen solcher Ausnehmungen ist beispielsweise mit an sich bekannten digital gesteuerten, voll automatisierten Abbundanlagen möglich, die im Stande sind, komplexe Schnittgeometrien für formschlüssige Holzverbindungen mit grosser Präzision und vertretbarem Aufwand zu schneiden, bohren oder fräsen.

[0036] In dem Verfahren zum Herstellen können die Ausnehmungen derart vorgesehen werden, dass die jeweiligen Fügungsbereiche, insbesondere Fügekonusse, eine gemeinsame, vorgegebene Fügerichtung enthalten, in der der Holzbaustab mit einem oder mehreren weiteren Holzbaustäben zusammengefügt werden soll. Zu diesem Zweck kann der Fachmann in Kenntnis der vorliegenden Erfindung die Formen, Dimensionen und Anordnungen der Hauptkontaktflächen, der Längskontaktflächen, der Querkontaktflächen und gegebenenfalls der Zwischenflächen derart auswählen, dass dieses Erfordernis erfüllt wird.

[0037] Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Verfahren zum Verbinden mindestens eines wie oben beschriebenen Holzbaustabs (eines «ersten Holzbaustabs») mit mindestens einem zweiten wie oben beschriebenen Holzbaustab. Dieses Verfahren enthält einen Schritt, in dem der erste Holzbaustab derart in einer gemeinsamen Fügerichtung mit dem zweiten Holzbaustab zusammengefügt wird, dass

- die Hauptkontaktfläche des ersten Holzbaustabs zumindest teilweise in flächigem Kontakt mit der Hauptkontaktfläche des zweiten Holzbaustabs ist,
- die Längskontaktflächen des ersten Holzbaustabs zumindest teilweise in flächigem Kontakt mit den Querkontaktflächen des zweiten Holzbaustabs sind,
- die Querkontaktflächen des ersten Holzbaustabs zumindest teilweise in flächigem Kontakt mit den Längskontaktflächen des zweiten Holzbaustabs sind.

[0038] Optional können Zwischenkontaktflächen des ersten Holzbaustabs zumindest teilweise in flächigem Kontakt mit Zwischenkontaktflächen des zweiten Holzbaustabs sein.

[0039] Wie oben bereits erläutert wurde, erlaubt dies eine formschlüssige Verbindung in der Endposition. Die erste Holzbaustab und der zweite Holzbaustab müssen für dieses Verfahren nicht identisch sein. Es ist jedoch vorteilhaft, wenn die Hauptkontaktflächen der beiden Holzbaustäbe zueinander identisch sind und/oder die Längskontaktflächen des ersten Holzbaustabs zu den Querkontaktflächen des zweiten Holzbaustabs identisch sind und/oder die Querkontaktflächen des ersten Holzbaustabs zu den Längskontaktflächen des zweiten Holzbaustabs identisch sind.

[0040] Wie ebenfalls bereits ausgeführt wurde, erlauben es die erfindungsgemässen Holzbaustäbe, dass mindestens ein erster solcher Holzbaustab mit mindestens zwei zweiten solchen Holzbaustäben gleichzeitig in einer gemeinsamen Fügerichtung verbunden werden kann, wobei die zweiten Holzbaustäbe nicht relativ zueinander bewegt werden müssen, selbst wenn der erste Holzbaustab zumindest teilweise gekrümmt und/oder tordiert ist, wobei in der Endposition trotzdem ein Formschluss vorliegt.

[0041] Schliesslich betrifft die Erfindung auch noch eine Holzkonstruktion, welche mindestens zwei miteinander verbundene Holzbaustäbe enthält. Insbesondere können die Holzbaustäbe mit einem wie oben beschriebenen Verfahren verbunden worden sein.

[0042] Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen und Zeichnungen detailliert beschrieben. Dabei zeigen

- Fig. 1: eine traditionelle Kreuzblatt-Verbindung zweier nicht erfindungsgemässer Holzbaustäbe;
 Fig. 2a–d: vier Ansichten eines erfindungsgemässen Holzbaustabs;
 Fig. 3a–f: vier Ansichten einer Verbindung zweier erfindungsgemässer Holzbaustäbe;
 Fig. 4a–d: eine erfindungsgemässe Holzkonstruktion;
 Fig. 5: eine weitere Verbindung zweier erfindungsgemässer Holzbaustäbe.

[0043] In Fig. 1 sind zwei nicht erfindungsgemässe Holzbaustäbe 1, 1' dargestellt, mit denen eine traditionelle Kreuzblatt-Verbindung hergestellt werden kann. Beide Holzbaustäbe 1, 1' enthalten jeweils eine Oberseite 12, 12', eine dieser gegenüberliegende Unterseite 14, 14' sowie zwei dazwischen angeordnete und einander gegenüberliegende Querseiten 16, 16'. In jeder der Oberseiten 12, 12' ist eine Ausnehmung 18, 18' gebildet, die jeweils von zwei Hauptkontaktflächen 20, 20' und zwei Längskontaktflächen 22, 22' definiert ist. Die beiden Holzbauteile 1, 1' können zusammengefügt werden, sodass zwischen ihnen eine form- und kraftschlüssige Verbindung entsteht. Ein solches Fügen ist allerdings ausschliesslich entlang der eingezeichneten Fügerichtung F möglich, die parallel zu den äusseren Flächensenkrechten S, S' der Oberseiten 12, 12' verlaufen. Dies schränkt den Anwendungsbereich der traditionellen Kreuzblatt-Verbindung erheblich ein.

[0044] Ein erfindungsgemässer Holzbaustab 10, von dem in den Fig. 2a bis 2d Ausschnitte gezeigt sind, enthält ebenfalls eine Oberseite 12, eine der Oberseite 12 gegenüberliegende Unterseite 14 sowie zwei dazwischen angeordnete und einander gegenüberliegende Querseiten 16. In der perspektivischen Ansicht gemäss Fig. 2a ist eine Ausnehmung 18 erkennbar, die zumindest in der Oberseite 12 des Holzbaustabs 10 gebildet und durch eine Mehrzahl von Kontaktflächen definiert wird, nämlich eine Hauptkontaktfläche 20, die parallel zur Oberseite 12 verläuft, zwei Längskontaktflächen 22, die geneigt zur Oberseite 12 verlaufen, zwei Querkontaktflächen 24, welche sich von der Hauptkontaktfläche 20 zur Unterseite 14 erstrecken und geneigt zur Oberseite 12 und zu den Längskontaktflächen 22 verlaufen sowie vier Zwischenkontaktflächen 26, welche geneigt zur Oberseite 12, zu den Längskontaktflächen 22 und zu den Querkontaktflächen 24 verlaufen. Zwischen einer äusseren Flächensenkrechten W der Zwischenkontaktflächen 26 und einer äusseren Flächensenkrechten S der Oberseite 12 ist ein Winkel $\gamma = 75^\circ$ gebildet.

[0045] Die Hauptkontaktfläche 20 grenzt an jeweils einer Kante 30 direkt an eine der Längskontaktflächen 22 an. An jeweils einer Kante 32 grenzt die Hauptkontaktfläche 20 direkt an eine der Querkontaktflächen 24 an. Die Längskontaktflächen 22 grenzen an jeweils einer Kante 34 direkt an eine der Zwischenkontaktflächen 26 an und grenzen an jeweils einer Kante 42 direkt an die Oberseite 12 an. Weiterhin grenzt jede der Zwischenkontaktflächen 26 an jeweils einer Kante 36 direkt an eine Querseite 16 an, an jeweils einer Kante 38 direkt an die Oberseite 12 an und an jeweils einer Kante 40 direkt an eine der Querkontaktflächen 24 an.

[0046] In Fig. 2b ist eine Seitenansicht des Holzbaustabs 10 dargestellt. Zwischen der Oberseite 12 und der Unterseite 14 weist der Holzbaustab 10 eine Höhe H von 40 cm auf. Die Hauptkontaktfläche 20 ist in diesem Ausführungsbeispiel mittig zwischen der Oberseite 12 und der Unterseite 14 angeordnet; die Höhe h der Hauptkontaktfläche 20 in Bezug auf die Unterseite 14 ist also $h = H/2 = 20$ cm. Natürlich ist es abweichend davon auch denkbar, dass die Hauptkontaktfläche 20 nicht mittig zwischen der Oberseite 12 und der Unterseite 14 angeordnet ist, wenn die Hauptkontaktfläche eines hier nicht dargestellten zweiten Holzbaustabs, der mit dem Holzbaustab 10 verbunden werden soll, entsprechend ebenfalls nicht mittig zwischen der Oberseite und der Unterseite angeordnet ist.

[0047] Zwischen der äusseren Flächensenkrechten S der Oberseite 12 und einer äusseren Flächensenkrechten T der Längskontaktflächen 22 ist ein Winkel $\beta = 75^\circ$ gebildet. Die Längskontaktflächen 22 verlaufen also geneigt zur Oberseite 12. Entlang der Längsrichtung L des Holzbaustabs 10 hat die Hauptkontaktfläche 20 eine Länge 1. Diese Länge 1 ergibt sich aus der Breite B des Holzbaustabs 10, den Winkeln β , der Lage der Hauptkontaktfläche 20 zwischen Oberseite 12 und Unterseite 14 sowie dem vorgesehenen Kreuzungswinkel zwischen dem Holzbaustab 10 und einem damit zu verbindenden, hier nicht dargestellten zweiten Holzbaustab.

[0048] Wie sich aus der Draufsicht gemäss Fig. 2c ergibt, hat der Holzbaustab 10 eine Breite B von 40 cm. Im hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Breite b der Hauptkontaktfläche 20 in dieser Richtung identisch zur Länge 1, sodass die Hauptkontaktfläche 20 quadratisch ist. Abweichend davon liegt es natürlich ebenso im Rahmen der Erfindung, dass die Hauptkontaktfläche 20 nicht quadratisch ist. Allgemein ergibt sich die Form der Hauptkontaktfläche 20 aus ihrer Lage zwischen der Oberseite 12 und der Unterseite 14, aus den Querschnitten der zu verbindenden Holzbaustäbe, den Kreuzungswinkeln zwischen den zu verbindenden Holzbaustäben sowie den Winkeln β und γ .

[0049] Fig. 2d zeigt eine Schnittansicht in Richtung A–A in den Fig. 2b und 2c. Wie aus Fig. 2d ersichtlich ist, ist auch zwischen der äusseren Flächensenkrechten S der Oberseite 12 und der äusseren Flächensenkrechten U der Querkontaktfläche 24 in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel der gleiche Winkel $\beta = 75^\circ$ gebildet. Abweichend davon können sich die Längskontaktflächen und Querkontaktflächen ein und derselben Ausnehmung auch unter paarweise verschiedenen Winkeln zur Oberseite erstrecken. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn zwei Holzbaustäbe mit verschiedenen Ausnehmungen miteinander formschlüssig zusammengefügt werden sollen.

[0050] Die Fig. 3a bis 3f zeigen, wie zwei erfindungsgemässe Holzbaustäbe 10, 10' zusammengefügt werden können. In Fig. 3a sind die beiden Holzbaustäbe 10, 10' noch nicht in Kontakt miteinander. Durch Zusammenfügen entlang einer Fügerichtung F, die hier parallel zu den äusseren Flächensenkrechten S der Oberseite 12 des ersten Holzbaustabs 10 und auch parallel zur äusseren Flächensenkrechten S' der Oberseite 12' des zweiten Holzbaustabs 10' verläuft, können die beiden Holzbaustäbe 10, 10' in die in Fig. 3b gezeigte Endposition bewegt werden. In dieser Endposition ist die Oberseite 12 des ersten Holzbauteils 10 mit der Unterseite 14' des zweiten Holzbauteils 10' bündig, und auch die Oberseite 12' des zweiten Holzbauteils 10' ist bündig mit der Unterseite 14 des ersten Holzbauteils 10.

[0051] Wie die transparente Ansicht gemäss Fig. 3c zeigt, sind in dieser Endposition die Hauptkontaktflächen 20, 20' in flächengleichem Kontakt miteinander, die Längskontaktflächen 22 des Holzbaustabs 10 sind in flächengleichem Kontakt mit den Querkontaktflächen 24' des zweiten Holzbaustabs 10, die Querkontaktflächen 24 des ersten Holzbaustabs 10 sind in flächengleichem Kontakt mit den Längskontaktflächen 22' des zweiten Holzbaustabs 10', und die Zwischenkontaktflächen 26 des Holzbaustabs 10 sind in teilweisem flächigem Kontakt mit den Zwischenkontaktflächen 26' des zweiten Holzbaustabs 10'. Auf diese Weise entsteht eine form- und kraftschlüssige Verbindung zwischen den Holzbaustäben 10, 10'.

[0052] Allerdings ist ein Fügen der beiden Holzbaustäbe 10, 10' nicht nur entlang der einzigen Fügerichtung F möglich. Denn aufgrund der Neigungen der Hauptkontaktflächen 20, 20', der Längskontaktflächen 22, 22', der Querkontaktflächen 24, 24' und der Zwischenkontaktflächen 26, 26' sind auch Fügerichtungen F' möglich, die im hier dargestellten Ausführungsbeispiel innerhalb eines Fügekonus K angeordnet sind, der um die äusseren Flächensenkrechten S bzw. S' herum gebildet ist. Zwischen dem Öffnungswinkel α dieses Fügekonus K und dem oben erläuterten Neigungswinkel β besteht die Beziehung $\alpha/2 = 90^\circ - \beta$, sodass also in diesem Beispiel $\alpha = 2 \cdot (90^\circ - 75^\circ) = 30^\circ$ ist. Dies wird auch nochmals verdeutlicht durch die Draufsicht in Fig. 3d und die beiden Schnittansichten in den Fig. 3e und 3f.

[0053] In den Fig. 3a bis 3f ist zwischen den Längsrichtungen L, L' der Holzbaustäbe 10, 10' ein Winkel $\delta = 90^\circ$ gebildet. Um einen von 90° verschiedenen Winkel zu erreichen, kann die Gesamtheit der Kontaktflächen 20, 22, 24, 26, 20', 22', 24', 26', die eine der beiden Ausnehmungen 18, 18' definieren, um den entsprechenden Winkel um die äussere Flächensenkrechte S der Oberseite 12, 12' gedreht sein.

[0054] Die Fig. 4a bis 4d zeigen eine Holzkonstruktion 50 mit einem ersten, gekrümmten Holzbaustab 10 und vier weiteren Holzbaustäben 10', die in jeweils einem Verbindungsbereich 28 mit dem ersten Holzbaustab 10 verbunden sind. Bei der Erstellung der Holzkonstruktion 50 waren die Holzbaustäbe 10' bereits fest installiert, und der erste Holzbaustab 10 musste anschliessend gleichzeitig mit allen vier Holzbaustäben 10' zusammengefügt werden. Aufgrund der Krümmung des ersten Holzbaustabs 10 sind auch die äusseren Flächensenkrechten S in den Verbindungsbereichen 28 jeweils paarweise nicht parallel zueinander. Eine traditionelle Kreuzblatt-Verbindung würde nur ein lokales Fügen in der durch die äussere Flächensenkrechte S definierten lokalen Fügerichtung ermöglichen.

[0055] Die erfindungsgemässen Holzbaustäbe 10, 10' erlauben jedoch Fügerichtungen F in einem gewissen Winkelbereich um die lokale äussere Flächensenkrechte S herum. Um die erforderlichen Winkel δ zwischen den lokalen Längsrichtungen L, L' zu erreichen, kann die Gesamtheit der Kontaktflächen, die die hier nicht erkennbaren Ausnehmungen definieren, um die lokale äussere Flächensenkrechte S gedreht sein. Es kann daher eine gemeinsame Fügerichtung F gewählt werden, in welcher der Holzbaustab 10 gleichzeitig mit allen weiteren Holzbaustäben 10' zusammengefügt werden kann. Trotzdem besteht in der Endposition zwischen dem ersten Holzbaustab 10 und jedem der weiteren Holzbaustäbe 10' eine form- und kraftschlüssige Verbindung.

[0056] In Fig. 5 ist nochmals in vergrösserter Ansicht eine Verbindung zweier gekrümmter und tordierter Holzbaustäbe 10, 10, dargestellt.

Patentansprüche

1. Holzbaustab (10; 10') mit einer Oberseite (12; 12') und einer der Oberseite (12; 12') gegenüberliegenden Unterseite (14; 14') sowie zwei dazwischen angeordneten und einander gegenüberliegenden Querseiten (16; 16'), wobei der Holzbaustab (10; 10') mindestens eine, bevorzugt mehrere Ausnehmungen (18; 18') aufweist, die zumindest in der Oberseite (12; 12') gebildet sind und die durch eine Mehrzahl von Kontaktflächen (20, 22, 24, 26; 20', 22', 24', 26') definiert sind, an denen der Holzbaustab (10) mit einem weiteren Holzbaustab (10') in Kontakt bringbar ist, wobei mindestens zwei, bevorzugt genau zwei Längskontaktflächen (22; 22') sich von einer Hauptkontaktfläche (20; 20') zur Oberseite (12; 12') erstrecken, dadurch gekennzeichnet, dass
 - mindestens eine, bevorzugt beide Längskontaktflächen (22; 22') geneigt zur Oberseite (12; 12') verlaufen,
 - mindestens zwei, bevorzugt genau zwei Querkontaktflächen (24) vorhanden sind, welche sich von der Hauptkontaktfläche (20; 20') zur Unterseite (14; 14') erstrecken und von denen mindestens eine, bevorzugt beide, geneigt zur Oberseite (12; 12') und zu den Längskontaktflächen (22) verlaufen,
 - der Holzbaustab (10; 10') eine viereckige, insbesondere rechteckige Querschnittsfläche aufweist, welche von der Oberseite (12; 12'), der Unterseite (14; 14') und den beiden Querseiten (16; 16') begrenzt wird.
2. Holzbaustab (10; 10') gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Hauptkontaktfläche (20; 20') im Wesentlichen parallel zur Oberseite (12; 12') verläuft.

3. Holzbaustab (10; 10') gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich mindestens eine, bevorzugt beide Längskontaktflächen (22; 22') und/oder mindestens eine, bevorzugt beide Querkontaktflächen (24; 24') unter einem Winkel β zur Oberseite (12; 12') erstrecken, der mindestens 60° und kleiner als 90° ist und bevorzugt im Bereich von 75° bis 85° liegt.
4. Holzbaustab (10; 10') gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktflächen (20, 22, 24, 26; 20', 22', 24', 26') derart ausgebildet und angeordnet sind, dass der Holzbaustab (10) und ein zweiter Holzbaustab (10') mit mindestens einer Ausnehmung (18') derart zusammenfügbar sind, dass in einer Endposition
 - die Hauptkontaktfläche (20) des Holzbaustabs (10) zumindest teilweise in flächigem Kontakt mit der Hauptkontaktfläche (20') des zweiten Holzbaustabs (10') ist,
 - die Längskontaktflächen (22) des Holzbaustabs (10) zumindest teilweise in flächigem Kontakt mit den Querkontaktflächen (24') des zweiten Holzbaustabs (10') sind und
 - die Querkontaktflächen (24) des Holzbaustabs (10) zumindest teilweise in flächigem Kontakt mit den Längskontaktflächen (22') des zweiten Holzbaustabs (10') sind.
5. Holzbaustab (10; 10') gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktflächen (20, 22, 24, 26; 20', 22', 24', 26') derart ausgebildet und angeordnet sind, dass der Holzbaustab (10) mit einem zweiten Holzbaustab (10') mit mindestens einer Ausnehmung (18') derart zusammenfügbar ist, dass in einer Endposition die Oberseite (12) des Holzbaustabs (10) zumindest in einem Verbindungsbereich (28) mit der Unterseite (14') des zweiten Holzbaustabs (10') zumindest weitgehend bündig verläuft und/oder die Unterseite (14) des Holzbaustabs (10) zumindest im Verbindungsbereich (28) mit der Oberseite (12') des zweiten Holzbaustabs (10') zumindest weitgehend bündig verläuft.
6. Holzbaustab (10; 10') gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Holzbaustab (10; 10') zumindest teilweise gekrümmt und/oder tordiert ist und mindestens eine erste Ausnehmung (18; 18') in einem ersten Verbindungsbereich (28) des Holzbaustabs (10) sowie eine zweite Ausnehmung (18; 18') in einem zweiten Verbindungsbereich (28) des Holzbaustabs (10; 10') aufweist, wobei die Oberseite (12; 12') im ersten Verbindungsbereich (28) geneigt zur Oberseite (12) im zweiten Verbindungsbereich (28) verläuft.
7. Verfahren zum Herstellen eines Holzbaustabs (10; 10') gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, enthaltend einen Schritt, in dem in einem bestehenden Holzbaustab mindestens eine, bevorzugt mehrere Ausnehmungen (18; 18') derart vorgesehen werden, dass ein Holzbaustab (10; 10') gemäss einem der vorangehenden Ansprüche entsteht.
8. Verfahren zum Verbinden mindestens eines ersten Holzbaustabs (10) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 6 mit mindestens einem zweiten Holzbaustab (10') gemäss einem der Ansprüche 1 bis 6, enthaltend einen Schritt, in dem der erste Holzbaustab (10) derart in einer gemeinsamen Fügerichtung (F) mit dem zweiten Holzbaustab (10') zusammengefügt wird, dass
 - die Hauptkontaktfläche (20) des ersten Holzbaustabs (10) zumindest teilweise in flächigem Kontakt mit der Hauptkontaktfläche (20') des zweiten Holzbaustabs (10') ist,
 - die Längskontaktflächen (22) des ersten Holzbaustabs (10) zumindest teilweise in flächigem Kontakt mit den Querkontaktflächen (24') des zweiten Holzbaustabs (10') sind und
 - die Querkontaktflächen (24) des ersten Holzbaustabs (10) zumindest teilweise in flächigem Kontakt mit den Längskontaktflächen (22') des zweiten Holzbaustabs (10') sind.
9. Verfahren gemäss Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein erster Holzbaustab (10) gemäss Anspruch 6 mit mindestens zwei zweiten Holzbaustäben (10') gemäss einem der Ansprüche 1 bis 6 gleichzeitig in einer gemeinsamen Fügerichtung (F) verbunden wird, wobei die zweiten Holzbaustäbe (10') nicht relativ zueinander bewegt werden.
10. Holzkonstruktion (50), enthaltend mindestens zwei miteinander verbundene Holzbaustäbe (10; 10') gemäss einem der Ansprüche 1 bis 6.

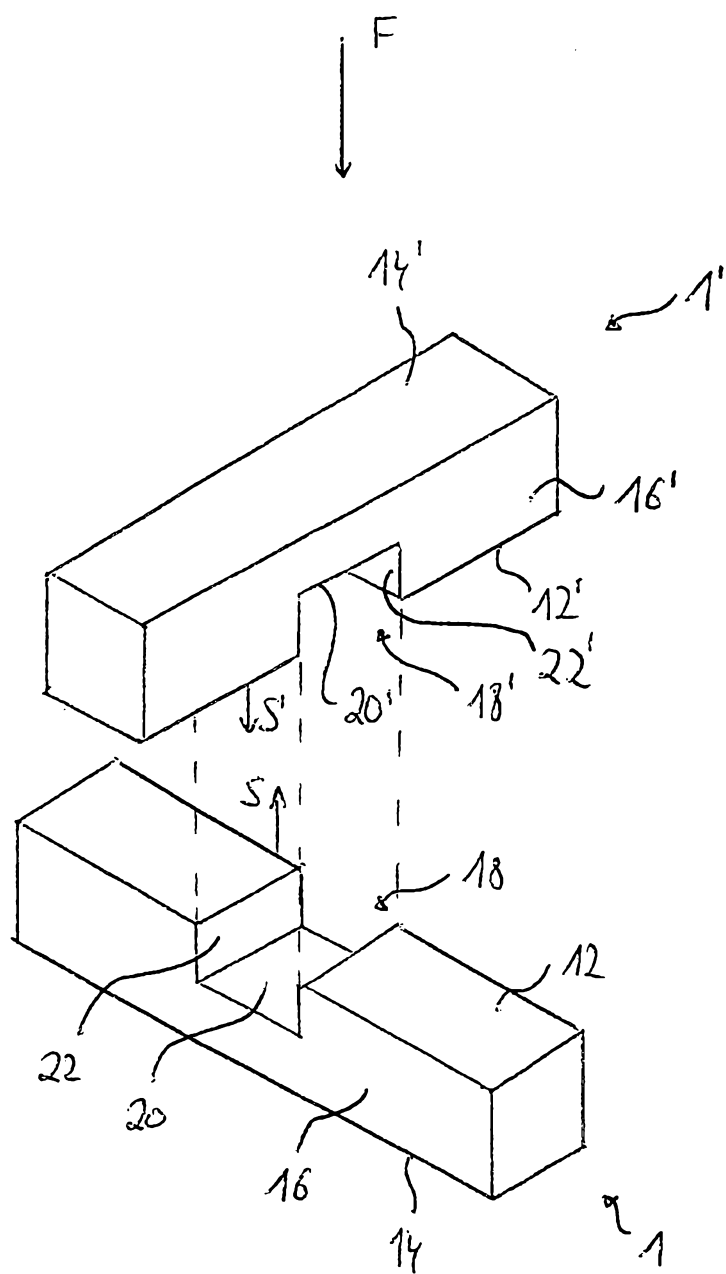


FIG. 1

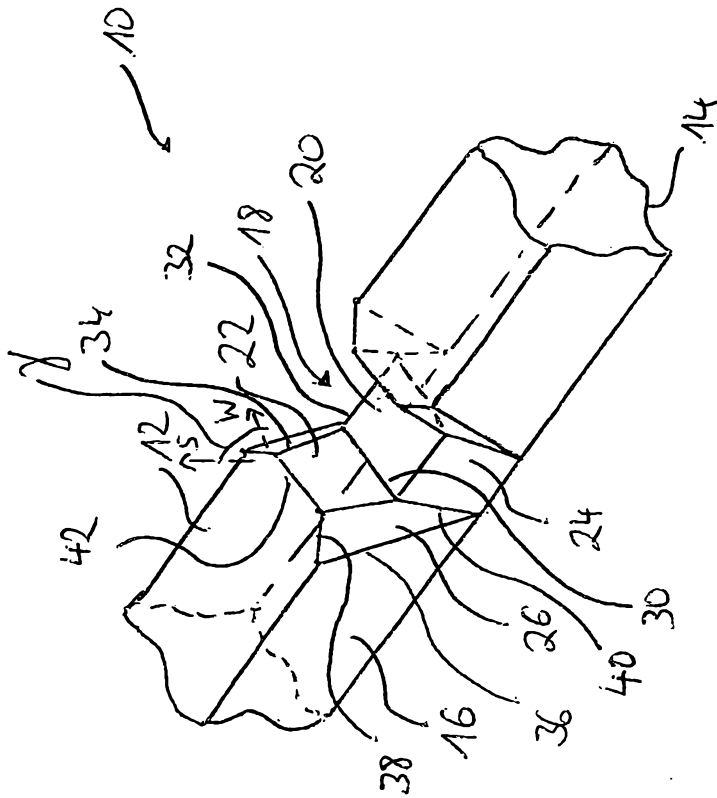
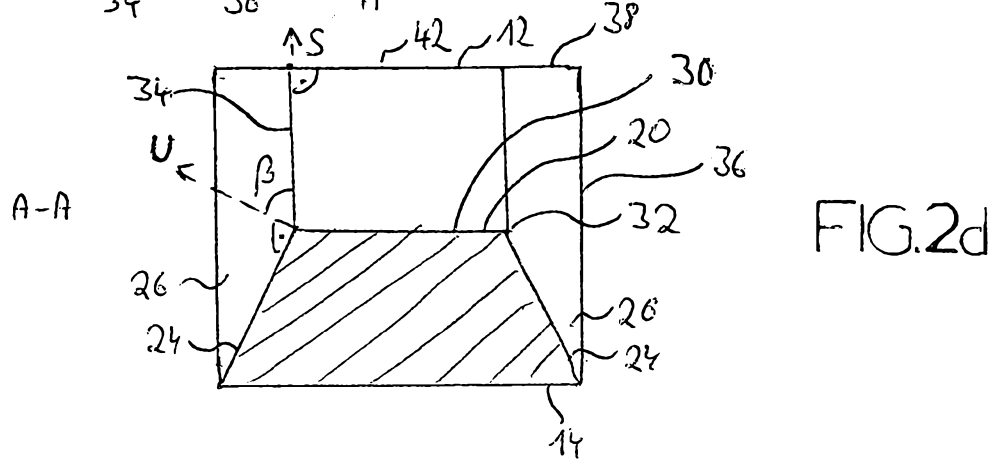
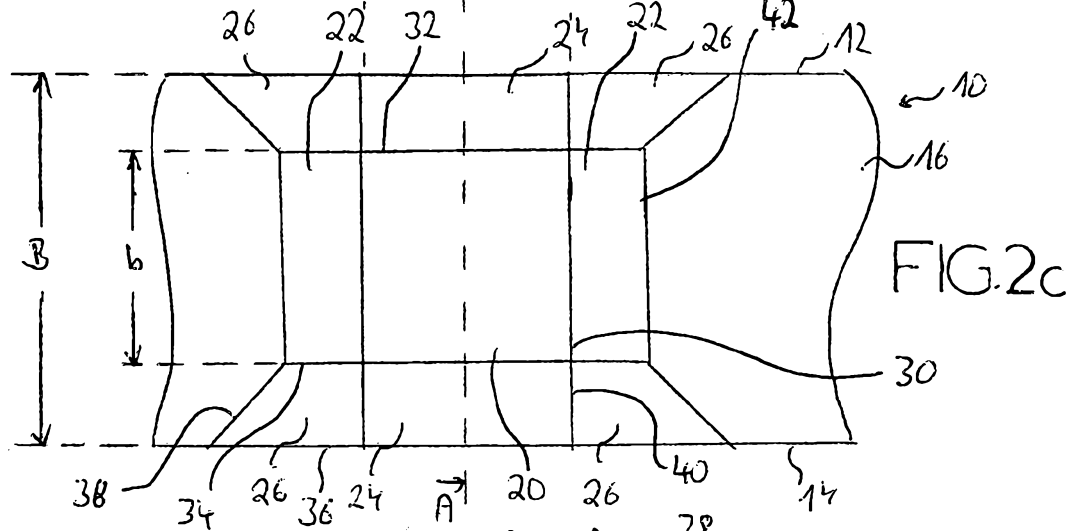
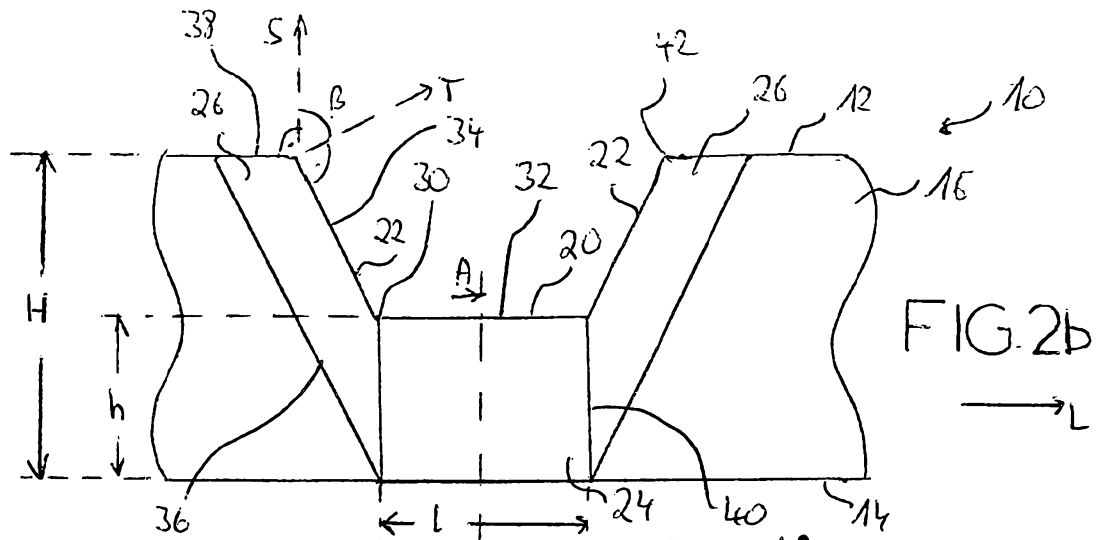


FIG. 2d



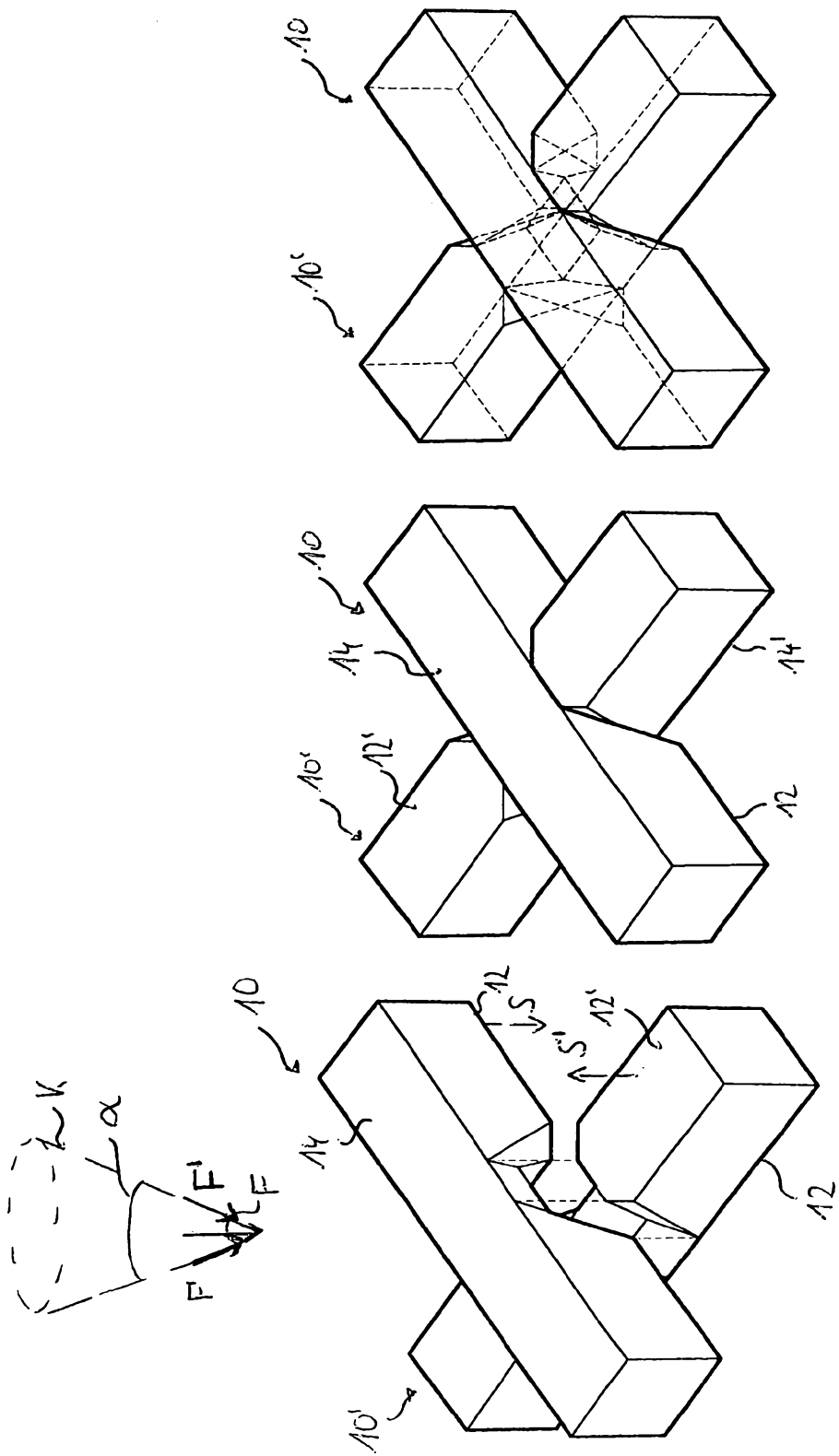
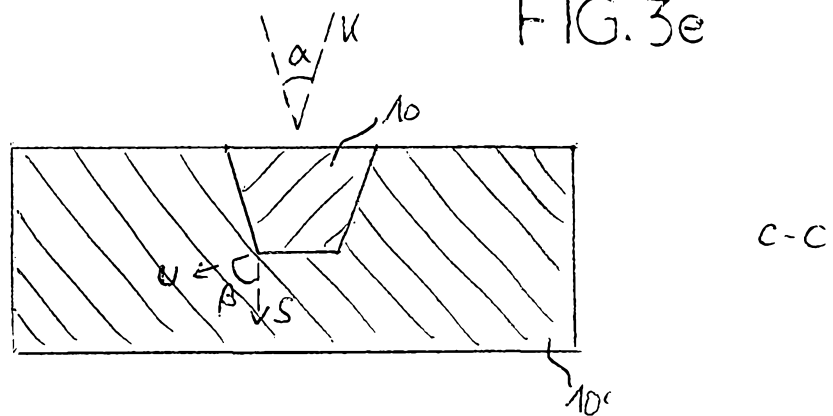
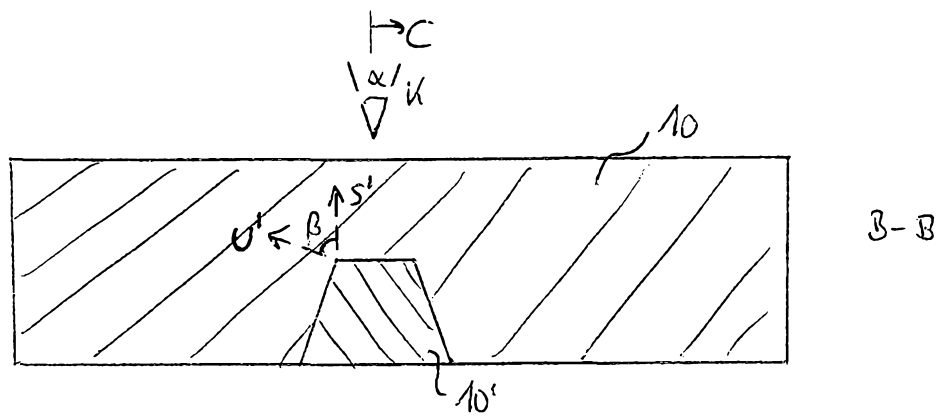
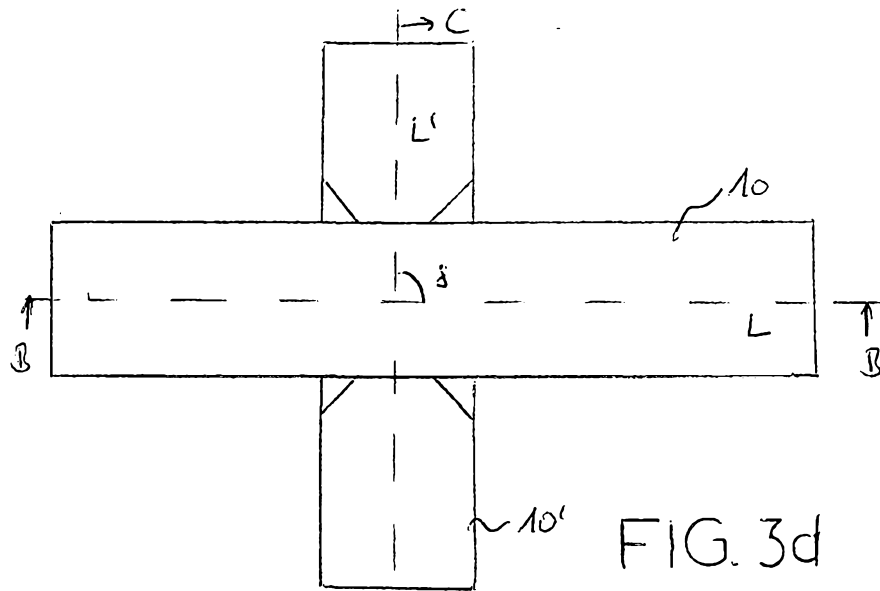


FIG. 3c

FIG. 3b

FIG. 3a



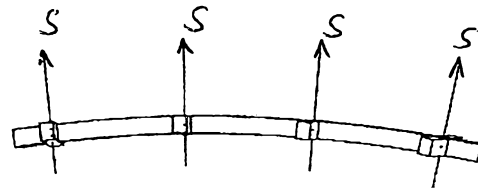
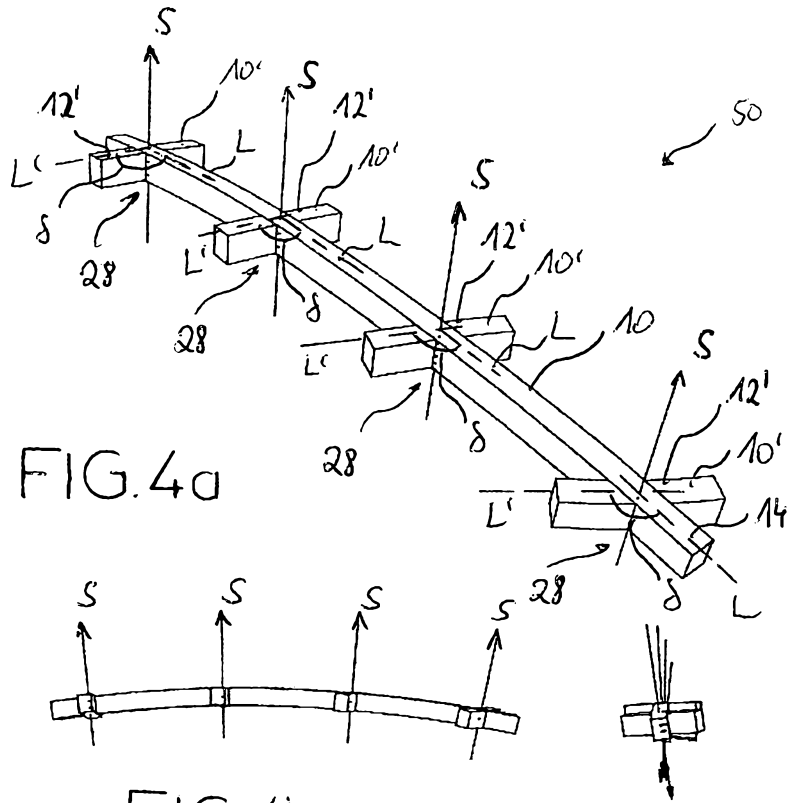
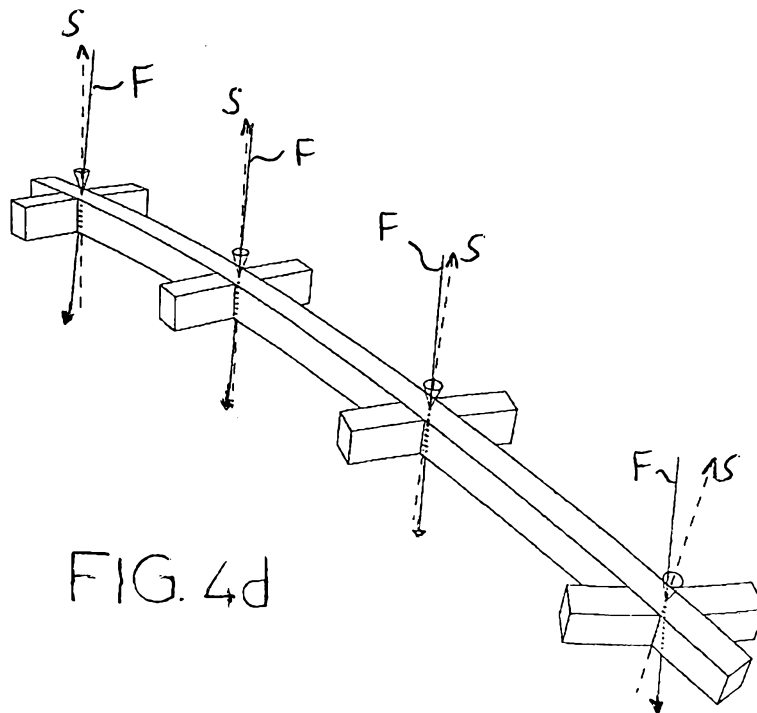
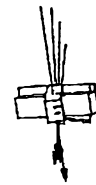


FIG. 4c



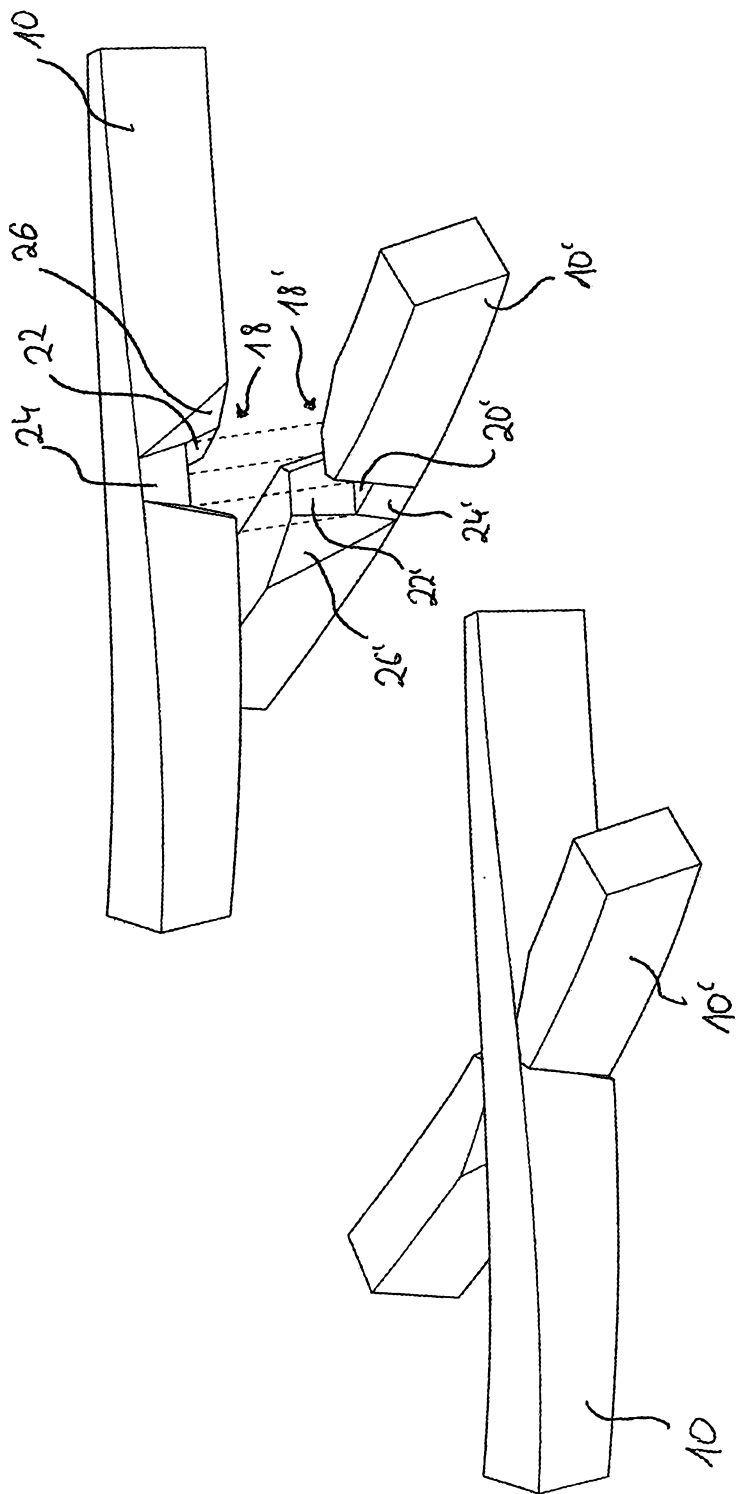


FIG. 5