



(11) **EP 1 930 520 B9**

(12) **KORRIGIERTE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(15) Korrekturinformation:
Korrigierte Fassung Nr. 1 (W1 B1)
Korrekturen, siehe
Beschreibung Abschnitt(e) 58

(51) Int Cl.:
E04C 3/20 (2006.01) **E04C 3/22** (2006.01)
E04C 3/26 (2006.01)

(48) Corrigendum ausgegeben am:
14.03.2012 Patentblatt 2012/11

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
02.11.2011 Patentblatt 2011/44

(21) Anmeldenummer: **07122044.6**

(22) Anmeldetag: **30.11.2007**

(54) **Modulare Fachwerkkonstruktion aus Beton**

Modular latticework structure made of concrete

Construction en treillis modulaire en béton

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

- **Henze, Stefan**
39110, Magdeburg (DE)
- **Küchler, Michael**
63584, Gründau (DE)

(30) Priorität: **01.12.2006 DE 102006056866**

(74) Vertreter: **Bergmeier, Werner**
Canzler & Bergmeier
Friedrich-Ebert-Straße 84
85055 Ingolstadt (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.06.2008 Patentblatt 2008/24

(73) Patentinhaber: **Max Bögl Bauunternehmung**
GmbH & Co. KG
92369 Sengenthal (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
FR-A- 985 838 FR-A- 2 679 577
US-A- 3 367 074 US-A- 4 059 931

(72) Erfinder:
• **Tue, Nguyen Viet**
04416, Markkleeberg (DE)

EP 1 930 520 B9

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine modulare Fachwerkkonstruktion aus Beton, bestehend aus Gurten, Pfosten und/oder Diagonalen sowie Knotenelementen und Zugelementen, insbesondere für ebene und räumliche Tragwerke im Hoch-, Industrie- und Brückenbau.

[0002] Fachwerkkonstruktionen bestehen im Allgemeinen aus stabförmigen Tragelementen, den Gurten und Füllstäben, die an den Fachwerkknoten miteinander verbunden werden. Dadurch wird ein Tragwerk gebildet, das die auftretenden Einwirkungen hauptsächlich durch Zug- und Druckkräfte überträgt und eine effiziente Ausnutzung des Materials ermöglicht. Deshalb eignen sich Fachwerke besonders gut, um große Spannweiten mit einem vergleichsweise geringen Konstruktionseigengewicht zu überbrücken.

[0003] Fachwerkkonstruktionen werden auf dem Gebiet des Bauwesens im Hoch-, Industrie- und Brückenbau eingesetzt. Typische Anwendungen im Hochbau sind ebene und räumliche Fachwerkbinder als Dachtragwerke für Mehrzweckhallen wie z. B. Sport- und Freizeitbauten, Ausstellungshallen oder Versammlungsräume [1], [2]. Im Industriebau werden Fachwerke als Dachbinder oder Rahmentragwerke im Hallenbau [2], [3] sowie als Kranbahnträger oder für Förderband- bzw. Rohrleitungsbrücken verwendet. Auch finden Fachwerke für weitgespannte Unterzüge in Geschossbauten und für Aussteifungsverbände Anwendung. Des Weiteren kommen Fachwerkkonstruktionen auch für hochbelastete Stützen, für Verkehrszeichenbrücken sowie für Freileitungs- und Antennenmasten zum Einsatz. Im Brückenbau werden Fachwerke als räumliche und ebene Fachwerkbinder im Großbrückenbau [4], [5], als auch für Geh- und Radwegbrücken [6], [7] eingesetzt.

[0004] Auf dem Gebiet des Bauwesens werden Fachwerkkonstruktionen hauptsächlich aus Stahl und Holz, selten aus Beton hergestellt.

[0005] Mit Fachwerkkonstruktionen aus Baustahl, lassen sich auf Grund der hohen Materialfestigkeit, des günstigen Rohdichte-Festigkeits-Verhältnisses und der Möglichkeit, relativ dünnwandige Querschnitte herstellen zu können, die statisch-konstruktiven Vorteile von Fachwerkkonstruktionen effektiv umsetzen. Dabei sind Stützweiten von mehr als 100 m realisierbar [8].

[0006] Die Ausbildung der Knotenpunkte erfolgt in der Regel durch Schraub- oder Schweißverbindungen [9], teilweise auch mit Hilfe vorgefertigter Gussknoten aus Stahl [5], [10]. Infolge von Massungenauigkeiten können bei der Verwendung von Gussknoten Probleme bei der Montage auftreten, die zu zeit- und kostenaufwendigen Nacharbeiten führen [11].

[0007] Ein System, das speziell bei räumlichen Fachwerken eine unkomplizierte Verbindung der Stäbe gestattet, ist das MERO®-Raumfachwerksystem [12]. Bei diesem System werden die Fachwerkstäbe mit Hilfe eines Knotenelements [13], das unterschiedliche Richtun-

gen und Neigungen der Stäbe ermöglicht, durch einfache Schraubmontage miteinander verbunden.

[0008] Fachwerkkonstruktionen aus Stahl eignen sich zur Vorfertigung im Werk, da sie sich leicht in Segmente zerlegen lassen, die gut transportiert und auf der Baustelle montiert werden können. Allerdings sind bei Baustellenstößen oft Nacharbeiten am Korrosionsschutz der Konstruktion notwendig, die kostenintensiv sind und teilweise nicht die Qualität der werkseitig aufgetragenen Beschichtung erreichen.

[0009] Nachteilig bei Stahlfachwerken sind die im Vergleich zu Fachwerken aus Beton oder Holz höheren Materialkosten und der hohe Fertigungsaufwand für die zum Teil komplexen Knotenverbindungen.

[0010] Daneben sind bei Fachwerken aus Stahl oft zusätzliche Maßnahmen zur Gewährleistung des Brandschutzes, z. B. die Ummantelung der Konstruktion mit Spritzbeton bzw. kostenintensiven Schutzanstrichen erforderlich. Weiterhin beeinträchtigen die Aufwendungen zur Erhaltung des Korrosionsschutzes die wirtschaftliche Effizienz von Fachwerkkonstruktionen aus Stahl.

[0011] Fachwerkkonstruktionen aus Holz bzw. Brettschichtholz werden wirtschaftlich nur für kleinere Spannweiten bis etwa 30 m eingesetzt [14]. Die Knotenverbindungen bei Fachwerken aus Holz bzw. Brettschichtholz werden meistens mit Hilfe von Nagelblechen, eingepressten Nagelplatten, Stabdübel-Blechverbindungen oder spezieller Dübelverbindungen ausgeführt [15]. Analog zu Fachwerken aus Stahl werden Knotenverbindungen auch mit Hilfe des MERO®-Knotens hergestellt. Reine Nagelverbindungen, z. B. bei Nagelfachwerkbindern, kommen nur bei Konstruktionen mit geringen Stützweiten vor. Baustellenverbindungen sind bei Fachwerkkonstruktionen aus Holz- bzw. Brettschichtholz mit vertretbarem Aufwand herzustellen. So lassen sich die Fachwerkkonstruktionen in Segmente zerlegen, die im Werk vorgefertigt werden. Die Elemente können einfach zur Baustelle transportiert und dort montiert werden. Ähnlich wie bei Stahlfachwerken sind bei den Holz- und Brettschichtholzfachwerken des Ingenieurholzbaus die Herstellungskosten für die Knotenverbindungen hoch. Nachteilig bei Holz- bzw. Brettschichtholzfachwerken sind die, z. B. infolge des Feuchtigkeitsgehalts, stark schwankenden Materialkennwerte, die eine optimale Ausnutzung des Materials erschweren. Um den Brandschutz zu realisieren, müssen die Stahleinbauteile der Knotenverbindung vor Flammen geschützt werden und die Stabquerschnitte müssen ausreichende Abmessungen besitzen. Anderenfalls sind Brandschutzanstriche oder schützende Ummantelungen erforderlich. Während der Widerstand von Holz gegenüber chemischen Angriffen hoch ist, sind zum Schutz gegen Feuchte meistens zusätzliche Schutzanstriche bzw. konstruktive Maßnahmen notwendig.

[0012] Fachwerkkonstruktionen aus normalfesten Betonen haben den Nachteil, dass sie auf Grund des schlechten Rohdichte-Festigkeits-Verhältnisses des Materials deutlich schwerer als vergleichbare Konstruk-

tionen aus Stahl oder Holz sind. Darüber hinaus müssen die Querschnitte aus schalungstechnischen Gründen und zum sachgemäßen Einbau der Bewehrung, Spannglieder und des Betons bestimmte Mindestabmessungen besitzen, die ebenfalls zur Erhöhung der Konstruktionseigenlast beitragen.

[0013] Die Knotenpunkte werden in der Regel monolithisch ausgebildet, wodurch sich im Knotenbereich komplizierte Bewehrungs- bzw. Spanngliedführungen ergeben, die sorgfältig geplant und ausgeführt werden müssen [16]. Zur Reduzierung von Spannungsspitzen müssen die Anschlüsse zwischen dem Knoten und den Stäben in der Regel ausgerundet werden. Dadurch erhöhen sich der Fertigungsaufwand und die Herstellungskosten.

[0014] Die Herstellung von Fachwerkkonstruktionen auf der Baustelle konnte sich auf Grund ausführungstechnischer Schwierigkeiten, wie der kostenintensiven Schalungskonstruktion, den zeitaufwendigen Bewehrungsarbeiten und den schwierigen Verhältnissen bei der Betonage auf dem Markt nicht durchsetzen [18]. Die Vorfertigung von Fachwerkkonstruktionen im Werk erlaubt eine kostensenkende Mehrfachverwendung der Schalung und vereinfacht die Betonagearbeiten. Die komplexe Bewehrungsführung im Bereich der Knotenpunkte wirkt sich jedoch auch bei den im Werk hergestellten Konstruktionen negativ auf die Herstellungskosten aus.

[0015] Durch die Zerlegung von Fachwerkkonstruktionen in einzelne Elemente [17] oder Fachwerkscheiben [18], können auch Fachwerkkonstruktionen für größere Spannweiten vorgefertigt werden. Der Zusammenbau mit Hilfe von Stahlbauverbindungen oder durch das Zusammenspannen mit Spanngliedern ist aber oft schwierig, kosten- und zeitintensiv. Besonders problematisch dabei sind die Spannkraftverluste infolge Reibung beim Vorspannen langer Spannglieder, die eine beträchtliche Vergrößerung des Spannstahlquerschnitts erfordern. Werden die Spannglieder planmäßig gekrümmt geführt, wie z. B. bei [17], so steigen die Spannkraftverluste infolge der Reibungskräfte an den Umlenkstellen erheblich an. Die wirtschaftlichen Vorteile der fabrikmäßigen Fertigung werden dadurch zu einem großen Teil aufgezehrt. Die Weiterentwicklung der Transport- und Montagehilfen ermöglicht heute auch den Transport größerer Elemente, so dass heute die Mehrzahl der Fachwerke aus Beton in einem Stück vorgefertigt werden [19].

[0016] Fachwerkkonstruktionen aus Beton zeichnen sich durch gute Brandschutz- und Dauerhaftigkeitseigenschaften aus. Die Kosten für die Bauwerksunterhaltung sind in den meisten Fällen geringer als bei Stahl- oder Holzfachwerken.

[0017] US 3 367 074 A offenbart eine Fachwerkkonstruktion nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0018] Hochfeste (HFB) bzw. ultrahochfeste Betone (UHFB) weisen im Vergleich zu normalfesten Betonen höhere Druckfestigkeiten und günstigere Rohdichte-Festigkeits-Verhältnisse auf. Weiterhin besitzen hochfeste und ultrahochfeste Betone ein sehr dichtes und homo-

genes Gefüge mit hervorragenden Dauerhaftigkeitseigenschaften, die sich positiv auf die Nachhaltigkeit der Konstruktion auswirken [20].

[0019] Die genannten Eigenschaften von hochfesten und ultrahochfesten Betonen lassen sich mit Fachwerkkonstruktionen am besten ausnutzen. Die zuvor genannten Nachteile von Fachwerkkonstruktionen aus Beton lassen sich durch die Ansprüche dieser Patentschrift vermeiden.

[0020] Aufgabe ist es, eine Fachwerkkonstruktion aus Beton zu erfinden die a) eine einfach Anpassung an beliebige Konstruktionsgeometrien erlaubt, b) kostenoptimiert und qualitätsgesichert im Werk vorgefertigt werden kann und c) rationell zu transportieren und zu montieren ist.

[0021] Die Aufgabe wird durch eine modulare Fachwerkkonstruktion mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0022] Die erfindungsgemäße Fachwerkkonstruktion ist modular aufgebaut. Sie besteht aus den Fachwerkstäben, den Knoten- bzw. Koppelungselementen und den Zugelementen. Aussteifungselemente gehören ebenfalls zum modularen System.

[0023] Als Fachwerkstäbe kommen Ober- und Untergurte sowie Pfosten und Diagonalen zur Anwendung. Sie besitzen Aussparungen, durch die Zugelemente hindurchgeführt werden können. Darüber hinaus können im Ober- und Untergurt Zugelemente verankert werden. Innerhalb der gesamten Konstruktion oder größerer Konstruktionsabschnitte haben der Ober- und Untergurt sowie die Pfosten und Diagonalen jeweils identische Querschnittsabmessungen (Gleichteilprinzip). Diese sind für bestimmte Spannweitenbandbreiten typisiert.

[0024] Mit den Knotenelementen werden die Gurte bzw. Pfosten und Diagonalen untereinander verbunden. Gleichzeitig wird mit Hilfe der Knotenelemente eine einfache Anpassung der Konstruktion an beliebige geometrische Randbedingungen erreicht. Hierzu sind die Seitenflächen der Knotenelemente beliebig zu neigen, um Stäbe unterschiedlicher Neigungswinkel an den Knoten anschließen zu können. Die Knotenelemente besitzen Aussparungen zur Durchführung von Spannelementen und bieten weiterhin die Möglichkeit, Spannelemente zu verankern. Weil die Knoten nicht mehr, wie sonst bei Betonfachwerken üblich, monolithisch mit den Fachwerkstäben verbunden sind, vereinfacht sich die konstruktive Ausbildung der Knotenpunkte maßgeblich.

[0025] Die Kopplungselemente dienen zum Anschluss von Trag- oder Aussteifungssystemen, die senkrecht zur Ebene der Haupttragkonstruktion verlaufen. Dadurch können mit Hilfe der Kopplungselemente ebene Fachwerkscheiben zu räumlichen Tragstrukturen zusammengesetzt werden. Die Kopplungselemente haben Aussparungen zur Durchführung von Zugelementen und bieten die Möglichkeit, Zugelemente zu verankern.

[0026] Aussteifungselemente sind im modularen System in Form von pfettenartigen Trägern vorhanden, die zur Aussteifung druckbeanspruchter Gurte dienen.

[0027] Die Fachwerkstäbe, die Knoten- bzw. Koppelungselemente sowie die Aussteifungselemente bestehen aus Beton. Dadurch können beliebige Bauteilgeometrien kostengünstig hergestellt werden. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit und Reduzierung der Konstruktionseigenlast können hochfeste bzw. ultrahochfeste Betone eingesetzt werden. Den Betonen können Fasern aus Stahl, Kunststoff oder andersartigen Materialien zugegeben werden, um die Materialfestigkeit bzw. den Brandwiderstand gezielt zu verbessern. Insbesondere bei faserverstärkten Betonen sind selbstverdichtende Eigenschaften des Betons vorteilhaft, da die Bauteile dadurch mit einem jederzeit reproduzierbaren Qualitätsstandard hergestellt werden können. Zur Verringerung des Konstruktionseigengewichtes ist ebenfalls die Verwendung von Leichtbetonen denkbar.

[0028] Der Brandwiderstand der Knoten- und Koppelungselemente kann auch durch konstruktive Maßnahmen, z. B. durch eine Beplankung mit nichtbrennbarem Material, erhöht werden. Die Beplankung aus nichtbrennbarem Material kann ggf. in die Schalung integriert werden.

[0029] In den Fachwerkstäben, Aussteifungselementen sowie Knoten- bzw. Koppelungselementen kann eine Bewehrung aus Betonstahl zur Tragfähigkeitssteigerung angeordnet werden. Darüber hinaus können in den Fachwerkstäben und Aussteifungselementen Spannglieder mit sofortigem Verbund vorgesehen werden.

[0030] Mit Hilfe von stab- bzw. seilartigen Zugelementen werden die Fachwerkstäbe mit den Knoten- bzw. Koppelungselementen verbunden. Die Zugelemente besitzen an ihren Enden Vorrichtungen, um die Elemente zu verankern bzw. vorzuspannen. Die Zugelemente können mit einer exakt definierten Kraft vorgespannt werden.

[0031] Als Zugelemente können beispielsweise Gewindestangen aus Stahl oder Litzen aus Spannstahl verwendet werden. Alternativ können auch Zugelemente aus Kohlefasern oder anderen geeigneten Materialien eingesetzt werden.

[0032] Die Fachwerkstäbe und Aussteifungselemente werden in einer Produktionsanlage in kostenoptimierter sowie qualitätsgesicherter Massenfertigung hergestellt. Durch einfach auszuführende, gerade Sägeschnitte werden die Fachwerkstäbe und Aussteifungselemente auf die für die jeweilige Konstruktion erforderliche Länge gebracht. Kostenintensive Anpassungsarbeiten an der Schalungskonstruktion entfallen dadurch. Das Potenzial der werksmäßigen Fertigung wird weit effizienter als bei der herkömmlichen Vorfertigung von Stahlbetonkonstruktionen genutzt.

[0033] Die typisierten Fachwerkstäbe, Aussteifungs- und Zugelemente werden als Lagerware vorgehalten. Nur die Knoten- bzw. Koppelungselemente müssen gesondert für den jeweiligen Anwendungsfall produziert werden. Dadurch ist eine kurzfristige Herstellung der Gesamtkonstruktion möglich.

[0034] Die erfindungsgemäße Fachwerkkonstruktion kann im Werk oder am Einsatzort montiert werden. Bei

kleineren Konstruktionsabmessungen und günstigen Randbedingungen für den Transport wird die Konstruktion vorteilhaft komplett im Werk zusammengebaut, da sich so der Montageaufwand auf der Baustelle reduziert. Dadurch sind sehr kurze Bauzeiten bei geringer Witterungsabhängigkeit realisierbar. Bei größeren Konstruktionsabmessungen oder schwierigen Transportbedingungen wird die Konstruktion zweckmäßig in vormontierten Teilsegmenten zur Baustelle gebracht. Die optimale Segmentierung kann in Abwägung der Transportproblematik und des Montageaufwands individuell festgelegt werden. Im Extremfall, z. B. für den Transport über sehr weite Entfernungen, kann die Konstruktion auch komplett in Einzelteile zerlegt zur Baustelle transportiert werden. Da sich die einzelnen Bauteile des Fachwerks auf Grund ihrer einfachen Geometrie und hohen Robustheit gut verladen lassen, sind hierfür vorteilhaft spezielle Stapelboxen oder Container zu verwenden, die per LKW, Bahn oder Schiff transportiert werden können. Die erfindungsgemäße Fachwerkkonstruktion ermöglicht somit eine hohe Flexibilität hinsichtlich des Transports und der Montage, die herkömmlichen Konstruktionen aus Beton so nicht gegeben ist.

[0035] Die Montage der modularen Fachwerkkonstruktion erfolgt durch einfache Schraubmontage bzw. durch Zusammenspannen der Fachwerkstäbe. Hierfür werden die Knoten- bzw. Koppelungselemente und die Zugelemente verwendet. Die Zugelemente werden durch die Diagonalen und Pfosten hindurchgeführt und an den Gurten bzw. Knoten- und Koppelungselementen befestigt. Durch das Vorspannen der Zugelemente werden die Einzelteile der Fachwerkkonstruktion kraftschlüssig miteinander verbunden. Alternativ können die Fachwerkstäbe mit den Knoten- bzw. Koppelungselementen auch durch geeignete Klebeverbindungen zusammengefügt werden. Ebenso kann die Verbindung mit Zugelementen mit der Klebeverbindung kombiniert werden. Durch diese Montagemethoden sind eine geringe Witterungsabhängigkeit und Fehleranfälligkeit gegeben.

[0036] Zur Herstellung von Fachwerkkonstruktionen größerer Spannweite ist es erforderlich, die Gurte zu stoßen, da diese nur in einer begrenzten Länge gefertigt werden können. Der Gurtstoß wird als einfacher Kontaktstoß ausgebildet. Damit in der Kontaktfuge auch Zugkräfte übertragen werden können, wird die Fuge durch die in Längsrichtung der Gurte angeordneten Zugelemente vorgespannt. Schubkräfte können durch die in der Fuge aktivierten Reibungskräfte bzw. durch Dornen übertragen werden. Alternativ bzw. ergänzend sind Klebeverbindungen möglich.

[0037] Im Werk vormontierte Segmente können am Einsatzort durch einen Stumpfstoß zwischen den Ober- und Untergurten miteinander verbunden werden. Die Kontaktfuge wird mit Hilfe von Zugelementen vorgespannt, die in Längsrichtung durch die zu stoßenden Segmente verlaufen. Die Zugelemente werden an ihren Enden in den Gurten verankert. Dadurch können auch Zugkräfte in der Kontaktfuge übertragen werden. Die

Übertragung von Schubkräften erfolgt durch Reibungskräfte in der Kontaktfuge bzw. durch Hülsen oder Dornen aus Stahl, die in die Gurte durch Bohrungen in den Gurtstirnflächen eingelassen werden. Alternativ bzw. ergänzend sind Klebeverbindungen möglich.

[0038] Soll an der Fachwerkkonstruktion ein Nebentragsystem oder ein Aussteifungssystem angeschlossen werden, so erfolgt die Montage prinzipiell wie bei der regulären Fachwerkkonstruktion. Zusätzlich wird das Kopplungselement eingeschaltet, das unterhalb oder oberhalb des Knotenelements angeordnet wird. An das Koppelungselement wird dann das sekundäre Tragsystem oder das Aussteifungssystem mit Hilfe eines Kontaktstoßes angeschlossen. Die Kontaktfuge kann zur Übertragung von Zug- und Schubkräften vorgespannt werden. Alternativ bzw. ergänzend sind Klebeverbindungen möglich.

[0039] Der Anschluss eines Aussteifungssystems ist auch mit Hilfe einer einfachen Einhängkonstruktion aus Stahl möglich, mit der das Aussteifungselement am Haupttragsystem angeschlossen wird.

[0040] Mit der modularen Fachwerkkonstruktion können auch Trägerrostsyste realisiert werden. Hierzu werden die am Kreuzungspunkt zusammenstoßenden Gurte der einzelnen Fachwerkscheiben durch Kopplungselemente miteinander verbunden. Die Verbindung erfolgt mit einem Stumpfstöß über Kontakt. Die Kontaktfuge wird durch Zugelemente vorgespannt. Die Zugelemente verlaufen in Längsrichtung der Gurte, werden durch das Kopplungselement hindurchgeführt und an ihren Enden in den Gurten verankert. Eine Durchdringung der Zugelemente am Kreuzungspunkt wird durch eine in vertikaler und horizontaler Richtung versetzte Anordnung der Zugelemente vermieden. Die im Kreuzungspunkt zusammentreffenden Diagonalen und der Pfosten werden mit Hilfe des Knotenelements und der Zugelemente miteinander verbunden. Diagonalen, die ausschließlich Druckkräfte erhalten, können diese direkt über Kontakt in das Knotenelement einleiten. Zur Lage-sicherung werden die Druckdiagonalen mit einem Dorn am Knotenelement fixiert.

[0041] Vorteilhafterweise sind die Gurte, Pfosten, Diagonalen, Knotenelemente und/oder Kopplungselemente aus hochfestem oder ultrahochfestem Beton hergestellt. Die Bauteile des Fachwerkes sind damit besonders stabil herstellbar, ohne dass es besonderer Verstärkungen bedarf.

[0042] Sind die Kontaktstöße durch passgenaue Schalung und/oder durch Schleifen der Kontaktflächen hergestellt, so werden die auftretenden Kräfte optimal übertragen. Spalte zwischen den einzelnen Bauteilen lassen sich damit im Wesentlichen vermeiden..

[0043] Für eine Überhöhung der Fachwerkkonstruktion sind die Kontaktflächen in den Kontaktstößen passgenau hergestellt. Abweichungen von rechten Winkeln werden durch entsprechende Bearbeitungen der Kontaktflächen an den verschiedenen Bauteilen geschaffen.

[0044] Der Nachweis der Standsicherheit der Kon-

struktion erfolgt vorteilhaft in Form einer Typenstatik.

[0045] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden an Hand der nachfolgenden Ausführungsvarianten beispielhaft erläutert. Es zeigt:

5

Fig. 1 eine Übersicht der Einzelteile des modularen Fachwerks in perspektivischer Darstellung,

10

Fig. 2 mögliche Varianten der Ausbildung der Ausfachung in perspektivischer Darstellung,

Fig. 3 eine Fachwerkkonstruktion mit geneigtem Obergurt in perspektivischer Darstellung,

15

Fig. 4 den Montagevorgang einer regulären Fachwerkscheibe in Explosionsdarstellung,

Fig. 5 die Ausbildung eines Gurtstoßes in Explosionsdarstellung,

20

Fig. 6 die Ausbildung eines Segmentstoßes in Explosionsdarstellung,

Fig. 7 die Ausbildung des Anschlusses eines Nebentragsystems an das Haupttragsystem in Explosionsdarstellung,

25

Fig. 8 die Ausbildung des Anschlusses eines Aussteifungssystems an das Haupttragsystem mit Hilfe eines Kopplungselements in Explosionsdarstellung,

30

Fig. 9 die Ausbildung des Anschlusses eines Aussteifungssystems an das Haupttragsystem mit Hilfe einer Einhängkonstruktion in Explosionsdarstellung,

35

Fig. 10 den Kreuzungspunkt eines Trägerrostsyste in Explosionsdarstellung

40

Fig. 11 ein Knotenelement mit Bewehrung in Schnittdarstellung und

45

Fig. 12 eine Detaildarstellung einer Knotenstelle.

[0046] Fig. 1 zeigt eine perspektivische Darstellung der Elemente des modularen Fachwerks. Im Einzelnen dargestellt sind die Gurte 1, die Diagonalen bzw. Pfosten 2, das Aussteifungselement 3, die Knotenelemente 4, die Kopplungselemente 5, die Zugelemente 6, die Einhängkonstruktion 7 und diverse Kleinteile aus Stahl 8, z. B. Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben, Dornen und Hülsen, die zum Zusammenbau des Fachwerks benötigt werden.

50

[0047] Die Gurte 1 können als Rechteckquerschnitt 1.1 oder zur Erhöhung der Knicksicherheit, als T-förmiger Querschnitt 1.2 ausgebildet werden. Die Gurte besitzen in Längsrichtung mindestens ein Hüllrohr, durch das ein

55

oder mehrere Zugelemente 6 hindurchgeführt werden können. Sind mehrere Hüllrohre vorhanden, so werden diese im Querschnitt in vertikaler und horizontaler Richtung versetzt angeordnet. In Querrichtung sind ebenfalls Aussparungen in den Gurten vorhanden, durch die Zugelemente 6 hindurchgeführt werden können. Diese werden vorteilhaft durch Bohrungen realisiert, es können aber auch Hüllrohre verwendet werden. In den Gurten 1 können Spannglieder mit sofortigem Verbund angeordnet werden. Die Gurte besitzen an ihrer Ober- bzw. Unterseite Nuten, die als Aussparung zur Verankerung der Zugelemente 6 bzw. zur Führung der Knotenelemente 3 verwendet werden. Da Gurte 1 nicht durch die Knotenelemente 4 unterbrochen werden, wird die Anzahl der einzelnen Konstruktionselemente reduziert. Weiterhin können die Gurte 1 in größeren Längen rationell hergestellt werden. Die Montage der Fachwerkkonstruktion ist weniger fehleranfällig und schneller durchzuführen.

[0048] Die Diagonalen 2 bzw. Pfosten 2 besitzen einen rechteckförmigen Querschnitt. Der Querschnitt der Diagonalen 2 und Pfosten 2 wird vorteilhaft identisch ausgeführt, da sich dadurch die Herstellungskosten reduzieren lassen. In Längsrichtung kann in den Diagonalen 2 und Pfosten 2 mindestens ein Hüllrohr zur Durchführung von einem oder mehreren Zugelementen 6 vorgesehen werden.

[0049] Die Aussteifungselemente 3 haben einen rechteckförmigen Querschnitt. Alternativ kann auch der Gurt 1.1 als aussteifendes Element eingesetzt werden. Zur Befestigung von Dornen 8 oder der Einhängekonstruktion 7 sind in den Aussteifungselementen 3 Aussparungen in Form von Bohrungen oder Hüllrohren vorhanden.

[0050] Die Knotenelemente 4 können so ausgebildet werden, dass alle anzuschließenden Stäbe in einer Ebene liegen. Beispiele hierfür sind die Knotenelemente 4.1 und 4.2. Mit Hilfe eines weiteren Knotenelements 4.3 können auch allgemein im Raum orientierte Stäbe an den Knoten angeschlossen werden. Die Seitenflächen der Knotenelemente 4 können beliebig geneigt werden. Dadurch können die Gurte 1 bzw. Diagonalen 2 mit frei wählbaren Stabneigungswinkeln an die Knotenelemente 4 angeschlossen werden. Mit Hilfe der Knotenelemente 4 können Druckkräfte, Zugkräfte und Schubkräfte zwischen den angeschlossenen Fachwerkelementen übertragen werden. Die Übertragung von Druckkräften erfolgt direkt über Kontakt in der Stoßfuge. Zugkräfte werden hauptsächlich über den Abbau von Flächenpressungen in der Kontaktfuge übertragen, die mit Hilfe der Zugelemente 6 vorgespannt wird. Schubkräfte werden mit Hilfe der durch die vorgespannten Zugelemente 6 in der Kontaktfuge aktivierten Reibungskräfte übertragen. Die Tragfähigkeit der Kontaktfuge kann mit Profilierungen oder mechanischer Bearbeitung, z. B. durch Kugelstrahlen, erhöht werden. Alternativ bzw. zusätzlich zur Vorspannung der Kontaktfuge mit den Zugelementen 6 können Klebeverbindungen eingesetzt werden. Die Knotenelemente 4 besitzen mindestens eine Aussparung zur Durchführung von einem oder mehreren Zugelementen

6, oder mindestens eine Verankerungsmöglichkeit für ein oder mehrere Zugelemente 6. Die Aussparungen können durch Hüllrohre oder Bohrungen realisiert werden. Die Verankerung von Zugelementen 6 kann direkt auf einer Seitenfläche des Knotenelements 4 über Kontakt oder mit in das Knotenelement 4 einbetonierten Ankerkörpern, z. B. von Gewindehülsen, erfolgen.

[0051] Die Kopplungselemente 5 dienen zum Anschluss von Trag- oder Aussteifungssystemen. Mit dem Kopplungselement 5.1 können Nebentragsysteme angeschlossen werden. Das Kopplungselement 5.2 ermöglicht den Anschluss von Aussteifungssystemen. Das Kopplungselement 5.3 ermöglicht die Herstellung von Trägerrostsystemen. Mit den Kopplungselementen 5 können Druck, Zug- und Schubkräfte zwischen den angeschlossenen Elementen übertragen werden. Die Übertragung von Druckkräften erfolgt direkt über Kontakt in der Stoßfuge. Zugkräfte werden hauptsächlich über den Abbau von Flächenpressungen in der Kontaktfuge übertragen, die mit Hilfe der Zugelemente 6 vorgespannt wird. Schubkräfte werden mit Hilfe der durch die vorgespannten Zugelemente 6 in der Kontaktfuge aktivierten Reibungskräfte übertragen. Die Tragfähigkeit der Kontaktfuge kann mit Profilierungen oder mechanischer Bearbeitung, z. B. durch Kugelstrahlen, erhöht werden. Alternativ bzw. zusätzlich zur Vorspannung der Kontaktfuge mit den Zugelementen 6 können Klebeverbindungen eingesetzt werden. Die Kopplungselemente 5 besitzen mindestens eine Aussparung zur Durchführung von einem oder mehreren Zugelementen 6 oder mindestens eine Verankerungsmöglichkeit für ein oder mehrere Zugelemente 6. Die Aussparungen können durch Hüllrohre oder Bohrungen realisiert werden. Die Verankerung von Zugelementen 6 kann direkt auf einer Seitenfläche des Kopplungselements 5 über Kontakt oder mit in das Kopplungselement 5 einbetonierten Ankerkörpern, z. B. Gewindehülsen, erfolgen. In den Kopplungselementen 5 können Aussparungen durch Bohrungen oder Hüllrohre erzeugt werden, durch die z. B. Dornen in den Kopplungselementen 5 verankert werden können.

[0052] Die Zugelemente 6.1 werden zur Vorspannung der Gurte 1 in Längsrichtung verwendet. Als Zugelemente 6.1 werden Litzen aus Spannstahl verwendet. Die Litzen können mit Hilfe von Pressen mit einer bestimmten Kraft vorgespannt werden. Die Verankerung der Litzen in den Gurten 1 kann beispielsweise durch Keile realisiert werden. Zur Verbindung der Gurte 1, Diagonalen 2 und Pfosten 2 mit den Knotenelementen 4 bzw. Kopplungselementen 5 wird das Zugelement 6.2 verwendet. Als Zugelement 6.2 werden Gewindestangen eingesetzt. Die Gewindestangen lassen sich durch spezielle Verfahren, z. B. dem Drehimpulsverfahren, mit einer definierbaren Kraft vorspannen. Die Gewindestangen können mit Hilfe von Unterlegscheiben und Muttern über Kontakt auf den Seitenflächen der Gurte 1 bzw. der Knotenelemente 4 oder Kopplungselemente 5 verankert werden. Die Gewindestangen können aber auch in Ankerkörpern, z. B. Gewindehülsen, befestigt werden, die in den Kno-

tenelementen 4 bzw. Kopplungselemente 5 einbetoniert sind. Da die Zugelemente 6 planmäßig geradlinig geführt werden, treten keine bzw. nur sehr geringe Reibungskräfte auf. Dadurch können die Zugelemente sehr wirtschaftlich dimensioniert werden. Durch die Verwendung von Gewindestangen als Zugelement 6.2 können kurze Bauteile, hier die Diagonalen 2 und Pfosten 2, sehr effektiv vorgespannt werden, da die Vorspannkraft nicht durch Verluste bei der Verankerung der Spannglieder, z. B. durch Keilschlupf, reduziert wird.

[0053] Alternativ können als Zugelemente 6 auch andere geeignete Ausführung, z. B. Spannelemente aus Kohlefasern oder Spannstähle mit aufgerolltem Gewinde, verwendet werden.

[0054] Die Einhängekonstruktion 7 besteht aus dem Teilelement 7.1, das auf dem Gurt 1.1 befestigt wird und dem Teilelement 7.2, das mit dem Aussteifungselement 3 verbunden wird. Die Einhängekonstruktion 7 besteht aus Stahl.

[0055] Zur Montage des modularen Fachwerks werden zusätzlich noch diverse Kleinteile 8 aus Stahl, z. B. Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben, Dornen, Hülsen und Dübeln, benötigt.

[0056] In Fig. 2 sind mögliche Ausführungsvarianten der Ausfachung der Fachwerkkonstruktion gezeigt. Dargestellt sind ein Ständerfachwerk, ein Strebenfachwerk und ein Strebenfachwerk mit Pfosten. Die verwendeten Fachwerkstäbe, d. h. die Gurte 1.1, Diagonalen 2 und Pfosten 2 sind bei allen Ausfachungsarten identisch. Die Änderung der Geometrie des Fachwerkbinders wird allein durch das Knotenelement 4.1 realisiert. Die Höhe des Fachwerkbinders, die Neigung der Diagonalen 2 und der Abstand der Pfosten 2 kann ebenfalls problemlos variiert werden. Hierfür sind nur die Seitenflächen des Knotenelements 4.1 in einem anderen Winkel zu neigen und die Längen der Diagonalen 2 und Pfosten 2 anzupassen.

[0057] Die Fig. 3 zeigt, dass die Anwendung der erfindungsgemäßen modularen Fachwerkkonstruktion nicht nur auf parallelgurtige Fachwerke beschränkt ist. Es können beispielsweise auch Fachwerke mit geneigtem Gurt, z. B. Pultdachbinder, hergestellt werden. Die Gurte 1.1, Diagonalen 2 und Pfosten 2 sind mit der Ausführung bei parallelgurtigen Fachwerken identisch. Die Neigung des Obergurtes 1.1 wird durch die Neigung der Seitenfläche des Knotenelements 4.1 erreicht, die an den Obergurt 1.1 angrenzt. Auch hier erfolgt die Anpassung der Geometrie des Fachwerks nur durch das Knotenelement 4.1.

[0058] In Fig. 4 ist der Zusammenbau einer ebenen Fachwerkscheibe beispielhaft dargestellt. Zunächst werden die Knotenelemente 4.1 mit Diagonalen 2 verbunden. Hierzu wird das Zugelement 6.1 durch die Aussparung in der Diagonalen 2 hindurchgeführt und im oberen und unteren Knotenelement 4.1 befestigt. Anschließend wird das Zugelement 6.1 mit der in der statischen Berechnung festgelegten Kraft vorgespannt. Das Aufbringen der Vorspannung kann am oberen oder unteren Knotenelement 4.1 erfolgen. Die Knotenelemente 4.1 und

die Diagonale 2 sind jetzt kraftschlüssig miteinander verbunden. Danach wird der Pfosten 2 zwischen den Knotenelementen 4.1 angeordnet und die Gurte 1.1 auf die Knotenelemente 4.1 aufgesetzt. Abschließend wird ein weiteres Zugelement 6.1 durch den Pfosten 2 und die Knotenelemente 4.1 hindurchgeführt und auf den Gurten 1.1 befestigt. Jetzt wird das Zugelement 6.1 mit der erforderlichen Kraft vorgespannt und dadurch die Gurte 1.1 mit den Knotenelementen 4.1 bzw. den Pfosten 2 verbunden. Alternativ bzw. ergänzend sind Klebeverbindungen zwischen dem Knotenelement 4.1 und den angrenzenden Fachwerkstäben möglich.

[0059] Die Ausführung eines Gurtstoßes ist in Fig. 5 am Beispiel des Gurtes 1.2 gezeigt. Der Stoß wird zweckmäßig in der Mitte zwischen zwei Fachwerkknoten angeordnet. Ober- und Untergurt sollten um eine Feldlänge versetzt gestoßen werden. Der Stoß wird als Stumpfstoß ausgebildet. Damit in der Kontaktfuge zwischen den Gurten 1.2 auch Zugkräfte übertragen werden können, wird die Fuge durch die in Längsrichtung der Gurte 1.2 verlaufenden Zugelemente 6.2 vorgespannt. Die Zugelemente 6.2 laufen ungestoßen über die Stoßfuge hinweg. In einem begrenzten Umfang können in der Kontaktfuge Schubkräfte über die infolge Vorspannung aktivierten Reibungskräfte übertragen werden. Zur Erhöhung der Schubtragfähigkeit der Kontaktfuge können Dornen 8 oder Hülsen 8 aus Stahl verwendet werden, die in die Gurte über Bohrungen in den Gurtstirnflächen eingelassen werden.

Zur Erhöhung der Tragfähigkeit der Kontaktfuge kann diese profiliert, mechanisch bearbeitet und/oder mit geeigneten Klebstoffen verklebt werden.

[0060] Eine Möglichkeit zur Kopplung komplett vormontierter Fachwerksegmente ist in Fig. 6 abgebildet. Hierzu wird im Randbereich das Knotenelement 4.1 durch das Knotenelement 4.2 ersetzt. Die Gurte 1.1 und 1.2 kragen etwas über das Knotenelement 4.2 aus. Dadurch sind die vormontierten Segmente nur durch Kontakt zwischen den Gurten 1.1 bzw. 1.2 miteinander verbunden. Durch die in Gurtlängsrichtung verlaufenden Zugelemente 6.2 werden die vormontierten Segmente miteinander verspannt. Zur Übertragung von Schubkräften werden Dornen 8 verwendet, die über Bohrungen in die Stirnflächen der Gurte 1.1 und 1.2 eingelassen werden. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit der Kontaktfuge kann diese profiliert, mechanisch bearbeitet und/oder mit geeigneten Klebstoffen verklebt werden.

[0061] Die Fig. 7 zeigt eine mögliche Ausbildung des Anschlusses eines Nebentragsystems an das Haupttragsystem. Im abgebildeten Beispiel besteht auch das Nebentragsystem aus einem modularen Fachwerk. Das Fachwerk des Nebentragsystems besitzt im Endfeld einen leicht auskragenden Obergurt, mit dem das Nebentragsystem auf dem Haupttragsystem aufgelagert wird. Das Kopplungselement 5.1 wird an den Knotenpunkten, an denen das Nebentragsystem angeschlossen werden soll, als zusätzliches Element in das Haupttragsystem integriert. Das Kopplungselement 5.1 wird mit dem Pfo-

sten 2, den Knotenelementen 4.1 und den Gurten 1.1 mit Hilfe des Zugelements 6.1 verbunden. Auf dem Kopplungselement 5.1 wird das Nebentragsystem aufgelagert. Zur Lagesicherung des Nebentragsystems wird z. B. eine Schraube oder ein Bolzen durch den Obergurt des Nebentragsystems geführt und im Kopplungselement 5.1 verankert.

[0062] Fig. 8 zeigt eine Möglichkeit, ein Aussteifungssystem mit Hilfe des Kopplungselements 5.2 an das Haupttragsystem anzuschließen. Das Kopplungselement 5.2 wird an den Knotenpunkten angeordnet, an denen das Aussteifungssystem an das Haupttragsystem angeschlossen werden soll. Hierzu wird der Obergurt 1.1 oberhalb des Knotenelements 4.1 unterbrochen, um das Kopplungselement 5.2 einsetzen zu können. Das Kopplungselement 5.2 wird mit den Knotenelementen 4.1, dem Pfosten 2 und dem Untergurt 1.1 mit Hilfe des Zugelements 6.1 verbunden. Danach wird der Obergurt 1.1 mit Hilfe der Zugelemente 6.2 mit dem Kopplungselement 5.2 verspannt. Das Aussteifungselement 3 wird mit dem Kopplungselement 5.2 mit Hilfe eines Kontaktstoßes verbunden. Die Kontaktfuge wird mit Hilfe von Schrauben 8 und Dornen 8, die im Koppelungselement 5.2 und Aussteifungselement 3 verankert werden, vorgespannt. Dadurch sind in der Kontaktfuge auch Zug- und Schubkräfte übertragbar.

[0063] Ein Aussteifungssystem kann auch, wie in Fig. 9 gezeigt, mit Hilfe einer Einhängekonstruktion 7 aus Stahl an das Haupttragsystem angeschlossen werden. Das Einhängenelement 7.1 wird am Haupttragsystem auf dem Gurt 1.1 mit Hilfe des Zugelements 6.1 befestigt. Das Element 7.1 besitzt auf einer bzw. zwei Seiten einen konsolartigen Auflagerpunkt. Das Einhängenelement 7.2 wird, z. B. mit Schrauben 8 und Spreizdübeln 8, am Aussteifungselement 3 angeschlossen. Am Element 7.2 ist das Gegenstück zum konsolartigen Auflagerpunkt des Elements 7.1 vorhanden. Beim Einhängen des Aussteifungsträgers 3 greifen der konsolartige Auflagerpunkt am Element 7.1 und das Gegenstück am Element 7.2 ineinander und bilden eine kraftschlüssige Verbindung zwischen dem Kopplungselement 5.2 und dem Aussteifungselement 3.

[0064] Die Fig. 10 zeigt ein Beispiel, wie mit Hilfe des Knotenelements 4.3 und des Kopplungselements 5.3 ein Trägerrostsystem aus ebenen Fachwerkscheiben hergestellt werden kann. Hierzu werden am Kreuzungspunkt das Knotenelement 4.3 und das Kopplungselement 5.3 in die Fachwerkkonstruktion integriert. Das Knotenelement 4.3 und das Koppelungselement 5.3 werden bei der Montage der in die Richtung 1 orientierten Fachwerkscheibe in das System eingebaut. Hierzu werden die Diagonalen 2 der in die Richtung 1 orientierten Fachwerkscheibe mit Hilfe des Zugelements 6.1 mit dem Knotenelement 4.1 bzw. 4.3 verbunden. Die Verbindung des Knotenelements 4.3 und des Kopplungselements 5.3 mit dem Pfosten 2 bzw. dem Knotenelement 4.1 erfolgt mit einem weiteren Zugelement 6.1. Die Gurte 1.1 werden durch die Kopplungselemente 5.3 und die in

Längsrichtung der Gurte verlaufenden Zugelemente 6.2 miteinander verbunden. Die in die Richtung 2 orientierten Fachwerkscheiben werden vormontiert in das System eingehängt. Deshalb sind bei diesen Fachwerkscheiben im Randbereich kein Pfosten 2 und keine Knotenelemente 4.1 vorhanden. Die Diagonalen 2 der in die Richtung 2 orientierten Fachwerkscheiben werden mit Dornen 8 mit dem Knotenelement 4.3 verbunden. Die Verbindung der Gurte 1.1 der in die Richtung 2 orientierten Fachwerkscheiben erfolgt mit dem Kopplungselement 5.3 und den Zugelementen 6.2.

[0065] Figur 11 zeigt einen Querschnitt durch ein Knotenelement 4.1 aus Beton. In dem Knotenelement sind zwei Bewehrungsseisen 10.1 und 10.2 einbetoniert. Bewehrungsseisen 10.1 verläuft in der Zeichnungsebene U-förmig. Es kann zusätzlich auch in Draufsicht U-förmig gebogen sein. Zusätzlich ist das weitere Bewehrungsseisen 10.2 in dem Knotenelement 4.1 angeordnet. Es kann ebenfalls in Draufsicht U-förmig ausgebildet sein. In dem Knotenelement sind Aussparungen in Form von zwei Bohrungen und einem Hohlraum angeordnet. Durch die Bohrungen ragen im eingebauten Zustand die Zugelemente 6. In dem Hohlraum ist genügend Raum um Muttern zum Spannen der Zugelemente und durchlaufende Zugelemente aufzunehmen.

[0066] In Figur 12 ist eine Detaildarstellung einer Knotenstelle gezeigt. Durch Aussparungen in den Pfosten 2 und den Diagonalen 2 verlaufen Zugelemente 6.1. Das in der Diagonalen 2 angeordnete Zugelement 6.1 ist in dem Hohlraum des Knotenelementes 4.1 mit einer Mutter 11 befestigt und gespannt. Das durch den Pfosten 2 verlaufende Zugelement 6.1 ragt durch den Hohlraum des Knotenelementes 4.1 sowie eine Aussparung in dem Gurt 1.1 hindurch. Es ist ebenfalls mit einer Mutter 11 gespannt. Gurt 1.1 und Pfosten 2 verlaufen hier nicht rechtwinklig zueinander. Es ist hierdurch eine Überhöhung des Fachwerkträgers dargestellt. Die Pfosten 2 und Diagonalen 2 sind jeweils rechtwinklig an ihren Stirnseiten zugeschnitten. Der Winkelausgleich erfolgt bei dieser Ausführung mittels des Knotenelementes 4.1. In einem alternativen Ausführungsbeispiel könnte ein standardisiertes Knotenelement 4.1 verwendet werden. Der Winkelausgleich erfolgt dann mittels einer nicht rechtwinkligen Schnittes der Pfosten 2 und/oder Diagonalen 2. Selbstverständlich können auch beide Elemente aneinander angepasst werden.

[0067] Die Kontaktflächen zwischen Pfosten 2 und Diagonalen 2 sowie dem Gurt 1.1 mit dem Knotenelement 4.1 kann mittels einer formgenauen Gusses des Knotenelementes 4.1 erfolgen. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, die Kontaktfläche zu schleifen. Hierdurch wird eine sehr genaue ausgearbeitete Kontaktfläche erhalten, welche sehr gute Verbindungseigenschaften und damit Festigkeiten des Fachwerkes erzielt.

[0068] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsvarianten beschränkt.

Literatur

[0069]

- [1] Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (Hrsg.): Holzbau Handbuch, Reihe 1 Entwurf und Konstruktion, Teil 2 Sport- und Freizeitbauten, Folge 1 Mehrzweckhallen. Informationsdienst Holz, München, 1983 5
- [2] Stahl-Informations-Zentrum (Hrsg.): Hallen aus Stahl. Dokumentation 534, 1. Aufl., Düsseldorf, 1997 10
- [3] Mangerig, I., Zapfe, C.: Stahlhallen. Stahlbaukalendar 2003, Ernst & Sohn, Berlin, 2003, S. 497 - 583 15
- [4] Dauner, H.-G.: Moderner Verbundbrückenbau in der Schweiz. Bauingenieur 77 (März 2002), S. 126 - 131 20
- [5] Eilzer, W., Angelmaier, V.: Talbrücke Korntal-Münchingen - Ein Beispiel für eine Rohrfachwerk-Verbundbrücke. in: Dehn, F., Holschemacher, K., Tue, N.V. (Hrsg.): Neue Entwicklungen im Brückenbau. Innovationen im Bauwesen. Beiträge aus Wissenschaft und Praxis, 1. Aufl., Bauwerk Verlag, Berlin, 2004, S. 297 - 318 25
- [6] Stahl-Informations-Zentrum (Hrsg.): Fussgängerbrücken aus Stahl. Dokumentation 577, 1. Aufl., Düsseldorf, 2004 30
- [7] Seifried, G., Schäfer, A.: Drei Überführungsbauwerke über die Bundesautobahn A 8 bei Pforzheim. Stahlbau 72 (Heft 2003), Heft 6, S. 426 - 431 35
- [8] Müller-Donges, R., Steinmann, R.: Hangars für Flugzeuge. Stahlbau 73 (2004), S. 801 - 810 40
- [9] Petersen, Ch.: Stahlbau, Grundlagen der Berechnung und bauliche Ausbildung von Stahlbauten. 3. Aufl., Vieweg Verlag, Braunschweig, 1993, S. 693 - 712 45
- [10] Schlaich, J., Schober, H.: Rohrknoten aus Stahlguss, Stahlbau 68 (1999), Heft 8, S. 652 - 665 50
- [11] Tue, N. V., Küchler, M.: Knotengestaltung hybrider Fachwerkkonstruktionen, Bautechnik 83 (2006), Heft 5, S. 315 - 324 55
- [12] Mengerlinghausen, M.: Komposition im Raum. Raumfachwerk aus Stäben und Knoten. Bauverlag, Wiesbaden, 1975
- [13] Mengerlinghausen, M.: Verbindung von Rohrstäben und knotenbildenden Verbindungsstücken,

insbesondere für zerlegbare Fachwerkkonstruktionen, Deutsches Reichspatent v. 12.03.1943 und Deutsches Bundespatent v. 12.03.1953 (DBP Nr. 874 657)

- [14] Mönck, W.: Holzbau, Grundlagen für Bemessung und Konstruktion, 12. Aufl., Verlag für Bauwesen, Berlin, 1995, S. 275 - 289
- [15] Arbeitsgemeinschaft Holz e. V. (Hrsg.): Holzbauatlas Zwei, 2. Aufl., Fachverlag Holz der Arbeitsgemeinschaft Holz, Düsseldorf, 1996, S. 104 - 121
- [16] v. Emperger, F.: Handbuch für Eisenbetonbau. Band 4, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1909, S. 410 - 415
- [17] Baumann, E.: Aus Druck- und Zugelementen gebildetes flächenhaftes oder räumliches Fachwerk, Patentschrift Nr. 275117 v. 10.10.1969, Österreichisches Patentamt,
- [18] Koncz, T.: Handbuch der Fertigteilbauweise, Band 2., 2. Aufl., Bauverlag, Wiesbaden, 1967, S. 127 - 188
- [19] Schmalhofer, O.: Hallen aus Beton-Fertigteilen. Ernst & Sohn, Berlin, 1995, S. 192 - 196
- [20] Ludwig, H.-M., Thiel, R.: Dauerhaftigkeit von UFHB. in: König, G., Holschemacher, K., Dehn, F. (Hrsg.): Ultrahochfester Beton. Innovationen im Bauwesen. Beiträge aus Wissenschaft und Praxis, 1. Aufl., Bauwerk Verlag, Berlin, 2003, S. 89 - 106

Patentansprüche

1. Modulare Fachwerkkonstruktion aus Beton, mit folgenden separaten modularen Elementen: Gurte, Pfosten (2) und/oder Diagonalen (2) sowie Knotenelemente (4), Zugelemente (6) und gegebenenfalls Kopplungselemente (5), wobei
 - die Gurte (1) sowie die Pfosten (2) und/oder die Diagonalen (2) aus Beton sind,
 - in den Gurten (1), Pfosten (2) und/oder Diagonalen (2) sowie Knotenelementen (4) Aussparungen vorhanden sind,
 - die Zugelemente (6) durch die Aussparungen hindurch geführt sind,
 - die Knotenelemente (4) zwischen den Gurten (1) und den Pfosten (2) und/oder Diagonalen (2) angeordnet sind und
 - die Gurte (1) mit den Zugelementen (6) unter Zwischenschaltung der Knotenelemente (4) und der Pfosten (2) und/oder Diagonalen (2) miteinander verspannt sind,

- dadurch gekennzeichnet, dass** die Knotenelemente (4) unterhalb oder oberhalb der Gurte (1) angeordnet sind und **dadurch** die Gurte (1) an den Knotenelementen (4) ohne Unterbrechung durchlaufen, so dass keine monolithische Knotenverbindung vorhanden ist.
2. Fachwerkkonstruktion nach dem vorherigen Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gurte (1), Pfosten (2) und/oder Diagonalen (2) mit den Knotenelementen (4) durch einen Kontaktstoß zusammengeschlossen sind.
 3. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Übertragung von Zug- und Schubkräften die Kontaktfugen zwischen den Gurten (1), Pfosten (2) und/oder Diagonalen (2) und den Knotenelementen (4) und/oder den Kopplungselementen (5) vorgespannt und/oder mit geeigneten Klebeverbindungen ausgeführt werden.
 4. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Vorspannung der Kontaktfugen zwischen den Gurten (1) und den Knotenelementen (4) und/oder Kopplungselementen (5) die Zugelemente (6) in den Knotenelementen (4) und/oder den Gurten (1) und/oder Kopplungselementen (5) verankert sind.
 5. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich durch die Variation des Neigungswinkels der Seitenflächen der Knotenelemente (4), Diagonalen (2) und/oder Gurte (1) mit beliebigen Stabneigungswinkeln an die Knotenelemente (4) anschließen lassen.
 6. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Knotenelementen (4) und/oder Kopplungselementen (5) Zugelemente mit Hilfe der an ihnen vorhandenen Vorrichtungen und/oder mit Hilfe von in den Knotenelementen (4) und/oder Kopplungselementen (5) integrierten Ankerkörpern befestigt sind.
 7. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in die Fachwerkkonstruktion Kopplungselemente (5) integriert sind.
 8. Fachwerkkonstruktion nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit den Kopplungselementen (5) Nebentragsysteme und/oder Aussteifungselemente (3) von Aussteifungssystemen mit Hilfe eines Kontaktstoßes angeschlossen und/oder einzelne Gurtteilstücke (1) zusammengeschlossen sind.
 9. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit den Kopplungselementen (5) Trägerrostsysteme über Kontaktstoße realisiert sind.
 10. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Steckverbindungen zum Zusammenschluss der Kopplungselemente (5) mit den Gurten (1), Pfosten (2) und/oder Diagonalen (2), den Aussteifungselementen (3) und/oder den Knotenelementen (4) angeordnet sind.
 11. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Kopplungselementen (5) Aussparungen oder Hüllrohre vorhanden sind, so dass Zugelemente (6) durch das Kopplungselement (5) hindurch geführt werden können.
 12. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in die Fachwerkkonstruktion eine Einhängekonstruktion (7) integriert ist, die zum Anschluss der Elemente (3) von Aussteifungssystemen und/oder zum Anschluss von Nebentragsystemen dient.
 13. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine klare Trennung zwischen den Gurten (1), Pfosten (2) und/oder Diagonalen (2), Aussteifungselementen (3), Knotenelementen (4), Kopplungselementen (5) und Zugelementen (6) besteht, so dass diese entsprechend den statischen Anforderungen aus Materialien unterschiedlicher Art, Festigkeit und Verarbeitungseigenschaften hergestellt werden können.
 14. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gurte (1), Pfosten (2) und/oder Diagonalen (2) und/oder die Aussteifungselemente (3) aus Beton, Stahlbeton, Spannbeton, Faserbeton oder einer Kombination der Werkstoffe bestehen.
 15. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gurte (1), Pfosten (2) und/oder Diagonalen (2) und/oder Aussteifungselemente (3) aus mit Beton gefüllten Rohren oder Hohlprofilen bestehen.
 16. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Knotenelemente (4) und/oder Kopplungselemente (5) aus Beton, Stahl, Faserverbundwerk-

stoffen oder einer Kombination der Werkstoffe bestehen und/oder bewehrt sind..

17. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gurte (1), Pfosten (2), Diagonalen (2), Knotenelemente (4) und/oder Kopplungselemente (5) aus hochfestem oder ultrahochfestem Beton hergestellt sind. 5
18. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kontaktstöße durch passgenaue Schalung und/oder durch Schleifen der Kontaktflächen hergestellt sind. 10
19. Fachwerkkonstruktion nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für eine Überhöhung der Fachwerkkonstruktion die Kontaktflächen in den Kontaktstößen passgenau hergestellt sind. 15 20

Claims

1. A modular framework construction made of concrete, having the following separate modular elements: flanges (1), posts (2), and/or diagonals (2) and joint elements (4), tension elements (6), and optionally coupling elements (5), 25 30
 - the flanges (1) and the posts (2) and/or the diagonals (2) being made of concrete,
 - cutouts being present in the flanges (1), posts (2), and/or diagonals (2) and the joint elements (4), 35
 - the tension elements (6) being fed through the cutouts,
 - the joint elements (4) being disposed between the flanges (1) and the posts (2) and/or diagonals (2), and 40
 - the flanges (1) being braced together by means of the tension elements (6), interpositioning the joint elements (4) and the posts (2) and/or diagonals (2), 45**characterized in that**
 the joint elements (4) are disposed above or below the flanges (1), and the flanges (1) thereby extend through the joint elements (4) without interruption, so that there is no monolithic joint connection. 50
2. The framework construction according to the preceding claim, **characterized in that** the flanges (1), posts (2), and/or diagonals (2) are connected to the joint elements (4) by a contact butt joint. 55
3. The framework construction according to at least one

of the preceding claims, **characterized in that** the contact seams between the flanges (1), posts (2), and/or diagonals (2) and the joint elements (4) and/or the coupling elements (5) are pretensioned and/or implemented using suitable adhesive connections for transmitting tensile and shear forces.

4. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the tension elements (6) are anchored in the joint elements (4) and/or the flanges (1) and/or coupling elements (5) for pretensioning the contact seams between the flanges (1) and the joint elements (4) and/or coupling elements (5).
5. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** diagonals (2) and/or flanges (1) can be connected to the joint elements (4) at arbitrary member inclination angles by varying the angle of inclination of the side surfaces of the joint elements (4).
6. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** tension elements are attached in the joint elements (4) and/or the coupling elements (5) by means of fixtures present thereon and/or by means of anchor bodies integrated in the joint elements (4) and/or coupling elements (5).
7. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** coupling elements (5) are integrated in the framework construction.
8. The framework construction according to claim 7, **characterized in that** auxiliary support systems and/or stiffening elements (3) of stiffening systems are connected to the coupling elements (5) by means of a contact butt joint, and/or individual partial flange pieces (1) are connected together.
9. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** girder grid systems are implemented by means of the coupling elements (5) via contact butt joints.
10. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** plug connections are disposed for connecting the coupling elements (5) to the flanges (1), posts (2), and/or diagonals (2), the stiffening elements (3), and/or the joint elements (4).
11. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** cutouts or cladding tubes are present in the coupling elements (5), so that tension elements (6) can be

fed through the coupling element (5).

12. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** a suspension construction (7) is integrated in the framework construction, serving for connecting the elements (3) of stiffening systems and/or for connecting auxiliary support systems. 5
13. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** a clear separation is made between the flanges (1), posts (2) and/or diagonals (2), stiffening elements (3), joint elements (4), coupling elements (5), and tension elements (6), so that these items can be made of different types of materials, having different strengths and machining properties, according to the structural requirements. 10 15
14. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the flanges (1), posts (2), and/or diagonals (2) and/or the stiffening elements (3) are made of concrete, reinforced concrete, prestressed concrete, fiber-reinforced concrete, or a combination of the materials. 20 25
15. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the flanges (1), posts (2), and/or diagonals (2) and/or the stiffening elements (3) are made of tubes or hollow profiles filled with concrete. 30
16. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the joint elements (4) and/or coupling elements (5) are made of concrete, steel, fiber composite materials, or a combination of the materials and/or are reinforced. 35
17. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the flanges (1), posts (2), diagonals (2), joint elements (4), and/or coupling elements (5) are made of high performance or ultra high performance concrete. 40 45
18. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the contact butt joints are produced by precision-fit formwork and/or by grinding the contact surfaces. 50
19. The framework construction according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the contact surfaces in the contact butt joints are produced as a precision fit for canting the framework construction. 55

Revendications

1. Construction de charpente modulaire en béton, comportant les éléments modulaires séparés suivants : des membrures (1), des étances (2) et/ou des diagonales (2) ainsi que des éléments de noeud (4), des éléments de traction (6) et, le cas échéant, des éléments de couplage (5), sachant que
 - les membrures (1) ainsi que les étances (2) et/ou les diagonales (2) sont réalisées en béton,
 - des évidements sont prévus dans les membrures (1), les étances (2) et/ou les diagonales (2) ainsi que les éléments de noeuds (4),
 - les éléments de traction (6) sont disposés à travers les évidements,
 - les éléments de noeuds (4) sont disposés entre les membrures (1) et les étances (2) et/ou les diagonales (2) et
 - les membrures (1) avec les éléments de traction (6) sont croisillonnées les unes avec les autres par intercalage des éléments de noeuds (4) et des étances (2) et/ou des diagonales (2),**caractérisée en ce que** les éléments de noeuds (4) sont disposés au-dessous ou au-dessus des membrures (1) et, qu'ainsi, les membrures (1) s'étendent sans interruption aux éléments de noeuds (4), si bien qu'il n'existe aucun assemblage de noeuds monolithique.
2. Construction de charpente selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** les membrures (1), les étances (2) et/ou les diagonales (2) sont mises en commun avec les éléments de noeuds (4) par un joint de compression.
3. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**, pour la transmission des efforts de traction et de poussée, les joints de contact entre les membrures (1); les étances (2) et/ou les diagonales (2) et les éléments de noeuds (4) et/ou les éléments de couplage (5) sont précontraints et/ou réalisés par des assemblages collés appropriés.
4. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**, pour précontraindre les joints de contact entre les membrures (1) et les éléments de noeuds (4) et/ou les éléments de couplage (5), les éléments de traction (6) sont ancrés dans les éléments de noeuds (4) et/ou les membrures (1) et/ou les éléments de couplage (5).
5. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**, du fait de la variation de l'angle d'inclinaison

des surfaces latérales des éléments de couplage (4), diagonales (2) et/ou membrures (1), le raccordement aux éléments de noeuds (4) s'effectue à des angles d'inclinaison quelconques des contre-fiches.

6. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** des éléments de traction sont fixés aux éléments de noeuds (4) et/ou aux éléments de couplage (5) à l'aide des dispositifs existant sur eux et/ou à l'aide de corps d'ancrage intégrés dans les éléments de noeuds (4) et/ou les éléments de couplage (5). 5
7. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** des éléments de couplage (5) sont intégrés dans la construction de charpente. 10
8. Construction de charpente selon la revendication 7, **caractérisée en ce que** des systèmes porteurs secondaires et/ou des éléments de raidissement (3) de systèmes de raidissement sont connectés aux éléments de couplage (5) à l'aide d'un joint de compression et/ou que des sections de membrure individuelles (1) sont mises en commun. 15
9. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** des grilles de poutres sont réalisées avec les éléments de couplage (5) via des joints de compression. 20
10. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** des connexions à emboîtement sont disposées pour l'assemblage des éléments de couplage (5) avec les membrures (1), les étances (2) et/ou les diagonales (2), les éléments de raidissement (3) et/ou les éléments de noeuds (4). 25
11. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** des évidements ou des tubes de gainage existent dans les éléments de couplage (5), si bien que des éléments de traction (6) puissent être disposés à travers l'élément de couplage (5). 30
12. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'une** structure suspendue (7) est intégrée dans la construction de charpente, qui sert au raccordement des éléments (3) de systèmes de raidissement et/ou au raccordement de systèmes porteurs secondaires. 35
13. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'il** existe une séparation nette entre les membrures (1), les étances (2) et/ou les diagonales (2), les éléments de raidissements (3), les éléments de noeuds (4), les éléments de couplage (5) et les éléments de traction (6), si bien que ces derniers, selon les exigences statiques, peuvent être réalisés en matériaux de nature, rigidité et propriétés de mise en oeuvre différentes. 40
14. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les membrures (1), les étances (2) et/ou les diagonales (2) et/ou les éléments de raidissement (3) sont réalisés en béton, béton armé, béton précontraint, béton de ciment et de fibres ou combinaison de ces matériaux. 45
15. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les membrures (1), les étances (2) et/ou les diagonales (2) et/ou les éléments de raidissement (3) sont réalisés en tubes ou profilés creux remplis de béton. 50
16. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les éléments de noeuds (4) et/ou les éléments de couplage (5) sont réalisés en béton, acier, matériaux composites renforcés par des fibres ou sont une combinaison de ces matériaux et/ou armés. 55
17. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les membrures (1), les étances (2), les diagonales (2), les éléments de noeuds (4) et/ou les éléments de couplage (5) sont réalisés en béton à haute rigidité ou à très haute rigidité.
18. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les joints de compression sont fabriqués par coffrage à côtes exactes et/ou meulage des surfaces de contact.
19. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les surfaces de contact sont réalisées à côtes exactes dans les joints de compression pour le surhaussement de la construction de charpente.

res (1), les étances (2) et/ou les diagonales (2), les éléments de raidissements (3), les éléments de noeuds (4), les éléments de couplage (5) et les éléments de traction (6), si bien que ces derniers, selon les exigences statiques, peuvent être réalisés en matériaux de nature, rigidité et propriétés de mise en oeuvre différentes.

14. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les membrures (1), les étances (2) et/ou les diagonales (2) et/ou les éléments de raidissement (3) sont réalisés en béton, béton armé, béton précontraint, béton de ciment et de fibres ou combinaison de ces matériaux.
15. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les membrures (1), les étances (2) et/ou les diagonales (2) et/ou les éléments de raidissement (3) sont réalisés en tubes ou profilés creux remplis de béton.
16. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les éléments de noeuds (4) et/ou les éléments de couplage (5) sont réalisés en béton, acier, matériaux composites renforcés par des fibres ou sont une combinaison de ces matériaux et/ou armés.
17. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les membrures (1), les étances (2), les diagonales (2), les éléments de noeuds (4) et/ou les éléments de couplage (5) sont réalisés en béton à haute rigidité ou à très haute rigidité.
18. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les joints de compression sont fabriqués par coffrage à côtes exactes et/ou meulage des surfaces de contact.
19. Construction de charpente selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les surfaces de contact sont réalisées à côtes exactes dans les joints de compression pour le surhaussement de la construction de charpente.

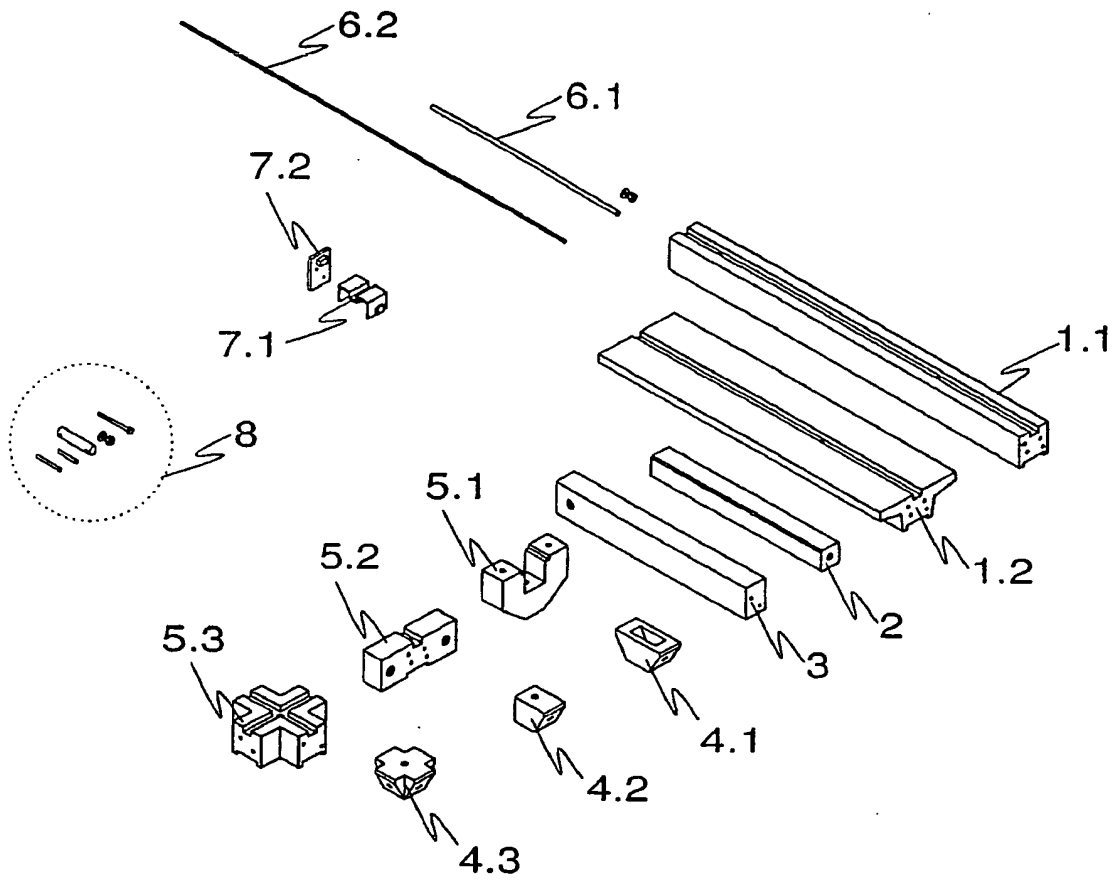


Fig. 1

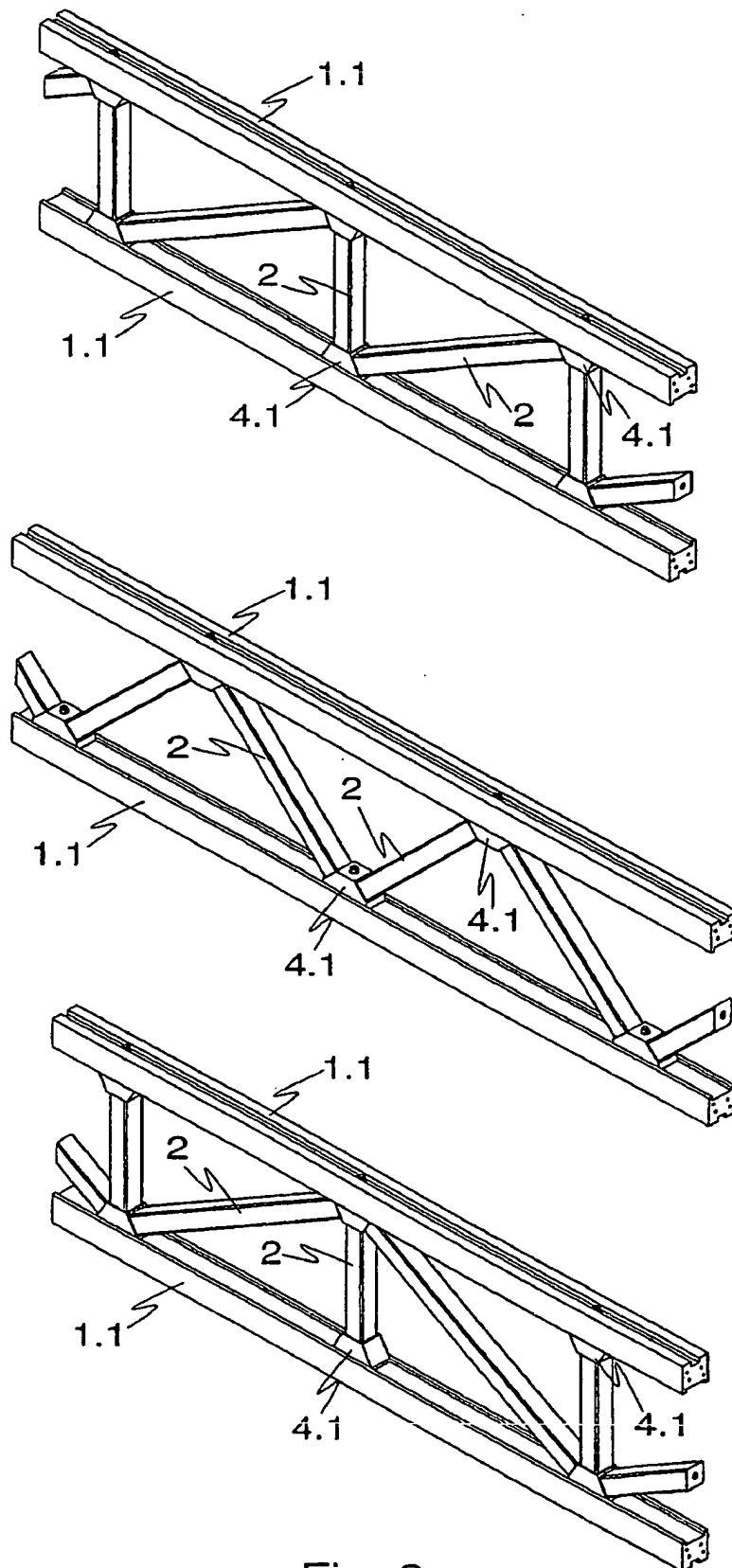


Fig. 2

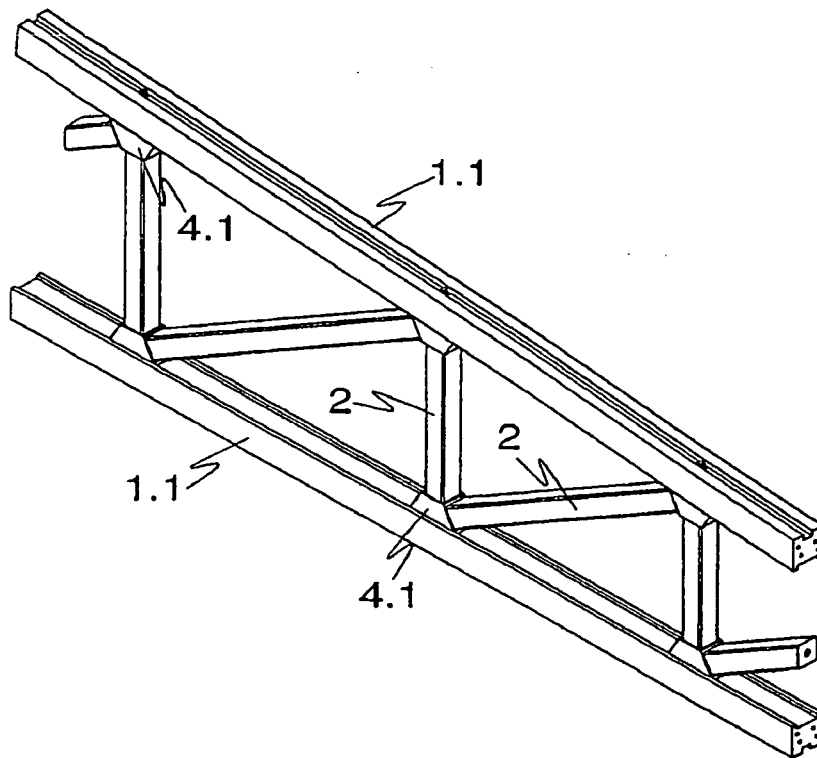


Fig. 3

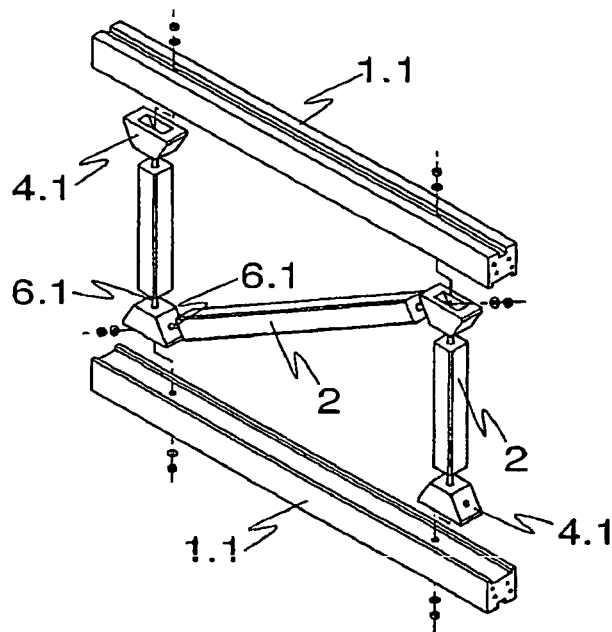


Fig. 4

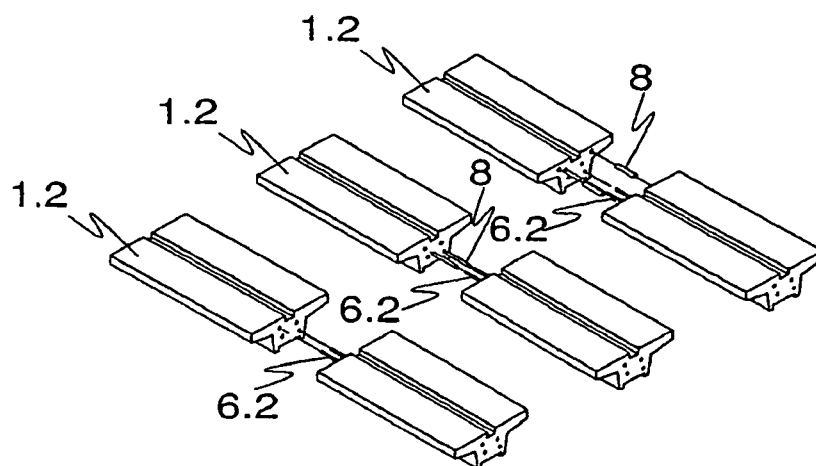


Fig. 5

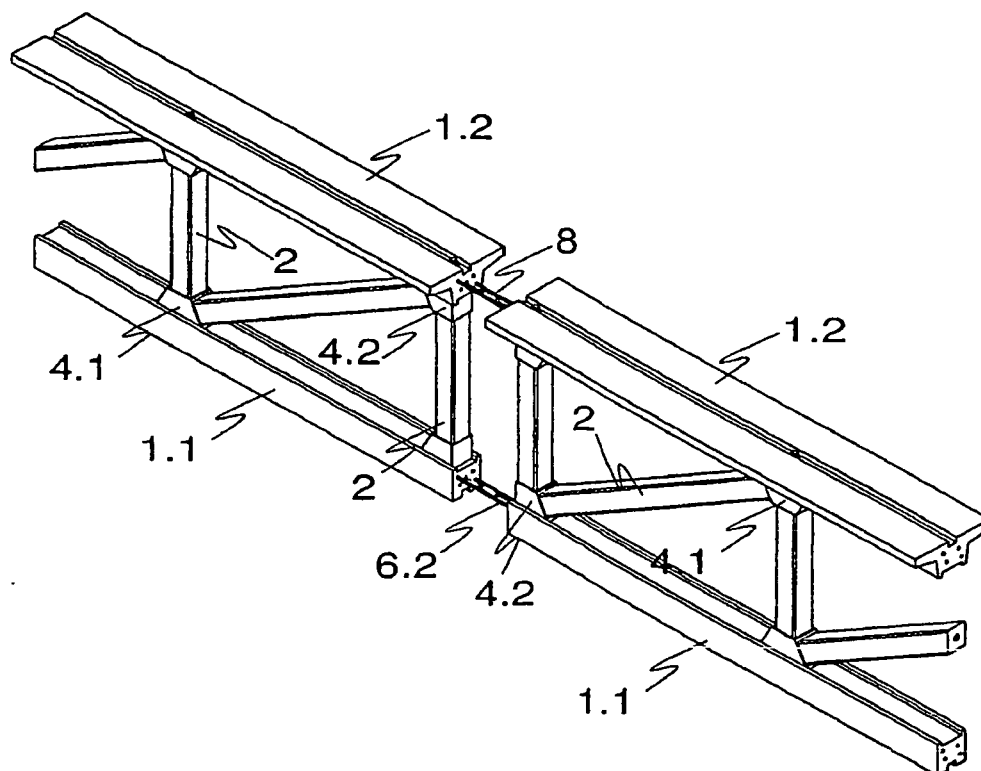


Fig. 6

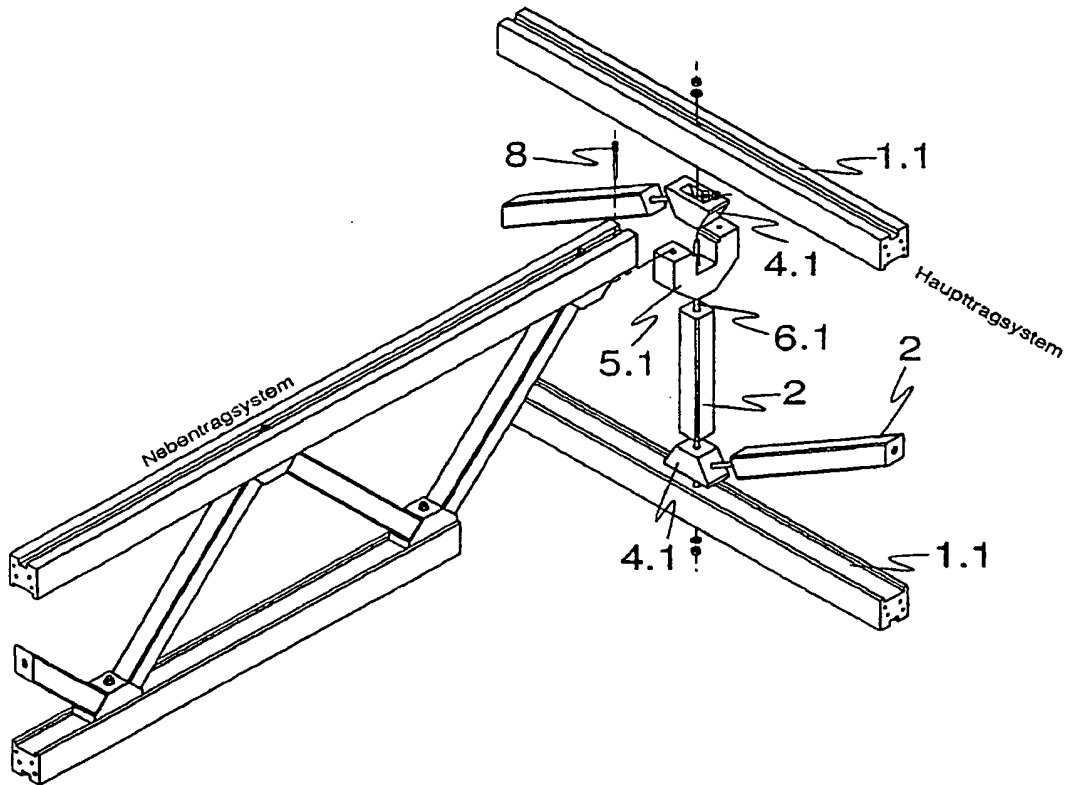


Fig. 7

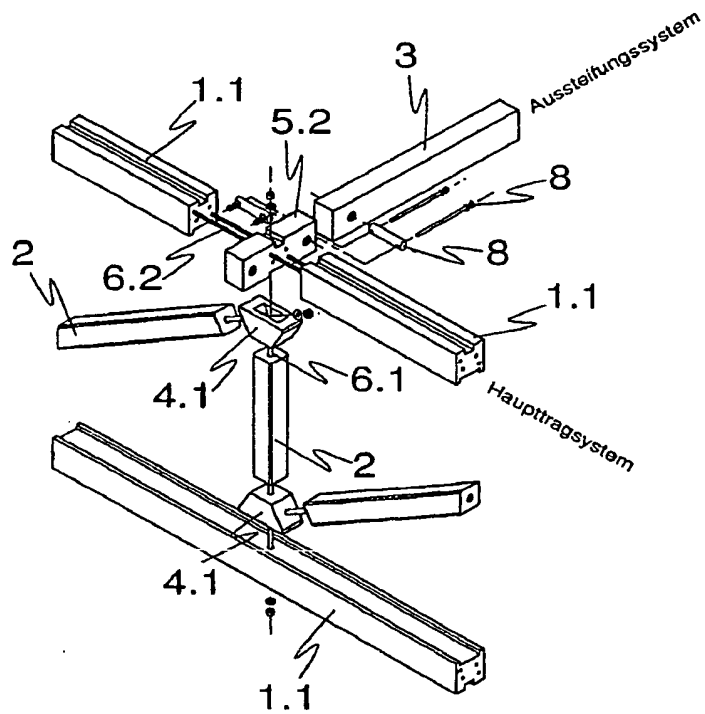


Fig. 8

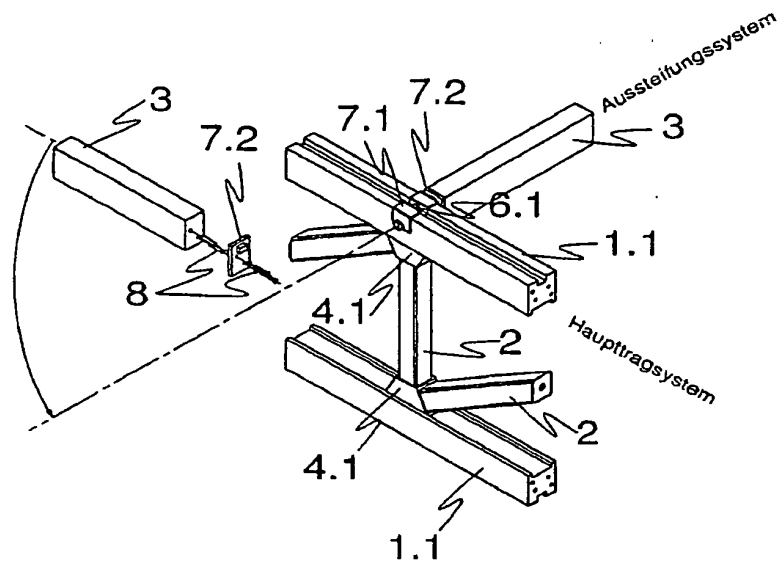


Fig. 9

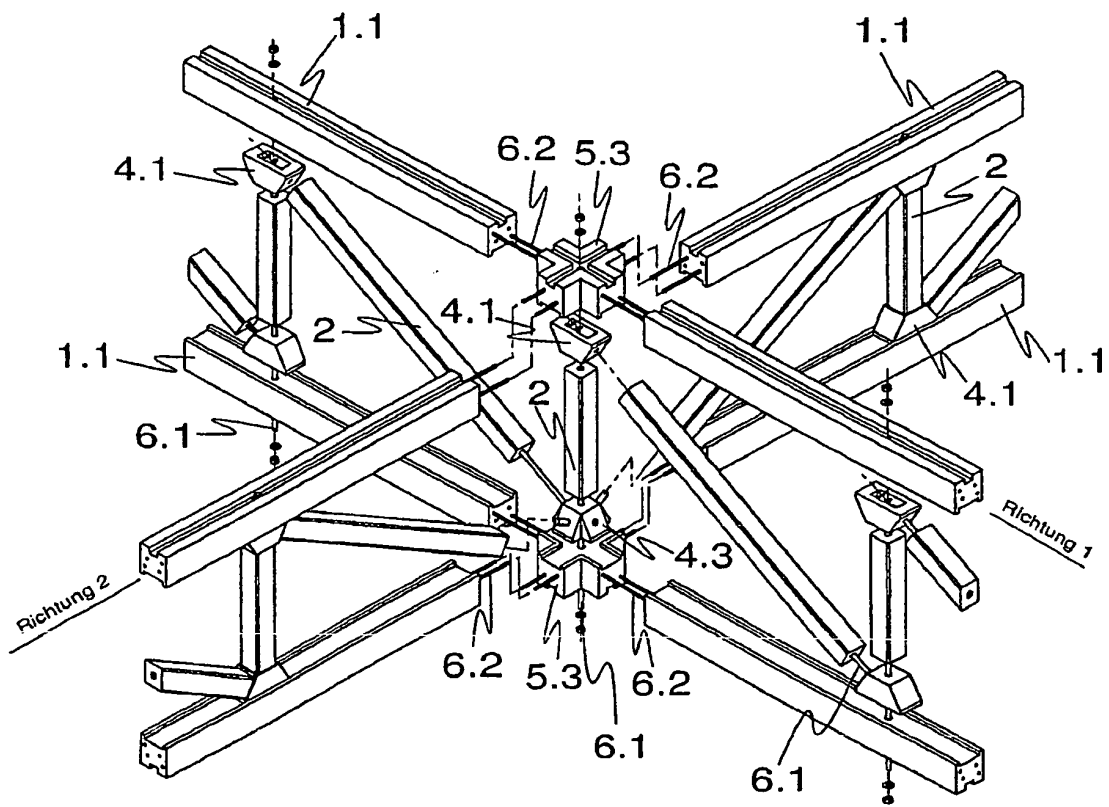


Fig. 10

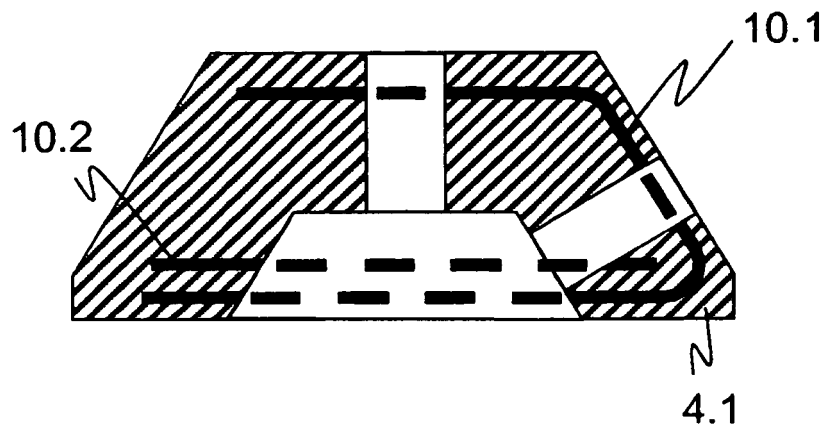


Fig. 11

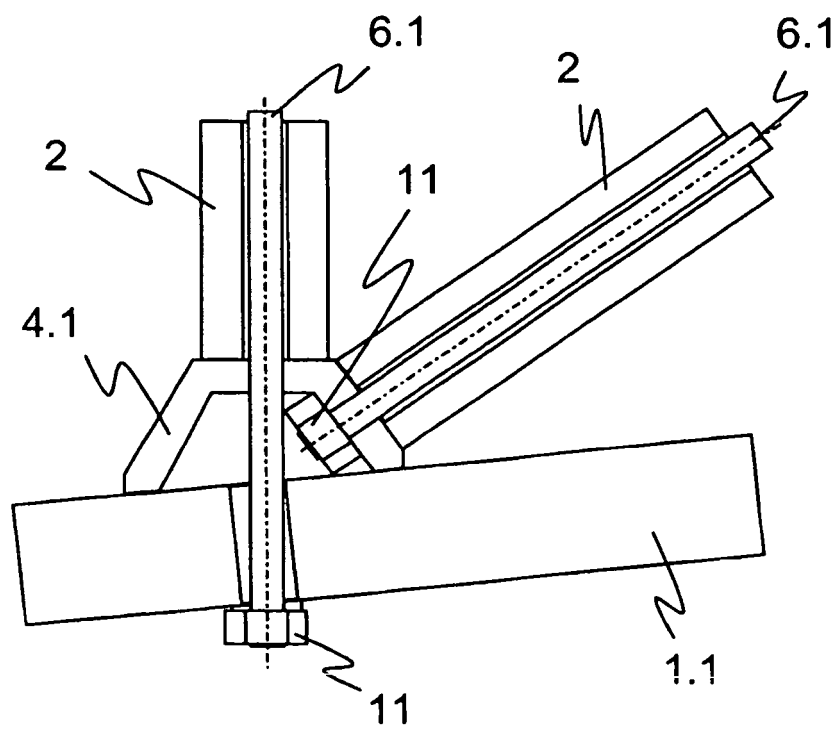


Fig. 12

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 3367074 A [0017]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung. *Holzbau Handbuch, Reihe 1 Entwurf und Konstruktion, Teil 2 Sport- und Freizeitbauten, Folge 1 Mehrzweckhallen. Informationsdienst Holz*, 1983 [0069]
- Hallen aus Stahl. *Dokumentation 534*, 1997 [0069]
- MANGERIG, I ; ZAPFE, C. Stahlhallen. *Stahlbaukalendar* 2003. Ernst & Sohn, 2003, 497-583 [0069]
- DAUNER, H.-G. *Moderner Verbundbrückenbau in der Schweiz. Bauingenieur*, Marz 2002, vol. 77, 126-131 [0069]
- Talbrücke Korntal-Münchingen - Ein Beispiel für eine Rohrfachwerk-Verbundbrücke. EILZER, W ; ANGELMAIER, V. *Neue Entwicklungen im Brückenbau. Innovationen im Bauwesen. Beiträge aus Wissenschaft und Praxis. Bauwerk Verlag*, 2004, 297-318 [0069]
- Fussgängerbrücken aus Stahl. *Dokumentation 577*. 2004 [0069]
- SEIFRIED, G ; SCHÄFER, A. Drei Überführungsbauwerke über die Bundesautobahn A 8 bei Pforzheim. *Stahlbau*, 2003, vol. 72, 426-431 [0069]
- MÜLLER-DONGES, R ; STEINMANN, R. Hangars für Flugzeuge. *Stahlbau*, 2004, vol. 73, 801-810 [0069]
- PETERSEN, CH. *Stahlbau, Grundlagen der Berechnung und bauliche Ausbildung von Stahlbauten*. Vieweg Verlag, 1993, 693-712 [0069]
- SCHLAICH, J ; SCHÖBER, H. Rohrknoten aus Stahlguss. *Stahlbau*, 1999, vol. 68, 652-665 [0069]
- TUE, N. V ; KÜCHLER, M. Knotengestaltung hybrider Fachwerkkonstruktionen. *Bautechnik*, 2006, vol. 83, 315-324 [0069]
- Komposition im Raum. MENGERINGHAUSEN, M. *Raumfachwerk aus Stäben und Knoten*. Bauverlag, 1975 [0069]
- MÖNCK, W. *Holzbau, Grundlagen für Bemessung und Konstruktion*. Verlag für Bauwesen, 1995, 275-289 [0069]
- *Holzbauatlas Zwei*, 2. Aufl., Fachverlag Holz der Arbeitsgemeinschaft Holz. 1996, 104-121 [0069]
- V. EMPERGER, F. *Handbuch für Eisenbetonbau*. Verlag Ernst & Sohn, 1909, vol. 4, 410-415 [0069]
- KONCZ, T. *Handbuch der Fertigteilbauweise*. Bauverlag, 1967, vol. 2, 127-188 [0069]
- SCHMALHOFER, O. *Hallen aus Beton-Fertigteilen*. Ernst & Sohn, 1995, 192-196 [0069]
- Dauerhaftigkeit von UFHB. LUDWIG, H.-M ; THIEL, R. *Ultrahochfester Beton. Innovationen im Bauwesen. Beiträge aus Wissenschaft und Praxis. Bauwerk Verlag*, 2003, 89-106 [0069]