



(10) **DE 10 2021 111 106 A1** 2022.11.03

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 111 106.4**

(22) Anmeldetag: **29.04.2021**

(43) Offenlegungstag: **03.11.2022**

(51) Int Cl.: **H02S 20/00 (2014.01)**

H02S 20/10 (2014.01)

F16M 13/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
sbp sonne gmbh, 70178 Stuttgart, DE

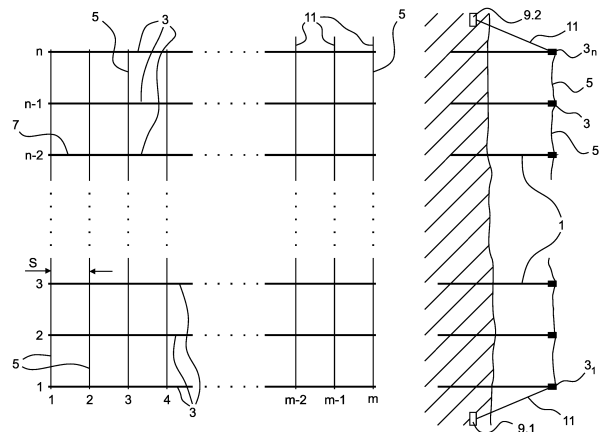
(74) Vertreter:
**DREISS Patentanwälte PartG mbB, 70174
Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:
**Balz, Markus, 72649 Wolfschlugen, DE; Bohn,
Matthis, 70178 Stuttgart, DE; Frank, Martin, 70180
Stuttgart, DE; Dillmann, Uli, 70197 Stuttgart, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Tragstruktur für PV-Module**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Tragstruktur für PV-Module vorgeschlagen, die es erlaubt, großflächige PV-Anlagen über Parkplätzen oder landwirtschaftlich genutzten Flächen zu errichten.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anlage zur Erzeugung von elektrischer Energie mittels Photovoltaik (PV) auf einer auch anderweitig genutzten Fläche. Zum Beispiel soll die PV-Anlage auf einem Parkplatz für Kraftfahrzeuge oder einer landwirtschaftlich genutzten Fläche aufgestellt werden, so dass unter den PV-Modulen beispielsweise Kraftfahrzeuge parken oder Landwirtschaft betrieben wird.

[0002] Photovoltaikanlagen, die auf einem Parkplatz für Kraftfahrzeuge oder einer landwirtschaftlich genutzten Fläche aufgestellt und betrieben werden sollen, müssen verschiedene technische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen erfüllen.

[0003] Insbesondere müssen sie kostengünstig sein, relativ leicht zu errichten sein und möglichst wenig Baumaterial benötigen. Natürlich müssen sie auch bei hohen Windlasten, wie z.B. Sturmböen, eine ausreichende Steifigkeit aufweisen.

[0004] Alle Bauwerke, deren Haupt-Abmessungen (Länge, Breite) bezogen auf die Dicke ihrer tragenden Struktur sehr groß sind, neigen zu Schwingungen, die beispielsweise durch Windböen angeregt werden. Es ist daher sicherzustellen, dass Schwingungen der Tragstruktur bzw. der PV-Anlage nicht auftreten bzw. die Amplituden dieser Schwingungen so klein bleiben, dass keine Schäden an der Tragstruktur und den PV-Modulen auftreten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die PV-Module überwiegend aus dem spröden Werkstoff „Glas“ bestehen.

[0005] Diese Aufgaben werden erfindungsgemäß gelöst durch eine Tragstruktur für Photovoltaikmodule, umfassend mehrere nebeneinander verlaufende Reihen von Stützen und mehrere nebeneinander verlaufende Spannblätter, wobei die Stützen einer Reihe durch jeweils eine Traverse miteinander verbunden sind, wobei die Spannblätter quer zu den Traversen verlaufen und wobei an den Spannblättern Photovoltaikmodule angeordnet sind.

[0006] Die erfindungsgemäße Tragstruktur umfasst also eine Vielzahl von teilweise sehr langen Reihen von Traversen. Zwischen diesen Traversen sind Spannblätter angeordnet, die an und für sich biegeschlaff sind. Durch eine ausreichende Vorspannung erreichen die Spannblätter eine ausreichende Steifigkeit. Die Vorspannkraft in den Spannblättern wird durch aeroelastische Windkanaluntersuchungen sowie computergestützte Simulationen so bestimmt, dass sich ein wirtschaftliches Optimum bei gleichzeitiger Reduktion der aerodynamischen Effekte - Schwingungen - ergibt. Die Vorspannung hängt damit auch von dem Standort der PV-Anlage ab. An einem windreichen Standort ist eine größere Vor-

spannung erforderliche als an einem Standort geringen maximalen Windgeschwindigkeiten.

[0007] Die Spannblätter von der Vorspannung verursachte Dehnung der Spannblätter ist so groß, dass zu jedem Zeitpunkt aber auch in im Falle einer windinduzierten Schwingung an jedem Punkt der Schwingung die Vorspannung größer als null ist. Das gilt auch für den sehr kurzen Moment, wenn ein schwingendes Spannblatt perfekt horizontal ausgerichtet ist und nicht durchhängt. In diesem Moment, der auch als „Nulldurchgang“ der Schwingungsamplitude bezeichnet werden kann, ist die (gedehnte) Länge des Spannblatts minimal, weil es die kürzeste Verbindung zwischen zwei benachbarten Auflagerpunkten „einnimmt“. Auch dann ist noch eine gewisse Vorspannung vorhanden.

[0008] An diesen Spannblättern werden die PV-Module befestigt. Die erfindungsgemäße Konstruktion ist extrem leicht, kostengünstig und trotzdem sehr belastbar.

[0009] Die Stützen der erfindungsgemäßen Tragstruktur sind so lang, dass die Traversen und die Spannblätter samt den darauf befestigten PV-Modulen eine Höhe über dem Grund von zum Beispiel 5 oder 6 Metern haben. Sie können daher nicht von einem Fahrzeug, das beispielsweise auf einem unter den PV-Modulen angelegten Parkplatz abgestellt wird, berührt und beschädigt werden. Entsprechendes gilt, wenn die erfindungsgemäße Tragstruktur im Zusammenhang mit landwirtschaftlich genutzten Flächen errichtet wird. Dann muss die lichte Höhe der Traversen, aber auch der Spannblätter, so bemessen sein, dass die zum Bewirtschaften der landwirtschaftlichen Fläche benötigten Maschinen und Fahrzeuge zumindest unter den Spannblättern hindurchfahren können. Das ist in der Regel ausreichend. In manchen Fällen ist es auch erwünscht, wenn man auch unter den Traversen hindurchfahren kann.

[0010] Die Hauptabmessungen einer solchen Tragstruktur, nämlich Länge und Breite der von der Tragstruktur überspannten Grundfläche, können weit über 100 m betragen, so dass eine Peak-Leistung von weit mehreren Megawatt [MW_{peak}] installiert werden kann. Allerdings ist eine solche lange und breite/großflächige Struktur auch empfindlich gegenüber aerolastischen Schwingungen, die durch Windlasten angeregt werden. Die Amplituden dieser für die PV-Module gefährlichen Schwingungen kann durch eine ausreichende Vorspannung der Spannblätter auf ein unschädliches Maß reduziert werden.

[0011] Eine besonders vorteilhafte, wirtschaftliche und leistungsfähige Ausgestaltung sieht vor, dass die Spannblätter aus korrosionsgeschütztem Stahlblech bestehen, und dass in den Spannblättern

Durchbrüche vorhanden sind, um PV-Module an dem Spannband zu befestigen und/oder die Spannblätter an den Kreuzungspunkten zwischen einer Traverse und einem Spannband an der Traverse zu befestigen.

[0012] Das Spannband kann beispielsweise aus einem hochfesten Stahlblech mit einer Dicke von 2 bis 4 mm, bevorzugt von 3 mm, und einer Breite von 50 bis 150 mm bestehen. Dadurch ergibt sich eine ausreichend hohe Zugfestigkeit, um die erforderliche Vorspannung aufzubringen. Trotzdem kann das Spannband, weil es relativ dünn ist, gut auf einer Spule/Haspel aufgewickelt werden und kann auf diese Weise zum Aufstellungsort transportiert werden. Zur Montage des Spannbands wird eine solche Spule oder Haspel über die Traversen geführt und dabei abgewickelt. Anschließend liegt das Spannband (noch ohne Vorspannung) über den Traversen. In einem darauffolgenden Schritt wird die erforderliche Vorspannung aufgebracht.

[0013] Wenn die Spannblätter aus einem „endlosen“ Streifen eines hochfesten Stahlblechs hergestellt werden, dann können an den geeigneten Stellen Durchbrüche (kreisrunde Löcher, Langlöcher oder anders geformte Durchbrüche) durch Stanzen oder Laserschneiden oder auf andere Weise in das Spannband eingebracht werden. Mit Hilfe dieser Durchbrüche ist es dann sehr einfach möglich, mehrere PV-Module an den Spannblättern, beispielsweise mit Hilfe von Klemmstücken, zu befestigen. Das Gleiche gilt für die Verbindung zwischen Spannband und den Traversen an den Kreuzungspunkten zwischen Spannband und Traverse.

[0014] Selbstverständlich sind auch alternative Formen von Spannblättern möglich, nämlich Stahlseile, Faserseile aus nicht-metallischen Fasern, wie Glasfasern, Kohlenstofffasern oder Aramidfasern oder Mischungen dieser Faserwerkstoffe.

[0015] Die Spannblätter sind zumeist an den Kreuzungspunkten einer Traverse an der Oberseite einer Traverse, bevorzugt durch eine Klemmung bzw. einen Reib- oder Kraftschluss, befestigt. Dadurch tritt keine Kerbwirkung auf und das Abheben des Spannbands von der Traverse, z.B. infolge einer Windböe, wird wirksam verhindert.

[0016] Alternativ können die Spannblätter auch an der Unterseite der Traversen vorbeigeführt und befestigt werden. Das kann die Errichtung der Tragstruktur vereinfachen. Dabei werden die Spannblätter unter den Traversen ausgerollt und dann hochgezogen.

[0017] Außerdem bewirkt die Klemmung der Spannblätter an den Kreuzungspunkt eine Aussteifung zwischen den benachbarten Traversen, so dass ins-

gesamt die Tragstruktur stabilisiert und ausgesteift wird.

[0018] Um ein Abknicken oder eine erhöhte Biegespannung in dem Spannband zu verhindern, ist mindestens an den Kreuzungspunkten einer Traverse und eines Spannbands die Oberseite der Traverse konvex gekrümmt und das Spannband liegt auf der gekrümmten Oberseite der Traverse auf. Es ist sowohl möglich, diese Krümmung als integralen Bestandteil der Traverse auszubilden, indem ein Rohr oder ein geschweißtes Hohlprofil aus Stahlblechen hergestellt wird, dessen Oberseite die gewünschte Krümmung aufweist. Es ist aber auch möglich, die Traversen beispielsweise als Vierkantrohr auszubilden und immer dort, wo die Spannblätter über die Traverse laufen, einen Sattel aufzusetzen und mit der Traverse zu verschrauben, wobei der Sattel die gewünschte Krümmung aufweist.

[0019] Die Traversen können auch aus einem nachwachsenden Rohstoff, insbesondere Holz (z. B. Konstruktions-Vollholz) hergestellt werden. Auch dann ist es vorteilhaft, die Krümmung an den Oberseiten der Traversen durch einen Profilfräser direkt in den Traversen herzustellen.

[0020] Die Ausführungsform mit aufgesetzten Sattelstücken ist in manchen Fällen besonders wirtschaftlich in der Fertigung, weil die Traversen dann aus handelsüblichen am Markt verfügbaren Stahlrohren oder Kanthölzern, sei es mit rundem oder quadratischem oder rechteckigem Querschnitt, ausgebildet sein können. Die Sattelstücke werden dann auf diese Traversen aufgesetzt und beispielsweise mit Spannschrauben an den Traversen festgeklemmt. Das erleichtert unter anderem den Transport der Einzelteile zur Baustelle. Vor Ort werden die Sattelstücke dann montiert.

[0021] Alternativ ist es auch möglich, dass die Spannblätter aus einzelnen Abschnitten zusammengesetzt werden und sich jeweils ein Abschnitt zwischen zwei benachbarten Traversen erstreckt. Das eine Ende des Spannbandabschnitts wird dann an einer Traverse befestigt und das gegenüberliegende Ende des Spannbandabschnitts wird dann an der benachbarten Traverse befestigt. Bei dieser Konstruktion können z.B. Befestigungsglaschen an den Traversen an den geeigneten Punkten angeschweißt oder in Form von Halbschalen an den Traversen festgeklemmt werden. Die Abschnitte werden dann auf Maß geschnitten und vorgespannt zwischen den Traversen eingebaut.

[0022] Es ist auch möglich, dass ein Abschnitt eines Spannbands sich über zwei oder mehr Traversen erstreckt. Dann könne auch sehr große Tragstrukturen wirtschaftlich hergestellt werden.

[0023] Mehrere hintereinander angeordnete Spannbandabschnitte bilden ein durchgehendes Spannband, das sich von einer ersten Traverse bis zu einer letzten Traverse erstreckt. Für die Steifigkeit der erfindungsgemäßen Tragstruktur ist es ohne Bedeutung, ob das Spannband einstückig ausgebildet ist oder aus mehreren Spannbandabschnitten besteht, die hintereinander angeordnet sind und die gleiche Wirkung entfalten wie ein durchgehendes Spannband.

[0024] Um die zur Vorspannung der Spannbänder aufzubringenden Spannkkräfte von der ersten Traverse und der letzten Traverse abzuleiten, sind mindestens zwei Fundamente vorgesehen. Ein erstes Fundament verläuft im Wesentlichen parallel zur ersten Traverse und ein zweites Fundament verläuft parallel zur letzten Traverse. In der Regel sind diese Fundamente außerhalb des von der erfindungsgemäßen Tragstruktur überdeckten Bereichs angeordnet. Dann können durch geeignete Zugmittel die Vorspannkkräfte auf einfache Weise von der ersten Traverse in das erste Fundament abgeleitet werden und die Vorspannkkräfte der Spannbänder von der letzten Traverse in das zweite Fundament abgeleitet werden.

[0025] Die Fundamente müssen die Vorspannkkräfte der Spannbänder aufnehmen und in das Erdreich einleiten. Der können als Streifen- oder Punktfundament ausgebildet sein. Sie können auch aus Mikropfählen und/oder Verpressankern gebildet werden. Die Punktfundamente, Mikropfähle und/oder Verpressanker sind in Reihen parallel zu der ersten bzw. letzten Traverse im Erdreich angeordnet sein. Dann kann beispielsweise mit Hilfe geeigneter Zugmittel (z.B. ein Stahlseil) eine Verbindung zwischen der ersten Traverse und dem ersten Fundament hergestellt werden. Selbstverständlich ist es erforderlich, dass über die gesamte Länge der Traverse, die, wie bereits erwähnt, 100 m oder mehr betragen kann, mehrere Zugmittel vorgesehen sind, welche über die gesamte Länge der Traverse auftretenden Vorspannkkräfte in das erste Fundament einleiten. Entsprechendes gilt selbstverständlich auch für das zweite Fundament und die letzte Traverse.

[0026] Die von den Spannbändern überspannte Fläche wird in der Regel nicht komplett mit PV-Modulen belegt. Eine nur teilweise Belegung kann folgende Vorteile mit sich bringen:

Die aus Windlasten resultierenden Staudrücke und

aerodynamischen Überhöhungen können durch eine nur teilweise Belegung verringert werden. Manchmal ist auch eine unregelmäßige Belegung der Spannbänder mit PV-Modulen vorteilhaft, um die Amplituden der windinduzierten Schwingungsanregungen der Tragstruktur zu

verringern. Diese Fragen werden durch Windkanaluntersuchungen und/oder Simulationsrechnungen geklärt.

[0027] Bei einer Anwendung über Agrarflächen werden die Anordnung der PV-Module und der Bedeckungsgrad durch die auf der Agrarfläche wachsenden Pflanzen und deren Eigenschaften definiert. Es kann unter diesem Gesichtspunkt vorteilhaft sein, daher die PV-Module in einer Vielzahl von in sich geschlossenen Teilflächen anzuordnen, wobei zwischen den Teilflächen ein gewisser Abstand vorgesehen ist, so dass ausreichend Sonnenlicht auf die Pflanzen fällt und der Schattenwurf, bzw. die Dauer der Abschattung durch eine der Teilflächen möglichst gleichverteilt ist. Dazu können die Teilflächen in der Art eines Schachbrettmusters verteilt sein.

[0028] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass die Spannbänder einen Abstand zueinander aufweisen, der in etwa der Länge der zu montierenden PV-Module entspricht. Dann nämlich können die PV-Module mit ihren kurzen Seiten auf zwei benachbarten Spannbändern aufliegen und dort mit dem Spannband, beispielsweise durch Klemmelemente oder eine Schraubverbindung, befestigt werden. Dabei ist es möglich, dass entweder die PV-Module auf Stoß angeordnet werden oder, ähnlich wie bei einem Schindeldach, teilweise überlappend angeordnet sind.

[0029] Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass die Spannbänder einen Abstand zueinander aufweisen, der in etwa der Breite der zu montierenden PV-Module entspricht. Dann nämlich können die PV-Module mit ihren langen kurzen Seiten auf zwei benachbarten Spannbändern aufliegen und dort mit dem Spannband, beispielsweise durch Klemmelemente oder eine Schraubverbindung, befestigt werden. Eine kurze Spannweite kann besonders bei sogenannten Glass-Glass-PV-Modulen vorteilhaft sein. Dabei hier ist es möglich, dass entweder die PV-Module auf Stoß angeordnet werden oder, ähnlich wie bei einem Schindeldach, teilweise überlappend angeordnet sind.

[0030] Es ist bei der erfindungsgemäßen Tragstruktur alternativ möglich, die PV-Module ohne Rahmen direkt auf den Spannbändern mit Hilfe geeigneter Klemmelemente und Dichtleisten anzuordnen. Diese Ausführungsform ist besonders leicht und kostengünstig und bietet dem Wind weniger Angriffsfläche, weil die PV-Module noch niedriger bauen als PV-Module, die von einem (Aluminium-)Rahmen umgeben sind. Es ist aber auch möglich, PV-Module mit einem Rahmen auf der erfindungsgemäßen Tragstruktur einzusetzen. Dann wird das PV-Modul über den Rahmen mit den Spannbändern verbunden. Diese Ausführungsform ist etwas robuster, aller-

dings sind die Baukosten höher und die Angriffsfläche für den Wind ist größer.

[0031] Es ist selbstverständlich auch möglich, eine Kombination aus PV-Modulen mit und ohne Rahmen einzusetzen. Dadurch können die Vorteile beider Ausführungsformen miteinander verbunden werden.

[0032] Um sicherzustellen, dass eventuell auftretender Regen nicht in unkontrollierter Weise auf die Fahrzeuge oder die darunter befindliche landwirtschaftliche Fläche gelangt, sind zwischen benachbarten PV-Modulen Dichtungen vorgesehen. Dadurch wird das auftreffende Regenwasser z.B. mit Hilfe einer Regenrinne gesammelt und kontrolliert einer weiteren Verwendung zugeführt werden. Beispielsweise kann es in einem Regenwasserspeicher gesammelt werden und später zum Wässern der dort wachsenden Pflanzen eingesetzt werden.

[0033] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen entnehmbar. Alle in der Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

Figurenliste

[0034] Es zeigen:

Fig. 1 bis Fig. 11, Fig. 13 bis Fig. 29 und Fig. 32 bis Fig. 35 verschiedene Ansichten und Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Tragstruktur.

[0035] Die Nummern 12, 30 und 31 wurden nicht vergeben.

[0036] Teilweise zeigen die Figuren auch Details, wobei für gleiche Bauteile die gleichen Bezugszeichen verwendet werden. Nicht in allen Figuren sind alle Bauteile mit Bezugszeichen versehen, um die Übersichtlichkeit zu bewahren.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0037] Die **Fig. 1** zeigt eine Draufsicht und eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Tragstruktur stark vereinfacht zur Veranschaulichung des grundsätzlichen Aufbaus.

[0038] Im linken Teil der **Fig. 1** ist eine Draufsicht auf die erfindungsgemäße Tragstruktur (ohne PV-Module) dargestellt. Der rechte Teil der **Fig. 1** zeigt eine Seitenansicht der erfindungsgemäßen Tragstruktur, auch ohne PV-Module.

[0039] Die erfindungsgemäße Tragstruktur besteht aus einer Vielzahl von Stützen 1, die unterhalb der Traversen 3 angeordnet sind. Wie sich aus der Draufsicht der **Fig. 1** ergibt, sind mehrere Traversen 3 parallel zueinander angeordnet. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind insgesamt „n“ Traversen 3 vorhanden. Die Nummerierung der Traversen 3 von 1 bis n ist an der linken Seite der **Fig. 1** angedeutet.

[0040] Auf bzw. an den Traversen 3 sind „m“ Spannbänder 5 angeordnet und befestigt. Sie verlaufen parallel zueinander und bei diesem Ausführungsbeispiel in einem rechten Winkel zu den Traversen 3. Ein Abstand s zwischen zwei benachbarten Spannbändern 5 entspricht oftmals einer Länge eines PV-Moduls. Das bedeutet, dass ein PV-Modul (nicht dargestellt) mit einer rechteckigen Grundfläche mit seinen Stirnseiten auf zwei benachbarten Spannbändern 5 aufliegt kann und dort mit diesen fest verbunden werden kann.

[0041] Es ist in der Regel vorteilhaft, wenn die PV-Module so angeordnet werden, dass die langen Seiten der PV-Module auf den Spannbändern 5 aufliegen und dort befestigt werden. weil dadurch die mechanische Belastung auf die PV-Module geringer ist. Die Spannbänder sind bogenförmig, bzw. in Form einer Kettenlinie gekrümmt. Allerdings ist der Krümmungsradius der Kettenlinie aufgrund der Vorspannung extrem groß ist. Dadurch resultiert aus der Befestigung der PV-Module an den langen Seiten nur eine vernachlässigbare Durchbiegung der PV-Module. In der Seitenansicht der **Fig. 1** ist die Krümmung der Spannbänder 5 zeichnerisch angedeutet. Sie ist allerdings nicht maßstäblich.

[0042] Immer dort, wo ein Spannbänder 5 eine Traverse 3 kreuzt, entsteht ein Kreuzungspunkt 7, von dem in der **Fig. 1** nur einer exemplarisch mit einem Bezugszeichen versehen wurde. In Summe gibt es demnach „n“ mal „m“ Kreuzungspunkte 7.

[0043] In der Seitenansicht der **Fig. 1** ist auch zu erkennen, dass die Stützen 1 in das Erdreich hineinragen können, so dass sie dort fest in dem Erdreich gegründet sind. Das Erdreich ist in der Seitenansicht durch eine Schraffur angedeutet. In einer bevorzugten Ausführungsform werden Rammpfähle in das Erdreich gerammt, deren oberes Ende dann auf Höhe des Parkplatzes/der Agrarfläche endet. Auf die oberen Enden der Rammpfähle werden dann die Stützen aufgesetzt und mit ihnen verbunden.

[0044] In der Seitenansicht der **Fig. 1** sind die erste Traverse 3₁ und die letzte Traverse 3_n zu sehen. Außerhalb des von der Tragstruktur überspannten Bereichs befindet sich ein erstes Fundament 9.1 im Erdreich. Dieses erste Fundament 9.1 verläuft parallel zu der ersten Traverse 3.1. Ein zweites Funda-

ment 9.2 ist symmetrisch angeordnet bezogen auf die letzte Traverse 3_n .

[0045] Um die Vorspannung der m Spannbänder 5, die von der ersten Traverse 3.1 und der letzten Traverse 3_n aufgebracht werden müssen, in die Fundamente 9.1 bzw. 9.2 ableiten zu können, sind bei diesem Ausführungsbeispiel Zugmittel 11 vorgesehen, welche die im Wesentlichen in horizontaler Richtung verlaufenden Vorspannkkräfte umlenken und in die Fundamente 9 einleiten. Die Zugmittel 11 können beispielsweise als Stahlseile, Gewindestangen oder einen sehr dicken Stahldraht mit einem Durchmesser von beispielsweise 30 bis 60 mm bestehen.

[0046] In der Draufsicht der **Fig. 1** sind die Fundamente 9 und die Zugmittel 11 nicht sichtbar, bzw. nur teilweise dargestellt. Die Zugmittel 11 können beispielsweise immer dort an der ersten Traverse 3.1 bzw. der letzten Traverse 3_n angeordnet sein, wo ein Spannband 5 an den Traversen 3.1 bzw. 3_n befestigt ist. Dann wird die Vorspannkraft gewissermaßen direkt und ohne Biegemomente auf die Traverse 3 ausgeübt und von den Spannbändern 5 in die Zugmittel 11 eingeleitet. Diese Anordnung rechts oben in der Draufsicht der **Fig. 1** illustriert.

[0047] Eine sehr vorteilhafte und wirtschaftliche Variante sieht vor, dass nur in den Verlängerungen der von den Stützen gebildeten Achsen Zugmittel 11 vorgesehen sind.

[0048] Wie bereits erwähnt, sind die Abmessungen der erfindungsgemäßen Tragstruktur durchaus beträchtlich. Eine Länge der Traversen 3 kann mehr als 100 m betragen. In entsprechender Weise kann die Länge der Spannbänder 5 ebenfalls mehr als 100 m betragen, so dass die von der Tragstruktur überdeckte Fläche größer als 1 ha ist. Dementsprechend ist auch die Höhe der Stützen 1 so gewählt, dass zwischen dem Boden und den Spannbändern 5 bzw. den Traversen 3 eine lichte Höhe von mindestens 4 m, oftmals aber auch von 5 oder mehr Metern vorhanden ist.

[0049] Dadurch können Fahrzeuge, auch große Traktoren und Anhänger, unter den Spannbändern 5 bzw. den darauf befindlichen PV-Modulen hindurchfahren, ohne dass es zu einem Kontakt kommen kann.

[0050] In der **Fig. 2** ist eine Isometrie eines Ausführungsbeispiels dargestellt. Aus dieser Isometrie ergibt sich, dass nicht die gesamte von der Tragstruktur überspannte Fläche mit PV-Modulen 13 bedeckt sein muss, sondern dass in den Gassen zwischen Parkplätzen ein Bereich frei bleiben kann. D. h. die PV-Module 13 sind nur dort angeordnet, wo die Fahrzeuge parken. Dort wo die Fahrzeuge fahren,

d. h. in den Gassen zwischen den Reihen von Parkplätzen, sind keine PV-Module angebracht.

[0051] Dadurch, dass nicht die gesamte von den Traversen und den Spannbändern überspannte Fläche mit PV-Modulen belegt ist, sondern immer wieder unterbrochen ist, wird die Gefahr von windinduzierten Schwingungen mit großen Amplituden verringert. Auch das reduziert die Belastung der Spannbänder und führt gleichzeitig zu einer höheren Steifigkeit der erfindungsgemäßen Tragstruktur.

[0052] Außerdem fällt durch die nicht mit PV-Modulen bedeckten Bereiche Sonnenlicht auf die Fläche unterhalb der PV-Module. Dieses Sonnenlicht reicht in vielen Fällen aus, um eine landwirtschaftliche Fläche bzw. die dort befindlichen Pflanzen wachsen und gedeihen zu lassen. Weil die Pflanzen nur eine relativ kurze Zeit des Tages dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt sind, ist die Gefahr, dass sie vertrocknen oder „verbrennen“ geringer. Dies bedeutet, dass auch in heißen und trockenen Sommern Gemüse oder andere Nutzpflanzen angebaut werden können, die ohne Beschattung der Hitze nicht standhalten können. Die Belegung der Tragstruktur bzw. das Verhältnis von Modulfläche zur Grundfläche der Tragstruktur kann an das lokale Klima und die Nutzpflanzen angepasst werden. So würde man beispielsweise die Tragstruktur dichter mit PV-Modulen belegen, wenn sie in Saudi-Arabien aufgestellt wird, als wenn sie in Norddeutschland aufgestellt wird.

[0053] Durch den Einsatz bi-fazialer PV-Module kann der Stromertrag der PV-Module erhöht werden, weil dann ein Teil des vom Boden reflektierten Sonnenlichts die Unterseite der PV-Module erreicht und dort in elektrische Energie umgewandelt wird.

[0054] In der **Fig. 3** ist stark vereinfacht, ein Detail eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Tragstruktur dargestellt. Dabei handelt es sich um einen Kreuzungspunkt 7 zwischen einer Traverse 3 und einem Spannband 5.

[0055] In der **Fig. 3** sind die Stütze 1, eine Traverse 3 (geschnitten) und ein Spannband 5 dargestellt. Links der Traverse 3 sind mehrere PV-Module 13 auf dem Spannband 5 dargestellt. Diese PV-Module 13 sind wie Schindeln oder Dachziegeln auf dem Spannband 5 aufgelegt bzw. befestigt. In der **Fig. 3** bedeutet dies, dass das linke Ende eines PV-Moduls 13 auf dem rechten Ende des daran anschließenden PV-Moduls 13 aufliegt, so dass sich die PV-Module 13 in einem schmalen Bereich überdecken. Dadurch wird die Entstehung eines Spalts zwischen den PV-Modulen 13 vermieden; die von den PV-Modulen 13 gebildete Fläche ist daher „wasserdicht“. Ein weiterer Vorteil dieser geschindelten Anordnung ist, dass mit nur einem (in **Fig. 3** nicht dargestellten)

Klemm- oder Befestigungselement zwei PV-Module 13 an dem Spannband 5 befestigt werden können.

[0056] In der **Fig. 3** sind die PV-Module 13 als rahmenlose Module ausgebildet. Das bedeutet, sie sind nicht von einem Aluminium-Rahmen oder einem anderen Rahmen umgeben. Das verringert das Eigengewicht, die Bauhöhe und die Kosten. Es ist aber selbstverständlich auch möglich, PV-Module 13 mit Rahmen auf der erfindungsgemäßen Tragstruktur anzubringen.

[0057] Auf dem Spannband 5, welches sich rechts der Traverse 3 befindet, sind keine PV-Module eingezeichnet. Es versteht sich von selbst, dass bei einer fertig ausgeführten Anlage auch dort PV-Module angebracht sein können.

[0058] Auf der Traverse 3 ist ein Sattelstück 15 sichtbar. Das Sattelstück 15 ist gekrümmt. Das Sattelstück 15 trägt das Spannband 5 und damit auch die Gewichtskräfte der PV-Module 13, die über die Spannband 5 in die Traverse 3 und die Stützen 1 eingeleitet werden müssen.

[0059] Das Sattelstück 15 ist an seiner Oberseite gekrümmt, damit das Spannband 5 ohne Knick und ohne bleibende Verformungen über die Traverse 3 geführt wird. Das Spannband 5 kann aus einem Blechstreifen aus hochfestem Stahl bestehen und beispielsweise 3 mm dick und 100 mm breit sein.

[0060] Oberhalb des Sattelstücks 15 ist ein Gegenstück 17 angeordnet. Zwischen dem Sattelstück 15 und dem Gegenstück 17 wird das Spannband 5 geführt. Das Gegenstück 17 kann mit nicht dargestellten Schrauben mit dem Sattelstück 15 oder der Traverse 3 verschraubt werden. Dadurch entsteht eine Klemmverbindung zwischen Sattelstück 15 und Gegenstück 17, welche das Spannband 5 reibschlüssig mit dem Sattelstück 15 bzw. der Traverse 3 verbindet. Diese Klemmverbindung sorgt dafür, dass das Spannband 5 sich nicht relativ zu der Traverse 3 verschieben kann. Dadurch werden die Stützen 1 in ihrer vertikalen Ausrichtung fixiert und stabilisiert. Außerdem sichert die Klemmverbindung das Spannband 5 gegen Abheben von dem Sattelstück 15, falls eine Windböe von unten gegen die PV-Module 13 bläst.

[0061] In der **Fig. 4** ist Anordnung gemäß **Fig. 3** von oben dargestellt. Dadurch wird die konstruktive Ausgestaltung der Kreuzungspunkte 7 noch etwas deutlicher. In der **Fig. 4** sind exemplarisch rechts und links der Traverse 3 jeweils zwei PV-Module 13 angeordnet. In dieser Draufsicht ist gut zu erkennen, dass jeweils zwei PV-Module auf einem Spannband 5 aufliegen. Bei einer Breite des Spannbands 5 von beispielsweise 100 mm, ist die Auflagefläche jedes PV-Moduls 13 auf dem Spannband 5 etwa fünfzig Milli-

meter breit. Das reicht auch aus, um die PV-Module 13 sicher an dem Spannband 5 zu befestigen.

[0062] In der **Fig. 5** ist eine Draufsicht auf ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen PV-Anlage dargestellt. Es handelt sich dabei nur um einen Ausschnitt aus einer von PV-Modulen 13 überspannten Fläche. Traversen 3 oder Stützen 1 sind in diesem Ausschnitt nicht vorhanden. Der Ausschnitt zeigt vielmehr, dass zwischen benachbarten PV-Modulen 13 Dichtungen oder Dichtprofile 19 angeordnet sind. Dadurch wird ein direkter Kontakt zwischen den PV-Modulen 13, verhindert und diese vor gegenseitigen Beschädigungen geschützt. Außerdem wird die Fuge zwischen den PV-Modulen 13 abgedichtet.

[0063] Die Dichtleiste 19 bzw. das Dichtprofil 19 wird in den Fugen zwischen PV-Modulen 13, die parallel zur Quertraverse 3 verlaufen, angeordnet. In den Fugen, die parallel zu dem Spannband 5 verlaufen, ist ein (Dicht-)Profil angeordnet, welches die Funktion einer Regenrinne hat. Daher wird es auch als Regenrinne 21 bezeichnet. Das Dichtprofil 19 und die Regenrinne 21 können aus einem flexiblen und UV-beständigen Material, wie z.B. EPDM, gefertigt werden. Regenwasser, das auf den PV-Modulen auftrifft, sammelt sich in den Regenrinnen 21 und wird nach unten abgeleitet. An der unteren Kante einer von PV-Modulen 13 überdeckten Fläche kann das durch die Regenrinnen 21 abfließende Wasser gesammelt und z.B. einem Regenwasserspeicher oder direkt der landwirtschaftlich genutzten Fläche unterhalb der PV-Module 13 zugeführt werden.

[0064] Bei der in **Fig. 5** dargestellten Ausführungsform sind die PV-Module 13 nebeneinander angeordnet. Die Breite der Fugen in denen ein Dichtprofil 19 vorgesehen ist, kann beispielsweise 5 mm betragen. Dort wo eine flexible Regenrinne 21 angeordnet werden soll, kann die Breite der Fuge 30 mm oder 50 mm betragen.

[0065] Bei dem in **Fig. 5** dargestellten Ausführungsbeispiel liegen die PV-Module 13 nicht mit ihren Rändern auf den Spannbandern 5 auf. Es ist vielmehr so, dass die PV-Module auf zwei Spannbandern 5 aufliegen. Ein Spannband 5 verläuft etwa bei einem Viertel (1/4) der Länge des PV-Moduls 13, das andere Spannband 5 verläuft etwa bei drei Viertel (3/4) der Länge des PV-Moduls 13 (das ist die sogenannte Lagerung in den Viertelpunkten) vorgeschlagen. Dadurch wird die Biegebeanspruchung der PV-Module 13 reduziert und die Aluminium-Rahmen der PV-Module können kleiner und leichter ausfallen. Die Befestigung der PV-Module 13 an den Spannbandern 5 erfolgt über eine Verschraubung der Aluminiumrahmen mit den Spannbandern 5 in den von dem Hersteller des PV-Moduls empfohlenen Positionen.

[0066] In den **Fig. 6** und **Fig. 7** sind zwei weitere Varianten der Anordnung von PV-Modulen 13 auf den Spannbändern 5 dargestellt. In der **Fig. 6** liegen die kurzen Seiten der rechteckigen PV-Module 13 auf einem Spannbänder 5 auf. Zwei benachbarte PV-Module „teilen“ sich die Breite eines Spannbänders. Zwischen den PV-Modulen 13 ist in den Fugen, die senkrecht zu den Spannbändern 5 verlaufen, eine Dichtleiste 19 angeordnet. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 7** ist der Abstand der Spannbänder 5 so gewählt, dass die PV-Module 13 mit ihren langen Seiten auf zwei benachbarten Spannbändern aufliegen. Auch hier ist die Dichtung 19 in den Fugen vorgesehen, die senkrecht zur Längsachse der Spannbänder 5 verlaufen. Die (nicht dargestellte) Regenrinne 21 verläuft parallel zu den Spannbändern 5.

[0067] In den **Fig. 8** und **Fig. 9** sind Details einer weiteren Ausführungsform dargestellt, bei der die Spannbänder 5 sich nicht von der ersten Traverse 3_n bis zur letzten Traverse 3_n erstrecken. Vielmehr ist bei diesem Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass jedes Spannbänder 5 aus mehreren Spannbänder-Abschnitten 5_{AS} besteht. Die Länge eines Spannbänder-Abschnitts entspricht in etwa dem Abstand zwischen zwei benachbarten Traversen 3. Dies bedeutet, dass an der Traverse 3, die hier als Rohr mit kreisförmigem Querschnitt ausgebildet ist, ein Befestigungsstück 23 montiert ist, das zwei Bohrungen aufweist. In jede dieser Bohrungen kann das Ende eines Spannbänder-Abschnitts 5_{AS} eingehängt werden. Über einen Bolzen, einen Splint oder eine Schraube wird ein Spannbänderabschnitt 5_{AS} an dem Befestigungsstück 23 befestigt. An den Enden der Spannbänderabschnitte 5_{AS} ist bei diesem Ausführungsbeispiel ein Zwischenstück 27 vorgesehen, das eine Bohrung aufweist, die mit der Befestigungsbohrung des Befestigungsstücks 23 zusammenwirkt.

[0068] Details der Verbindung zwischen Spannbänder-Abschnitt 5_{AS} und Zwischenstück 27 sind aus den **Fig. 8** und **Fig. 9** entnehmbar. Es ist aber auch möglich, auf das Zwischenstück 27 zu verzichten, wenn das Befestigungsstück 23 entsprechend ausgeführt ist. Beispielsweise indem die Achsen der Bohrungen im Befestigungsstück 23 parallel zur Längsachse der Stütze 1 verlaufen. Dann kann ein Ende eines Spannbänder-Abschnitts 5_{AS} direkt mit einem Bolzen oder einer Schraube in diese Bohrung eingehängt bzw. mit dem des Befestigungsstücks 23 verspannt werden.

[0069] In den **Fig. 10** und **Fig. 11** sind Details einer weiteren Ausführungsform dargestellt, bei der die Oberseite der Traversen 3 gekrümmt sind. Die Funktion des Sattelstücks 15 ist in die Traverse 3 integriert. Die Traversen 3 sind aus Stahl und als Schweißkonstruktion ausgeführt. Das hat den Vorteil, dass die Hauptabmessungen und der Quer-

schnitt der Traverse 3 sowie deren Material in weiten Grenzen frei wählbar sind.

[0070] In der in **Fig. 10** im Schnitt dargestellten Traverse 3 ist auf beiden Seiten ein optionales Handloch 29 ausgebildet. Die Handlöcher 29 sind so groß, dass die Hand eines Monteurs hindurchgreifen kann. Durch die Handlöcher 29 können Schrauben oder Muttern in die Traverse 3 eingeführt werden. Sie Schrauben oder Muttern werden benötigt, um das Gegenstück 17 an der Oberseite des Traverse 3 zu befestigen.

[0071] In der **Fig. 11** ist eine erste Traverse 3_1 bzw. eine letzte Traverse 3_n dargestellt. Sie unterscheiden sich insofern von den anderen Traversen 3, als dort die Spannbänder 5 enden. Außerdem werden die Zugmittel 11 dort eingehängt. Die Zugmittel 11 leiten die Vorspannkraft der Spannbänder 5 in die Fundamente 9 ein (siehe **Fig. 1**).

[0072] Das Gegenstück 31 ist ähnlich geformt wie eines der Gegenstücke 17. Zwischen der gekrümmten Oberseite der Traverse 3_1 und dem Gegenstück 31 wird das Ende des Spannbänders 5 eingelegt. Das Gegenstück 31 wird mit Hilfe mehrerer Schrauben 33 gegen die Traverse 3_1 bzw. 3_n gezogen und auf diese Weise eine kraftschlüssige Verbindung zwischen dem Ende des Spannbänders 5 und der Traverse 3_1 bzw. 3_n hergestellt. Über diese kraftschlüssige Verbindung werden die Vorspannkraften von der Traverse 3_1 bzw. 3_n in das Spannbänder 5 eingeleitet bzw. von diesem aufgenommen.

[0073] Links in der **Fig. 11** ist eine Lasche an der Traverse 3_1 bzw. 3_n angeordnet. Dort wird das Zugmittel 11 (zum Beispiel ein Stahlseil) eingehängt. Das Fundament 9 am anderen Ende des Zugmittels 11 ist in der **Fig. 11** nicht dargestellt.

[0074] **Fig. 12** ist entfallen.

[0075] In der **Fig. 13** ist ein erstes Ausführungsbeispiel eines Klemmelements 35 dargestellt. Es umfasst ein Klemmstück 37, eine Spannschraube 41, eine Dichtleiste 43 sowie zwei unterschiedlich ausgebildete Füße 45 und 47. Die Dichtleiste 43 kann einen konstanten Querschnitt haben oder in ihrer Länge einen in der Höhe veränderlichen Querschnitt aufweisen, welcher eine geneigte, geschindelte Lagerung ermöglicht. Das Klemmstück 37 ist oberhalb der PV-Module 13 angeordnet. Die Spannschraube 41 ragt durch das Klemmstück 37 und das Spannbänder 5 hindurch. Wenn die Spannschraube 41 angezogen wird, dann wird das Klemmstück 37 mit den Füßen 45 und 47 von oben gegen die PV-Module 13 gedrückt. Der Fuß 45 ist aus einem vergleichsweise harten Kunststoff. Er drückt auf das PV-Modul rechts der Spannschraube 41. Dieses PV-

Modul ist nur einseitig auf der Dichtleiste 43 gelagert. Daher drückt der Fuß 45 direkt auf das PV-Modul 13.

[0076] Das links der Spannschraube 41 befindliche PV-Modul 13 ist in einer Nut der Dichtleiste 43 aufgenommen. Der Fuß 47 klemmt das PV-Modul 13 in der Nut der Dichtleiste 43 ein. Der Fuß 47 kann an seiner Unterseite Rippen oder Borsten aufweisen und/oder aus einem vergleichsweise weichen Material hergestellt werden.

[0077] Wie sich aus der **Fig. 13** ergibt, ist das Klemmstück 37 nicht symmetrisch bezüglich der Spannschraube 41. Vielmehr ist der Hebelarm zwischen Spannschraube 41 und dem Fuß 45 kürzer als der Hebelarm zwischen Spannschraube 41 und dem Fuß 47. Das bedeutet, dass der Fuß 45 eine höhere Anpresskraft auf das PV-Modul 13 ausübt als der Fuß 47. Daher bildet der Fuß 45 gewissermaßen ein Festlager. Dort wo der Fuß 47 das PV-Modul 13 mit geringerer Kraft klemmt, ist ein „Loslager“. Thermische Verspannungen oder andere Verspannungen werden abgebaut, indem das PV-Modul 13 (in **Fig. 13** links der Spannschraube 41) sich relativ zu dem Klemmelement 35 etwas verschieben kann.

[0078] In der **Fig. 14** ist ein Schnitt entlang der Linie a-a in **Fig. 15** dargestellt. Sie zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Klemmelements mit einer symmetrischen Anordnung. Die Dichtleiste 43 ist anders geformt und unterhalb des Klemmstücks 37 ist ein Gummielement 49 angeordnet, welches die von dem Klemmstück 37 und der Spannschraube 41 auf die PV-Module 13 ausgeübten Spannkraft verteilt und das PV-Modul 13 vor Beschädigungen schützt.

[0079] In der **Fig. 15** ist die Anordnung mehrerer PV-Module ohne Rahmen und ohne Schindelung angedeutet.

[0080] Die **Fig. 16** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Klemmelements 35. Auch hier ist, wie bei der **Fig. 14**, eine symmetrische Anordnung bezogen auf die Spannschraube 41 vorgesehen. In der Dichtleiste 43 ist ein Kanal 50 für die elektrischen Leitungen der PV-Module 13 ausgebildet.

[0081] Das Klemmelement 35 ist bei diesem Ausführungsbeispiel ein Strangpressprofil aus Aluminium, das parallel zu dem Spannband 5 verläuft. Zwischen Spannband 5 und PV-Modulen 13 ist ein Gegenstück 47 vorhanden, das ebenfalls ein Strangpressprofil aus Aluminium sein kann.

[0082] Zwischen dem Klemmelement 35 und den PV-Modulen 13 sind Dichtleisten 43 vorgesehen. Außerdem sind Dichtleisten 43 zwischen den PV-Modulen 13 und dem Gegenstück 47 vorgesehen.

[0083] Durch Anziehen der Spannschraube 41 wird das PV-Modul 13 zwischen den Dichtleisten 43 eingeklemmt.

[0084] In der **Fig. 17** wird ein Detail der Abdichtung im Bereich eines Knotens 7 gezeigt. Um den Kontenbereich abzudichten ist Eckstück „corner EPDM“ vorgesehen, das in der **Fig. 17** in verschiedenen Ansichten dargestellt ist.

[0085] **Fig. 18** zeigt eine Verbindung von vier PV-Modulen 13 und einem Spannband 5. Auf dem Spannband 5 liegt ein Verbindungsstück 60. Es besteht bevorzugt aus einem Blech mit vier Langlöchern 63 und einer (zentralen) Befestigungsbohrung 64.

[0086] An den Unterseiten der PV-Module 13 ragen Blechlaschen 61 mit einem Loch (ohne Bezugszeichen) hervor. Jeweils eine Blechlasche 61 wird durch ein Langloch 63 gesteckt. Um zu verhindern, dass das PV-Modul 13 vom Spannband 5 abhebt, wenn es von einer Böe erfasst wird, wird ein Splint, ein Stift oder eine Schraube durch das Loch in der Lasche 61 gesteckt.

[0087] In **Fig. 19** ist ein alternativer Anschluss zu **Fig. 18** dargestellt. Dabei sind die Langlöcher 63 im Spannband 5 ausgebildet, so dass kein Verbindungsstück 60 benötigt wird.

[0088] In der **Fig. 20** ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Tragstruktur dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist zwischen den Spannbandern 5 und den PV-Modulen 13 ein Trapezblech 65 angeordnet. Diese Variante ist sehr kostengünstig und „wasserdicht“, weil das Trapezblech 65 zuverlässig verhindert, dass Regenwasser auf die Fläche unterhalb der Tragstruktur gelangt. Das Wasser wird über das Trapezblech, welches leicht geneigt ist abgeführt und ggf. gesammelt. Dichtleisten (siehe die Bezugszeichen 19 und 43 in den anderen Figuren) werden dazu nicht benötigt.

[0089] Trapezbleche haben bei geringem Eigengewicht und geringen Kosten, eine beachtliche Tragfähigkeit, so dass kostengünstige „Standard“ PV-Module 13 mit Rahmen 44 auf dem Trapezblech montiert werden können. Der Rahmen 44 dieser PV-Module 13 kann durch die geringen Spannweiten sehr leicht ausfallen. Das Trapezblech wird an die (trotz der Vorspannung leicht „durchhängenden“) Spannbander 5 genietet oder geschraubt.

[0090] Die **Fig. 21** zeigt zwei Ausführungsformen von Regenrinnen 21. Im oberen Teil der **Fig. 21** ist eine zweiteilige Regenrinne 21 dargestellt, die aus zwei Kunststoffprofilen oder abgekanteten Blechen bestehen kann. Die beiden Teile 21.2 und 21.2 sind

so angeordnet, dass Regenwasser abgeleitet wird, sich die beiden Teile der Regenrinne 21.1 und 21.2 nicht fest miteinander verbunden sind, sondern die windinduzierten Verformungen und/oder Wärmedehnungen ausgleichen können. In dem unteren Teil der **Fig. 21** ist eine Regenrinne 21 angedeutet, die aus einem Streifen eines elastischen Kunststoffmaterials, wie z.B. EPDM, besteht.

[0091] In den **Fig. 22** bis **Fig. 32** sind weitere Ausführungsformen der Verbindung zwischen PV-Modulen 13 und Spannbandern 5 mit den zugehörigen Bauelementen dargestellt.

[0092] Bei dem in **Fig. 22** dargestellten Ausführungsbeispiel 1 ist das obere Klemmelement 37 als auf den Kopf gestellte „Hut“-Schiene mit einem Mittelteil und zwei seitlichen Leisten ausgebildet. ein PV-Modul mit Rahmen 44 wird zwischen einer seitlichen Leiste und dem Spannband 5 geklemmt, wenn die Spannschraube 41, welche den Mittelteil und das Spannband 5 durchdringt, angezogen wird.

[0093] Bei dem in **Fig. 23** dargestellten Ausführungsbeispiel 1 erfolgt die Klemmung der PV-Modul 13 (mit oder ohne Rahmen) mit Hilfe einer Dichtleiste 19, 43, wenn die Spannschraube 41 angezogen wird, welche die Dichtleiste 19, 43 und das Spannband 5 durchdringt.

[0094] Bei dem in **Fig. 24** dargestellten Ausführungsbeispiel 1 erfolgt die Klemmung der PV-Modul 13 über deren Rahmen 44. Das obere Klemmstück 37 ist als Regenrinne ausgebildet. Zwischen dem oberen Klemmstück 37 und dem Rahmen 44 ist eine Dichtleiste 43 vorgesehen. Die Spannschraube 41 durchdringt die Regenrinne 21, das Spannband 5 und das untere Klemmstück 39.

[0095] Bei dem in **Fig. 25** dargestellten Ausführungsbeispiel 1 erfolgt die Verbindung zwischen einem PV-Modul 13 über den Rahmen 44. Im „unteren“ Teil weist der Rahmen 44 einen Schenkel auf. Die Spannschraube 41 durchdringt diesen Schenkel, ein optionale Dichtleiste und das Spannband 5.

[0096] Das in **Fig. 26** dargestellten Ausführungsbeispiel 1 ist eine Variante des in **Fig. 22** dargestellten Ausführungsbeispiels.

[0097] In den **Fig. 27** und **Fig. 28** sind weitere Varianten des in **Fig. 25** dargestellten Ausführungsbeispiels dargestellt. Die benachbarten Rahmen 44 weisen auf den einander zugewandten Seiten „T“- und „L“-förmige Rippen auf. Dadurch werden die beiden Rahmen 44 miteinander verriegelt und es bilden sich (Regen-)Rinnen, welche Regenwasser abführen können. Im der **Fig. 27** ist eine Dichtleiste 43 vorgesehen, welche das Eindringen von Regenwasser verhindert.

[0098] In der **Fig. 29** und **Fig. 31** sind die „L“-förmigen Rippen in gesonderten Schienen 21. und 21.2 ausgebildet, die wiederum zwischen den Rahmen 44 angeordnet sind.

[0099] **Fig. 30** und **Fig. 31** sind entfallen.

[0100] In der **Fig. 32** ist die Regenrinne 21 unterhalb der Befestigungsschienen 51 angeordnet sind.

Frage. zur Figur 32: Wo verläuft das Spannband 5?

[0101] In den **Fig. 33**, **Fig. 34** und **Fig. 35** ist das Aufstellen einer erfindungsgemäßen Tragstruktur in vier Schritten dargestellt. In dem ersten Stadium (**Fig. 33**) ist nur die mittlere Reihe der Stützen 1 vertikal ausgerichtet. Die benachbarten Stützen 1 sind mit zunehmendem Abstand zu der mittleren Stütze 1 immer schräger angeordnet. Die am weitesten außen befindlichen Stützen 1 stehen am schrägsten.

[0102] In der **Fig. 34** ist nun angedeutet, wie von einer Haspel oder Rolle das Spannband 5 über die Stützen bzw. die Traversen gezogen wird. Im oberen Teil der **Fig. 35** ist diese noch nicht vorgespannte Tragstruktur dargestellt und es ist durch die Pfeile angedeutet, dass die Zugmittel 11 nun verkürzt werden, so dass sich erstens die Stützen ausrichten und das Spannband 5 die gewünschte Vorspannung erhält.

[0103] Im unteren Teil der **Fig. 35** ist die aufgestellte Tragstruktur dargestellt. Alle Stützen 1 sind vertikal ausgerichtet, die Spannbander 5 haben die gewünschte Vorspannung und die Vorspannkraft wird über die Zugmittel 11 in die in **Fig. 35** nicht dargestellten Fundamente abgeleitet.

Bezugszeichenliste

1	Stütze
3	Traverse; „n“ Zahl der Traversen
5	Spannband; „m“ Zahl der Spannbander
7	Kreuzungspunkt
9	Fundament
11	Zugmittel
13	PV-Modul
15	Sattelstück
17	Gegenstück
19	Dichtprofil/Dichtleiste, flexibel z. B. aus EPDM
21	Regenrinne, flexibel z. B. aus EPDM

23	Befestigungsstück	an den Kreuzungspunkten (7) einer Traverse (3) und eines Spannbandes (5) die Oberseite der Traverse (3) konvex gekrümmt ist und das Spannband (5) auf der gekrümmten Oberseite der Traverse (3) aufliegt.
25 27	Verbindungsstück	
29	Handloch	
31	Gegenstück	
33	Schraube	4. Tragstruktur nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet , dass das Spannband (5) unterhalb der Traverse (3) verläuft und in den Kreuzungspunkten (7) mit einer Traverse (3) verbunden ist.
35	Klemmelement	
37	oberes Klemmstück	
39	unteres Klemmstück	
41	Spannschraube	5. Tragstruktur nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet , dass die Spannbänder (5) an den Kreuzungspunkten (7) mit der Traverse (3) kraftschlüssig (durch Klemmung) oder formschlüssig verbunden sind.
43	Dichtleiste	
44	Aluminium Modulrahmen eines PV-Moduls	
44-1 / 44-2	Aluminium PV Rahmen als Aluminium Extrusion mit T- und L-förmigen Rippen.	6. Tragstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet , dass ein Spannband (5) aus mehreren Spannband-Abschnitten (5 _{AS}) zusammengesetzt ist, und dass ein Spannband-Abschnitt (5 _{AS}) zwischen zwei Traversen (3) befestigt ist.
44-3 / 44-4	Zusätzliche Aluminium Extrusion zur Abdichtung	
45	Dichtknoten47 Gegenstück	
49	Nachgiebiges Element	7. Tragstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet , dass jedes Spannband (5) an einer ersten Traverse (3 ₁) beginnt und an einer letzten Traverse ((3 _n)) endet, und dass die Spannbänder (5) mit einer Vorspannung zwischen der ersten Traverse (3 ₁) und der letzten Traverse (3 _n) montiert sind.
50	Nut	
60	Verbindungsstück	
61	Blechlasche	
62	Splint, Stift oder Schraube	8. Tragstruktur nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet , dass die Dehnung der vorgespannten Spannbänder (5) so groß ist, dass die Spannbänder (5) auch bei windinduzierten Schwingungen immer vorgespannt sind, selbst beim Nulldurchgang einer Schwingung, auch im Falle eines „Durchschlagens“, also wenn die nicht (wenn auch nur gering) als Bogen durchhängen, sondern wenn sie (dynamisch) perfekt horizontal angeordnet sind, also die kürzeste Verbindung zwischen zwei benachbarten Auflagerpunkten „einnehmen“.
63	Langloch	
64	Befestigungsbohrung	
65	Trapezblech	9. Tragstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet , dass sie mindestens zwei Fundamente (9.1 , 9.2) aufweist, dass ein erstes Fundament (9.1) neben der ersten Traverse (3 ₁) verläuft, dass ein zweites Fundament (9.2) neben der letzten Traverse (3 _n) verläuft, dass zwischen dem ersten Fundament (9.1) und der ersten Traverse (3 ₁) sowie dem zweiten Fundament (9.2) und der letzten Traverse (3 _n) Zugmittel (11) vorgesehen sind, welche die von den Spannbändern (5) in die erste Traverse (3 ₁) und die letzte Traverse (3 _n) eingeleitete Vorspannung in die Fundamente (9.1, 9.2) ableiten.

Patentansprüche

1. Tragstruktur für Photovoltaik-Module umfassend mehrere nebeneinander verlaufende Reihen von Stützen (1) und mehrere nebeneinander verlaufende Spannbänder (5), wobei die Stützen (1) einer Reihe durch eine Traverse (3) miteinander verbunden sind, wobei die Spannbänder (5) quer zu den Traversen (3) verlaufen und wobei an den Spannbändern (5) Photovoltaik-Module angeordnet sind.

2. Tragstruktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spannbänder (5) aus korrosionsgeschütztem Stahlblech bestehen, und dass in den Spannbändern (5) Durchbrüche vorhanden sind, um PV-Module (13) an dem Spannband (5) zu befestigen und/oder die Spannbänder (5) an den Kreuzungspunkten (7) von einer Traverse (3) und einem Spannband (5) an der Traverse (3) zu befestigen.

3. Tragstruktur nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens

10. Tragstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Traversen (3) aus einem Hohlprofil, insbesondere einem Stahlrohr, oder aus Holz, insbesondere aus Konstruktions-Vollholz, mit runden oder polygonalem Querschnitt bestehen.

11. Tragstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens an den Kreuzungspunkten (7) ein Sattelstück (15) für ein Spannband (5) oder dass die Oberseite der Traversen (3) gekrümmt sind und ein Auflager für die Spannbänder (5) bilden.

12. Tragstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedes PV-Modul (13) an zwei nebeneinander befindlichen Spannbändern (5) befestigt ist.

13. Tragstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedes PV-Modul (13) in einem Rahmen aufgenommen ist, und über den Rahmen an zwei nebeneinander befindlichen Spannbändern (5) befestigt ist.

14. Tragstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen zwei nebeneinander angeordneten PV-Modulen (13) oder zwei nebeneinander angeordneten Reihen von PV-Modulen (13) eine Dichtleiste (19, 43) vorgesehen ist.

15. Tragstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den Spannbändern (5) und den PV-Modulen (13) ein Trapezblech (65) vorgesehen ist.

Es folgen 27 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

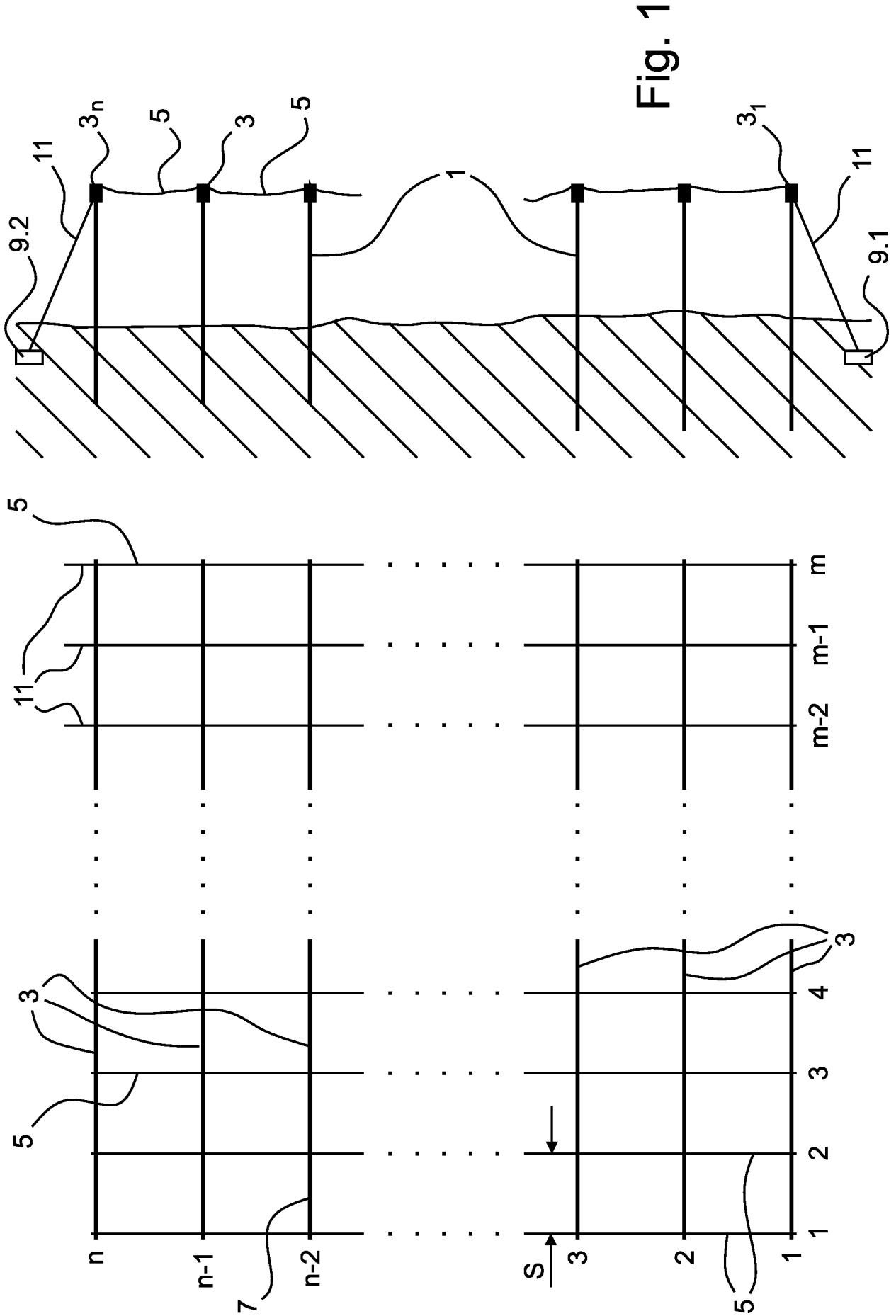


Fig. 1

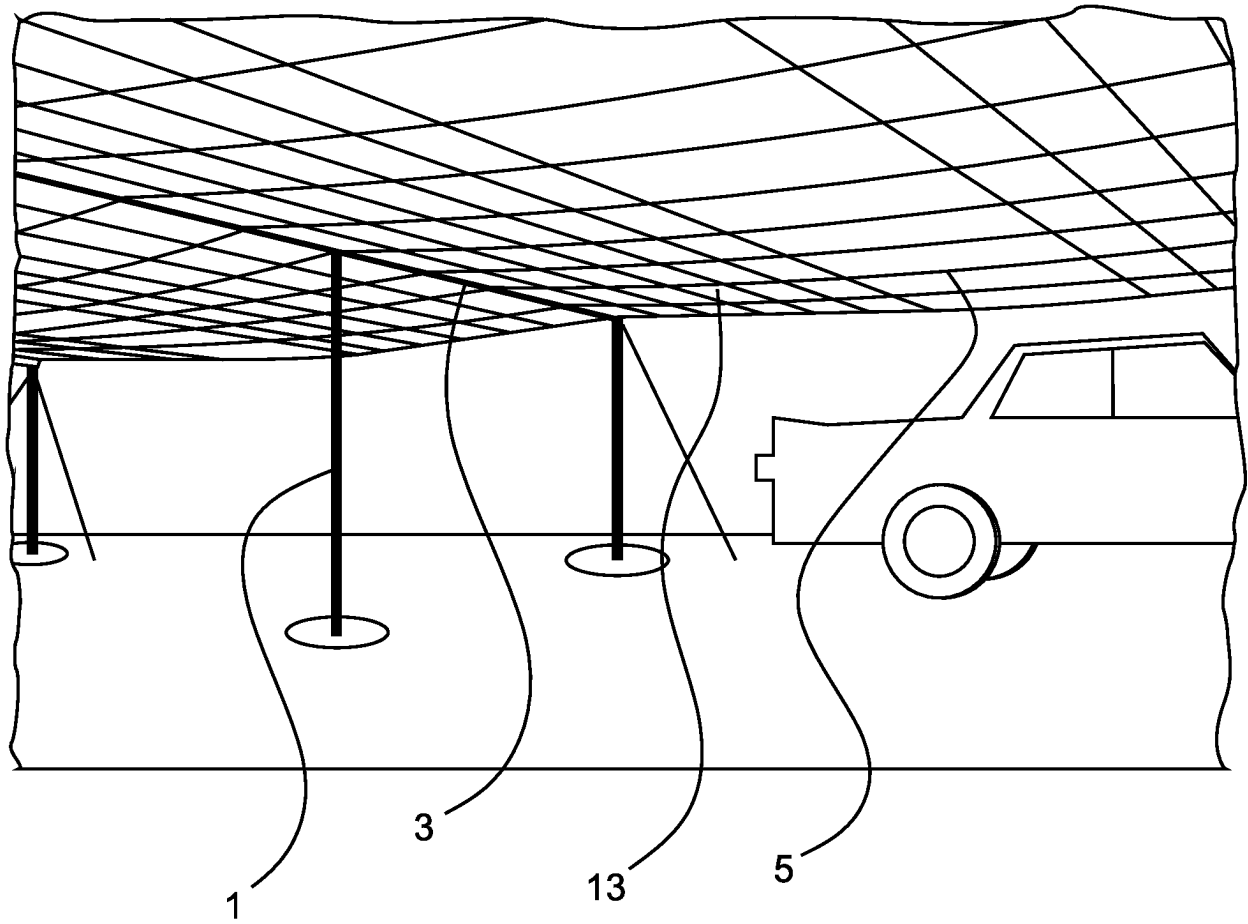


Fig. 2

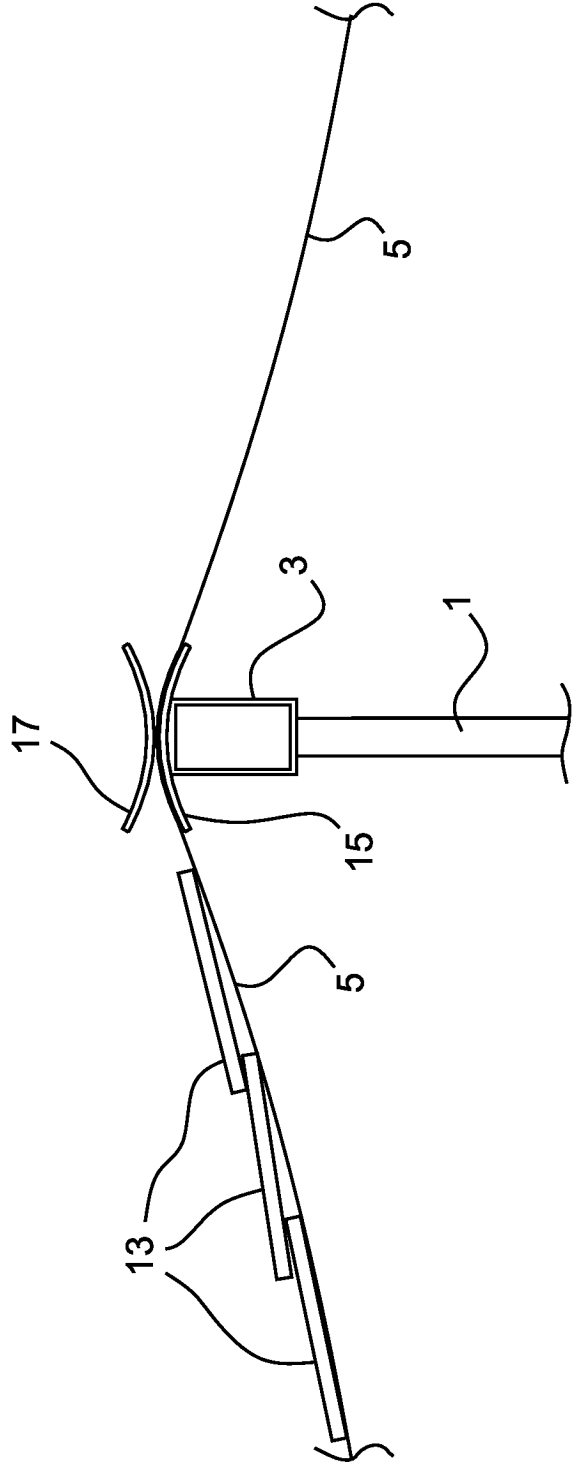


Fig. 3

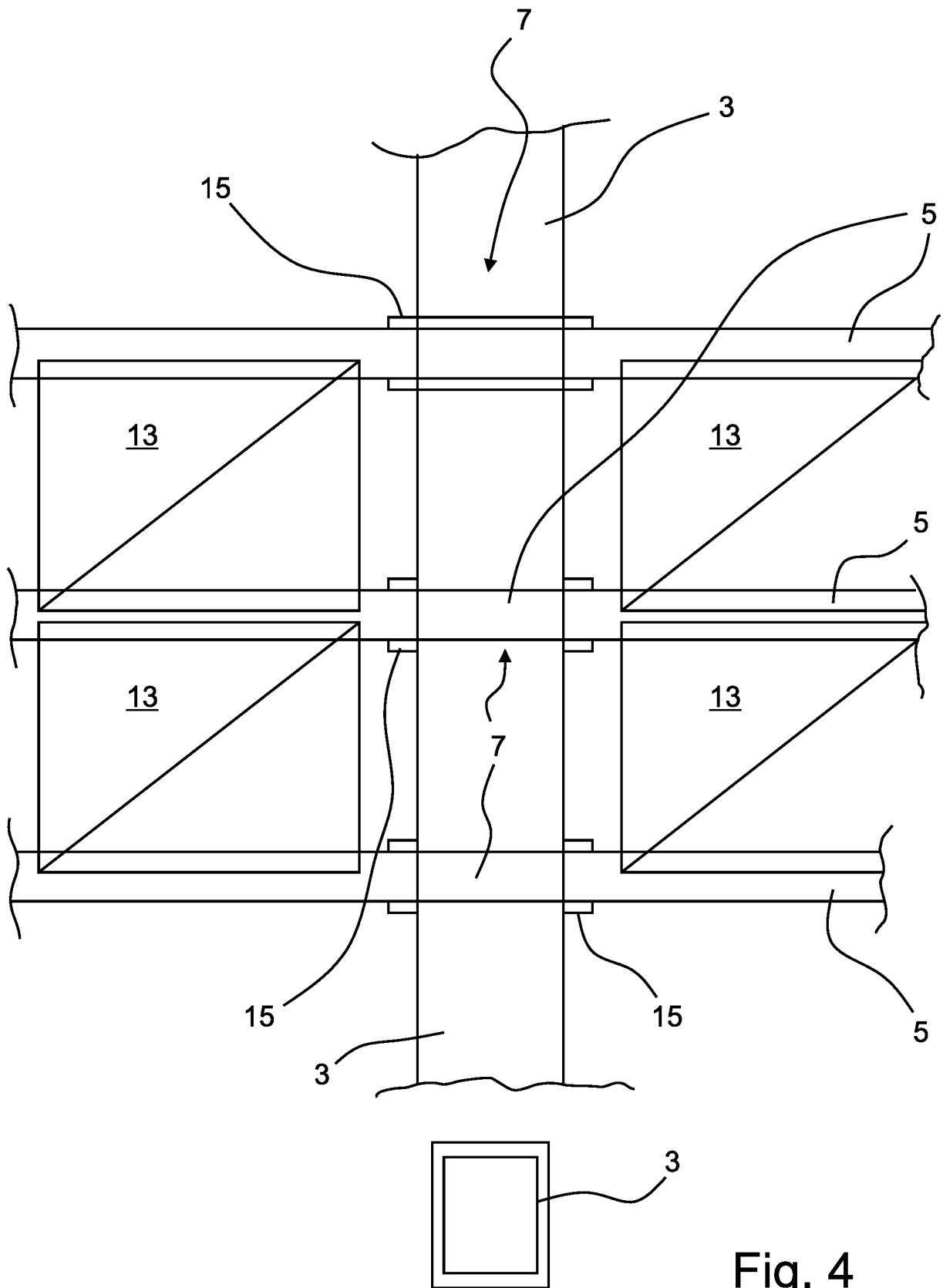


Fig. 4

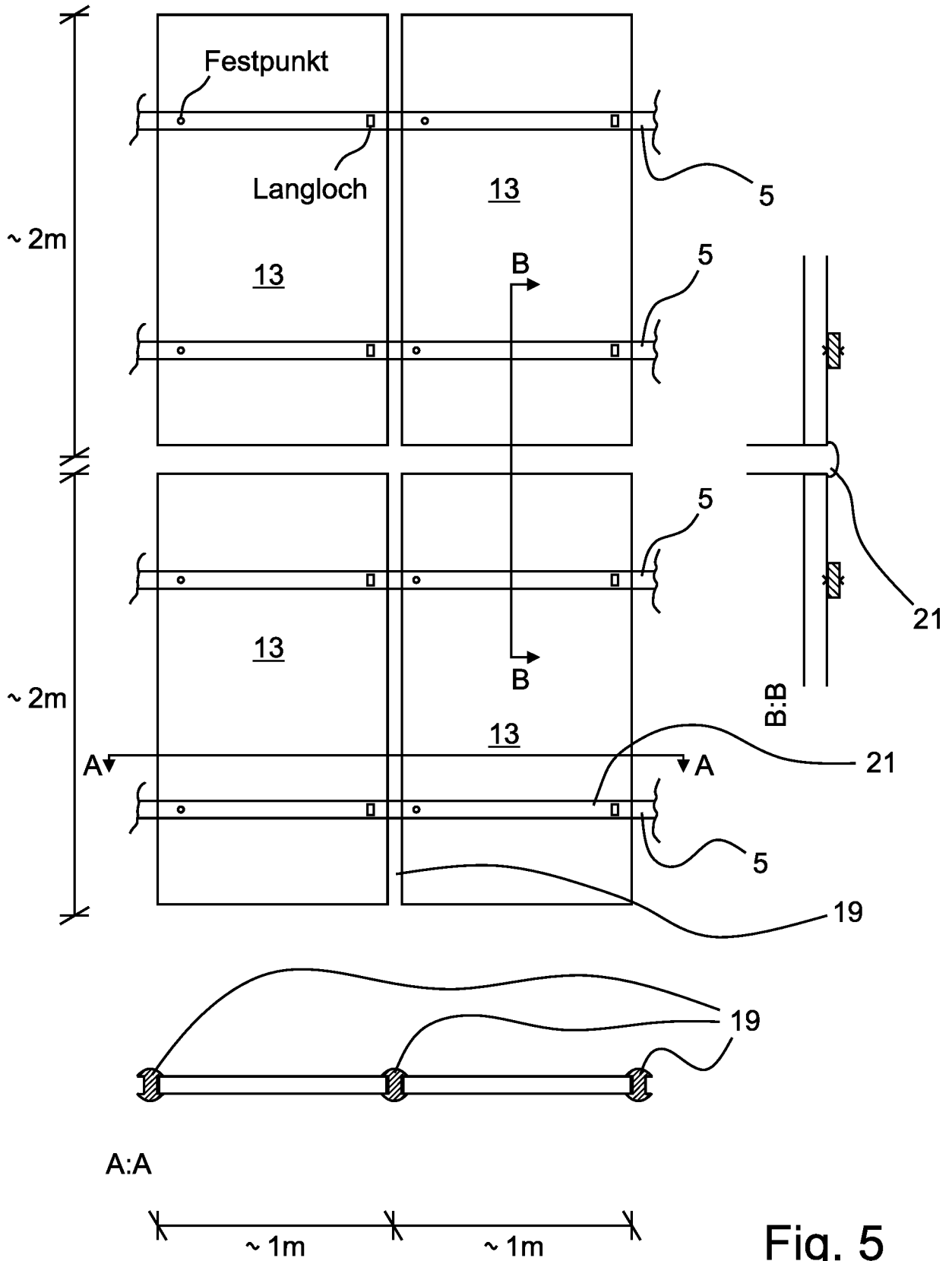


Fig. 5

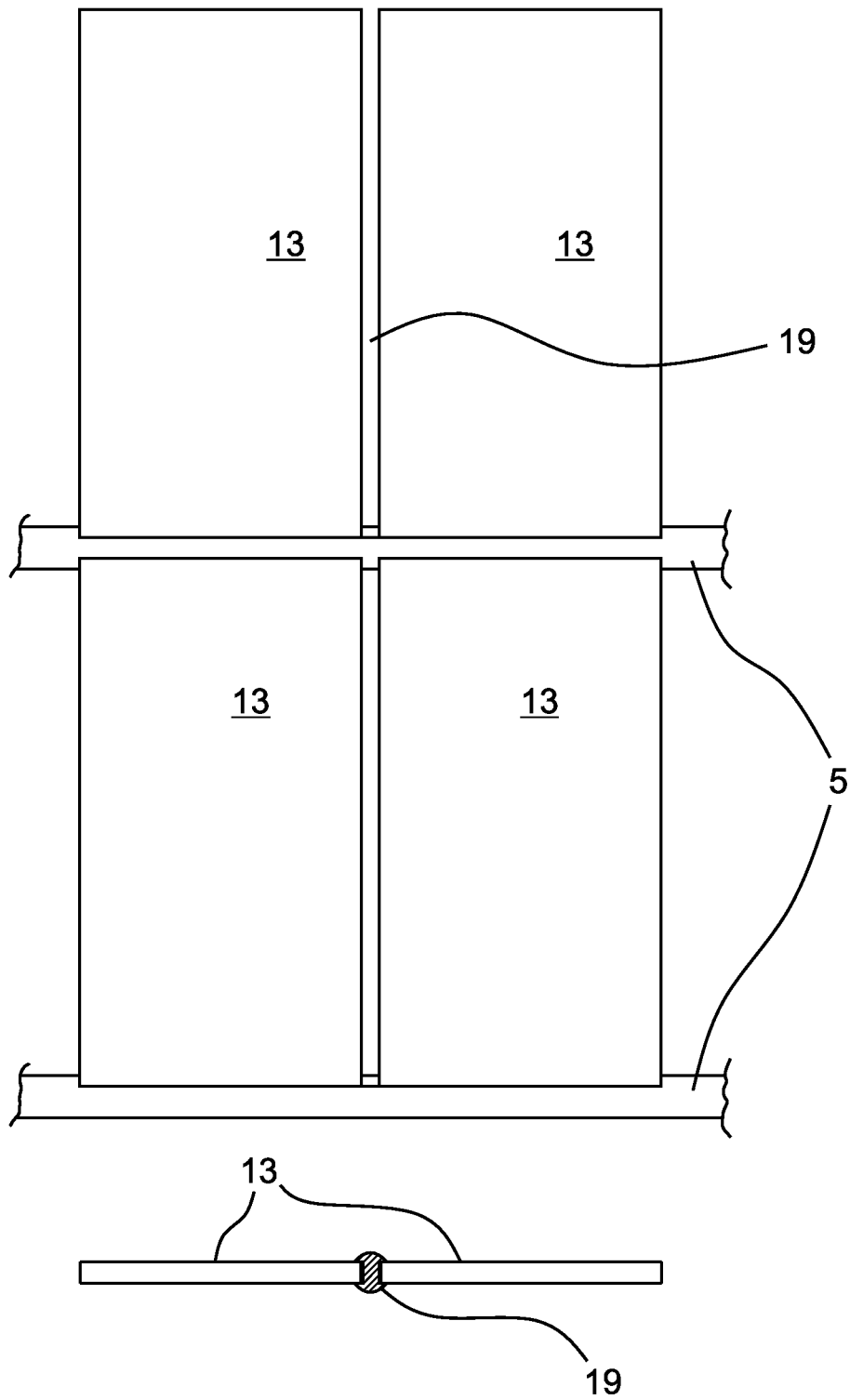


Fig. 6

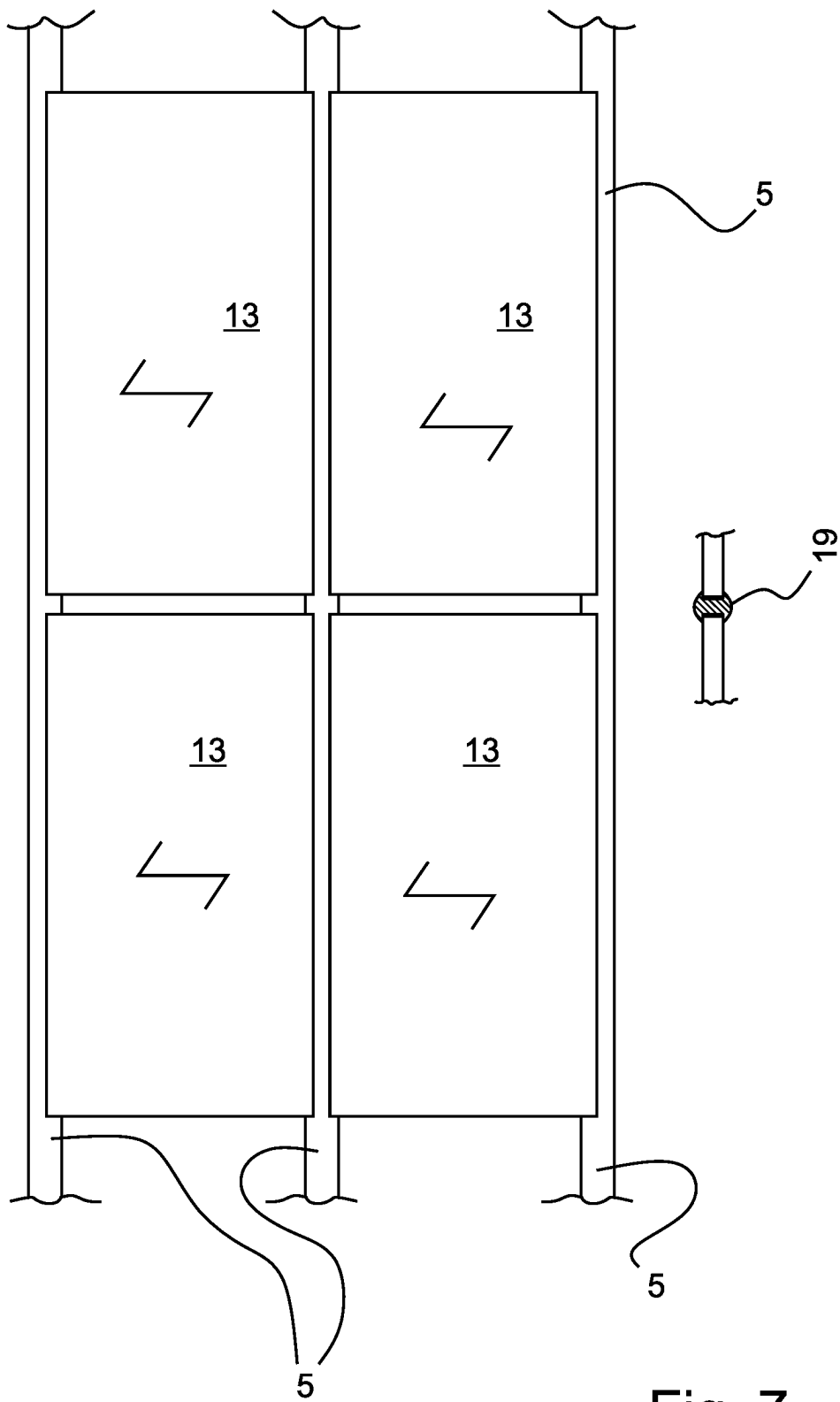


Fig. 7

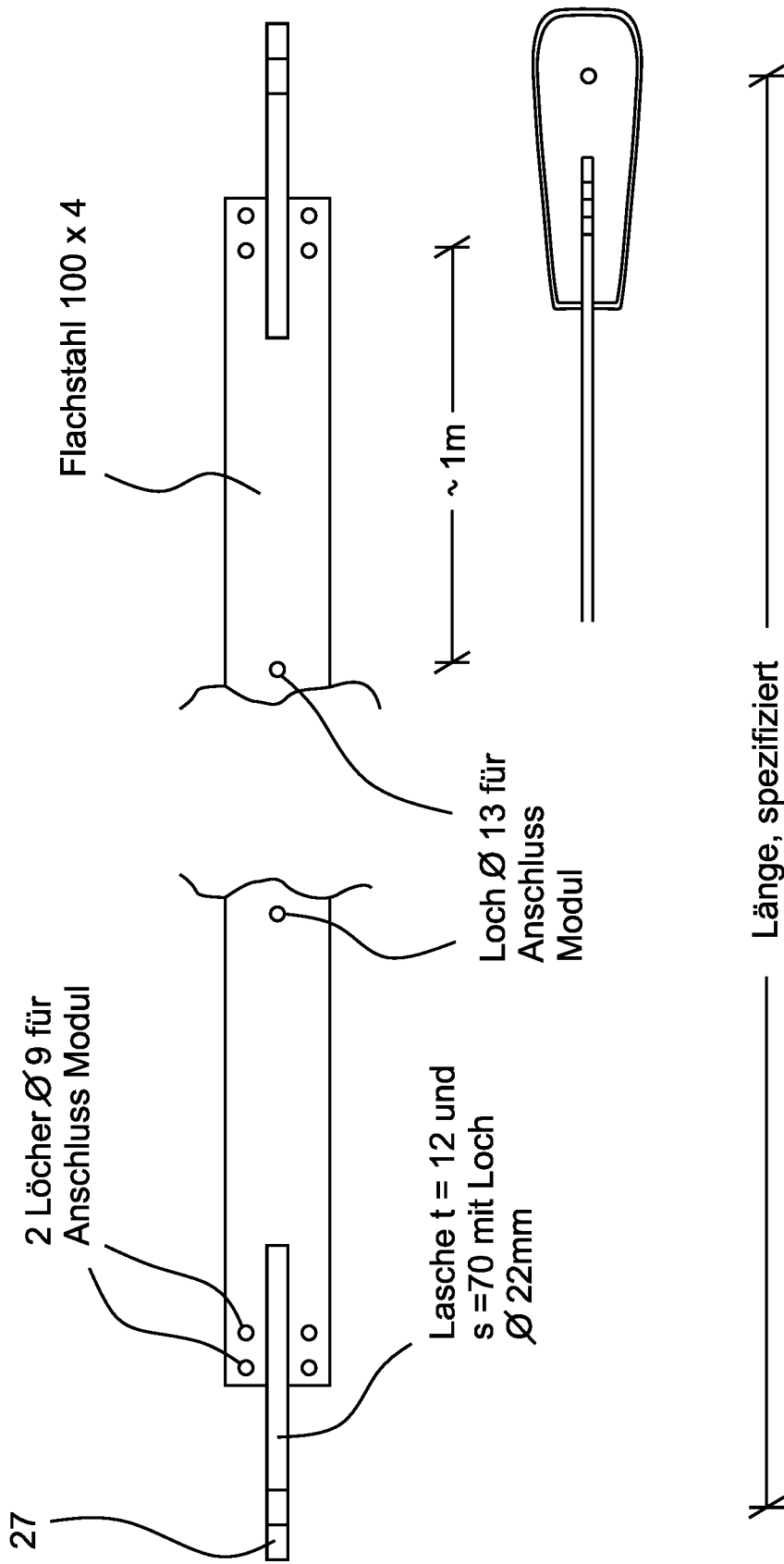


Fig. 8

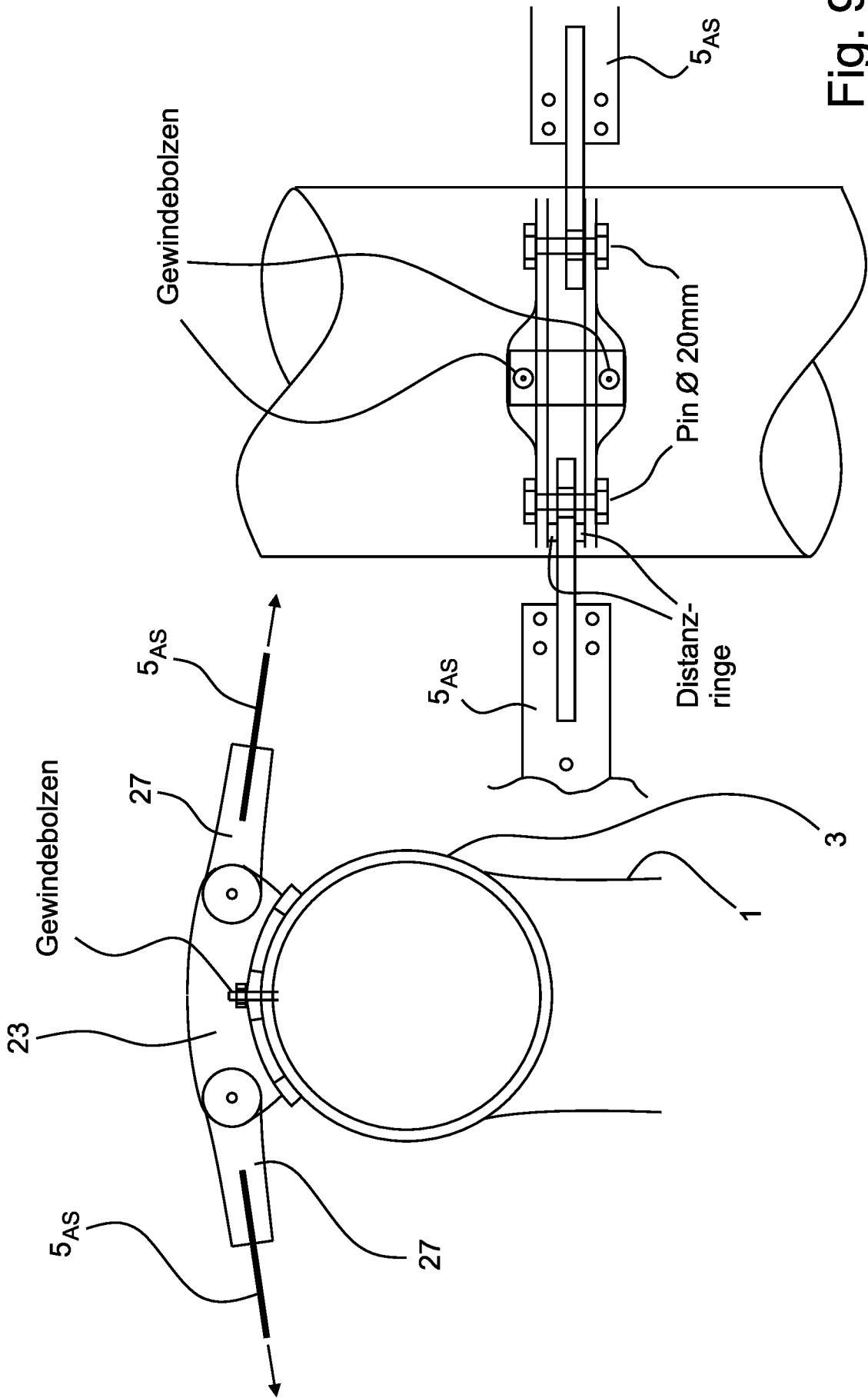


Fig. 9

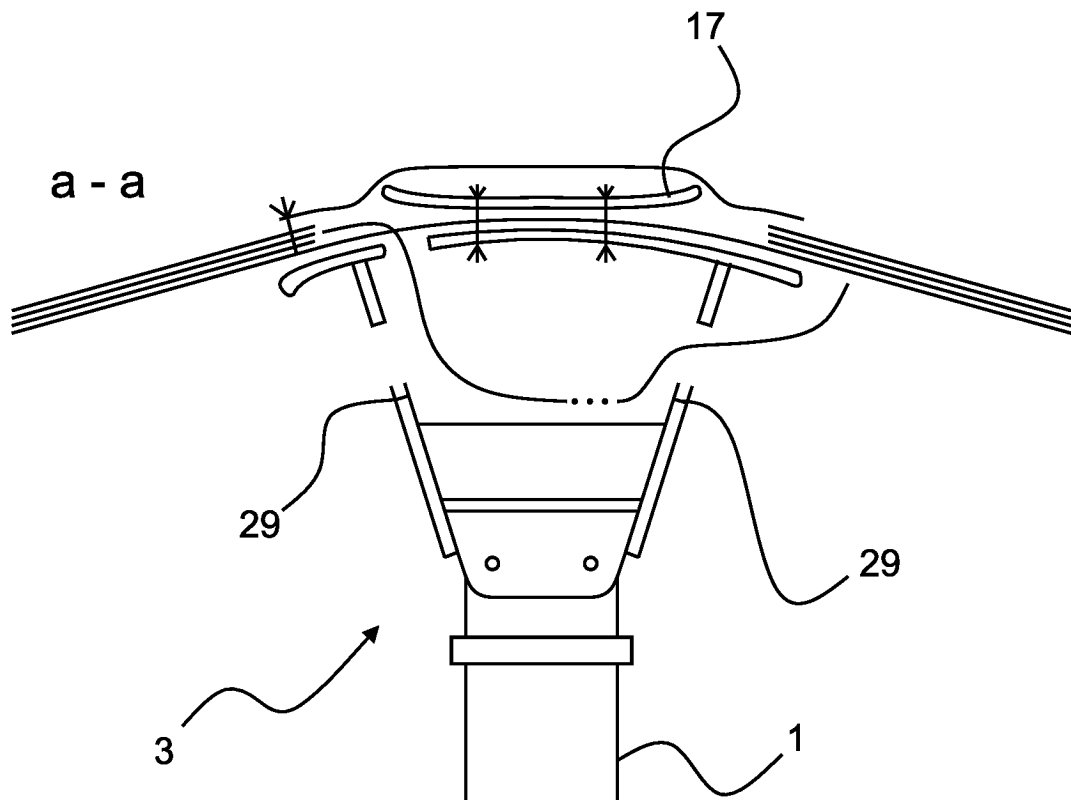
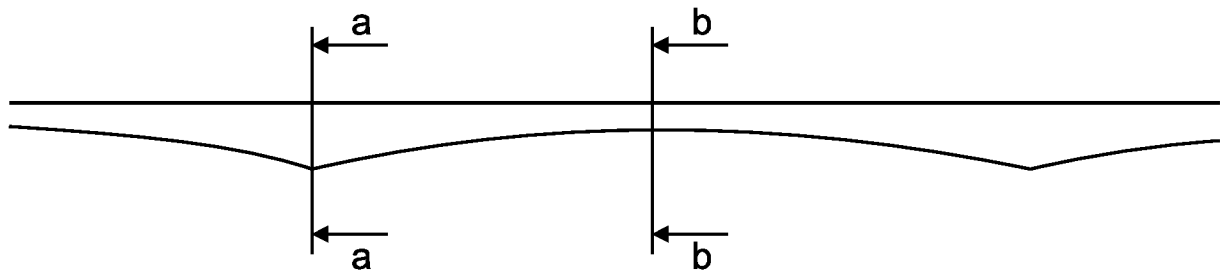


Fig. 10

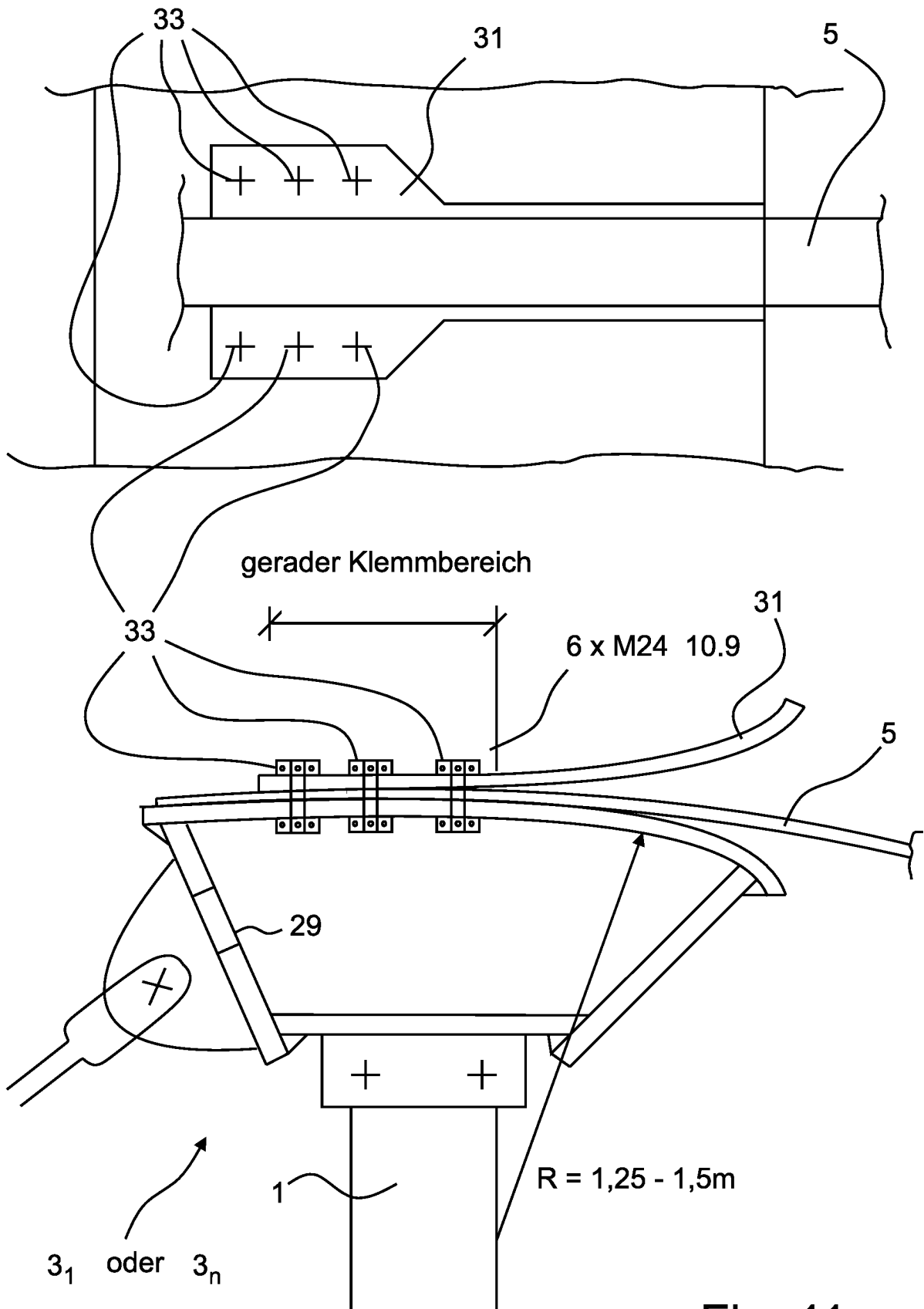


Fig. 11

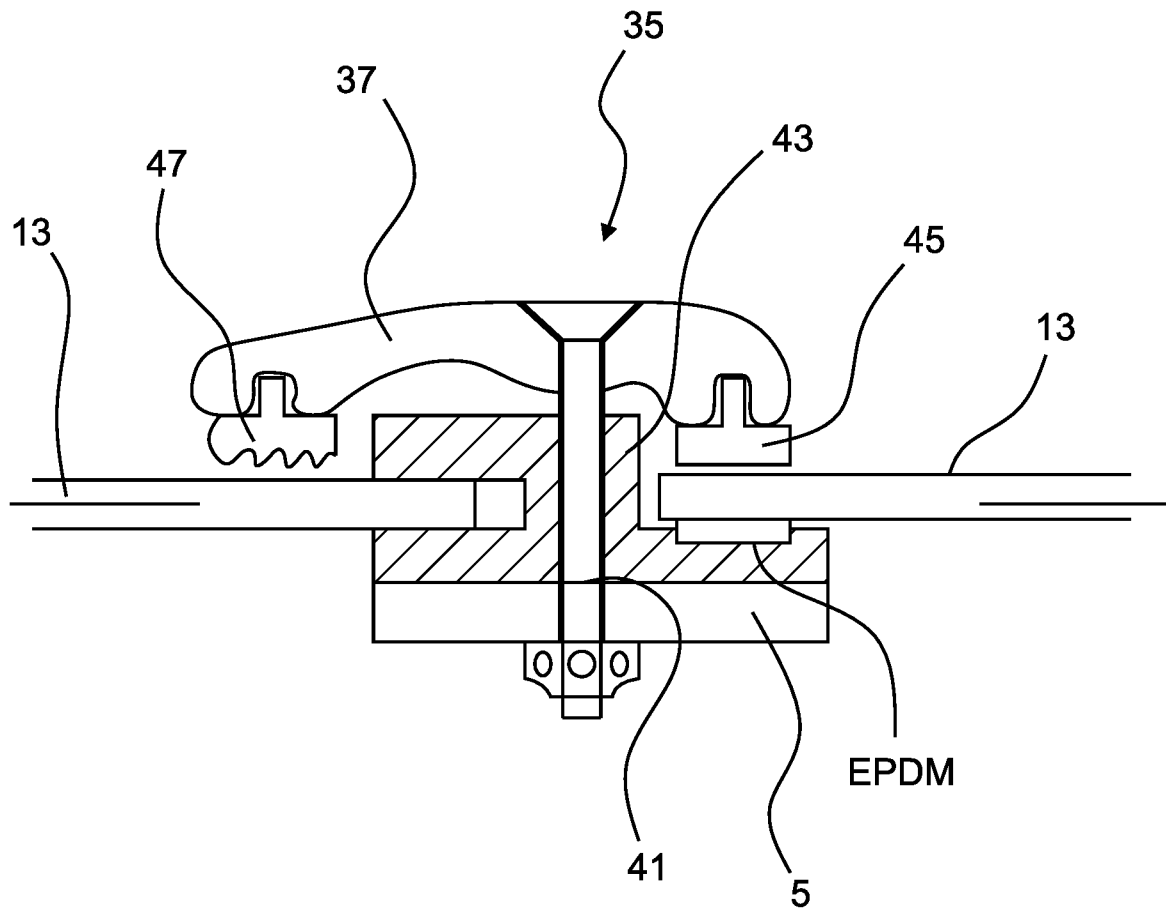


Fig. 13

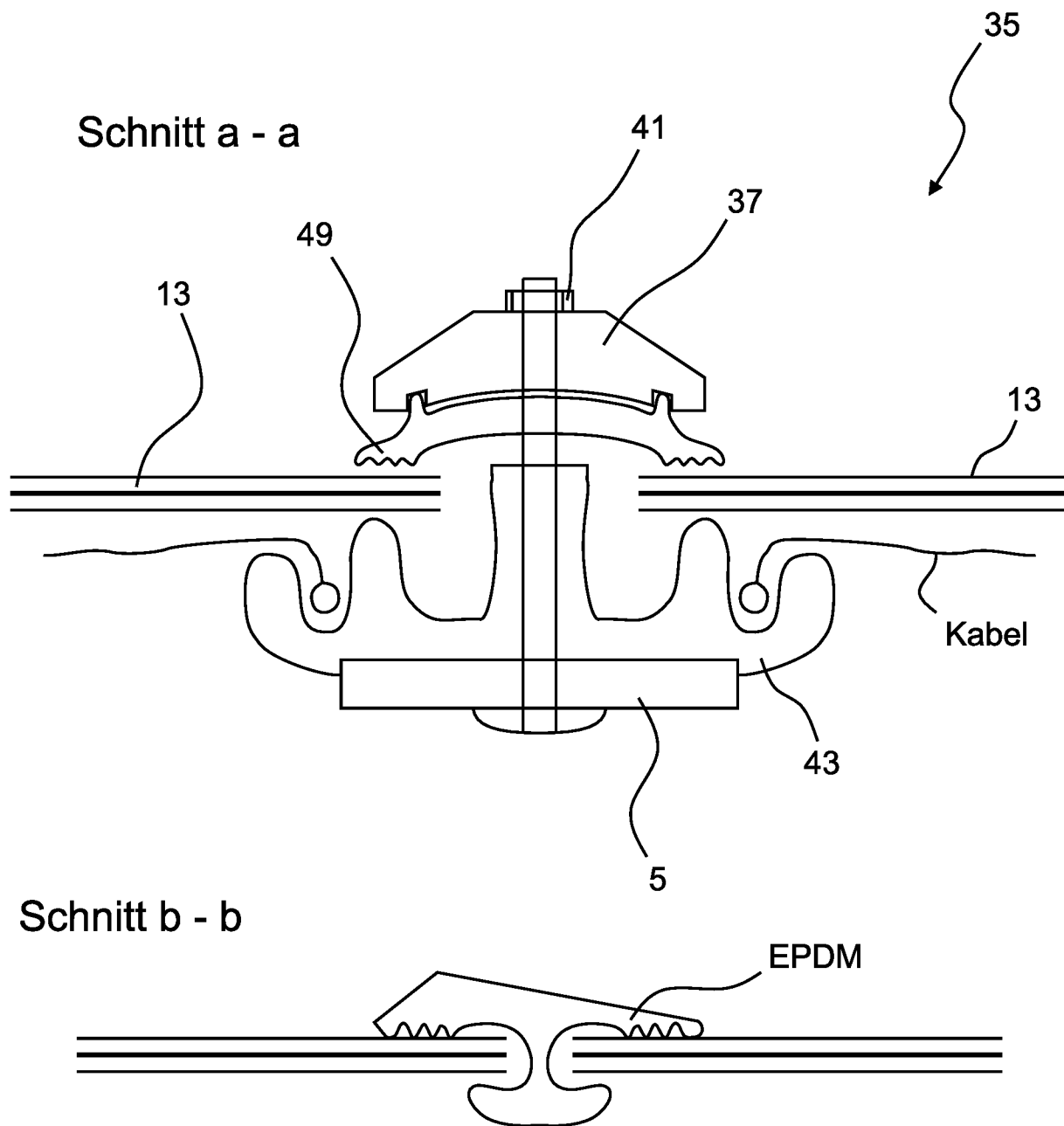


Fig. 14

PV frameless ohne Schindelung

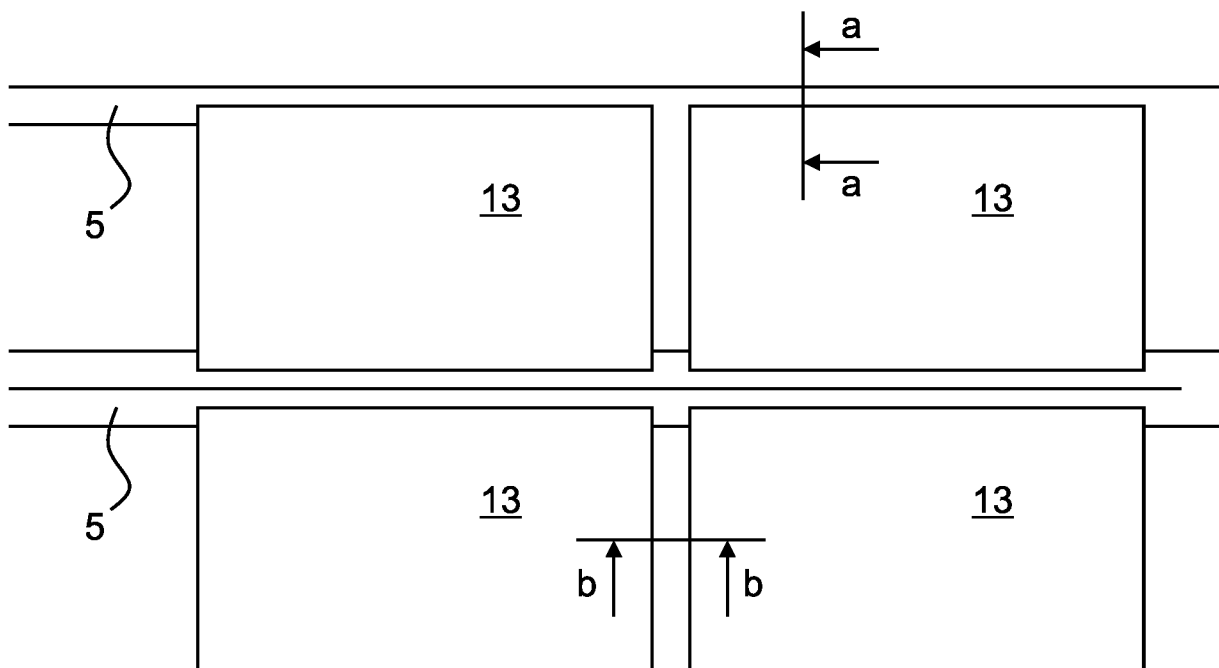


Fig. 15

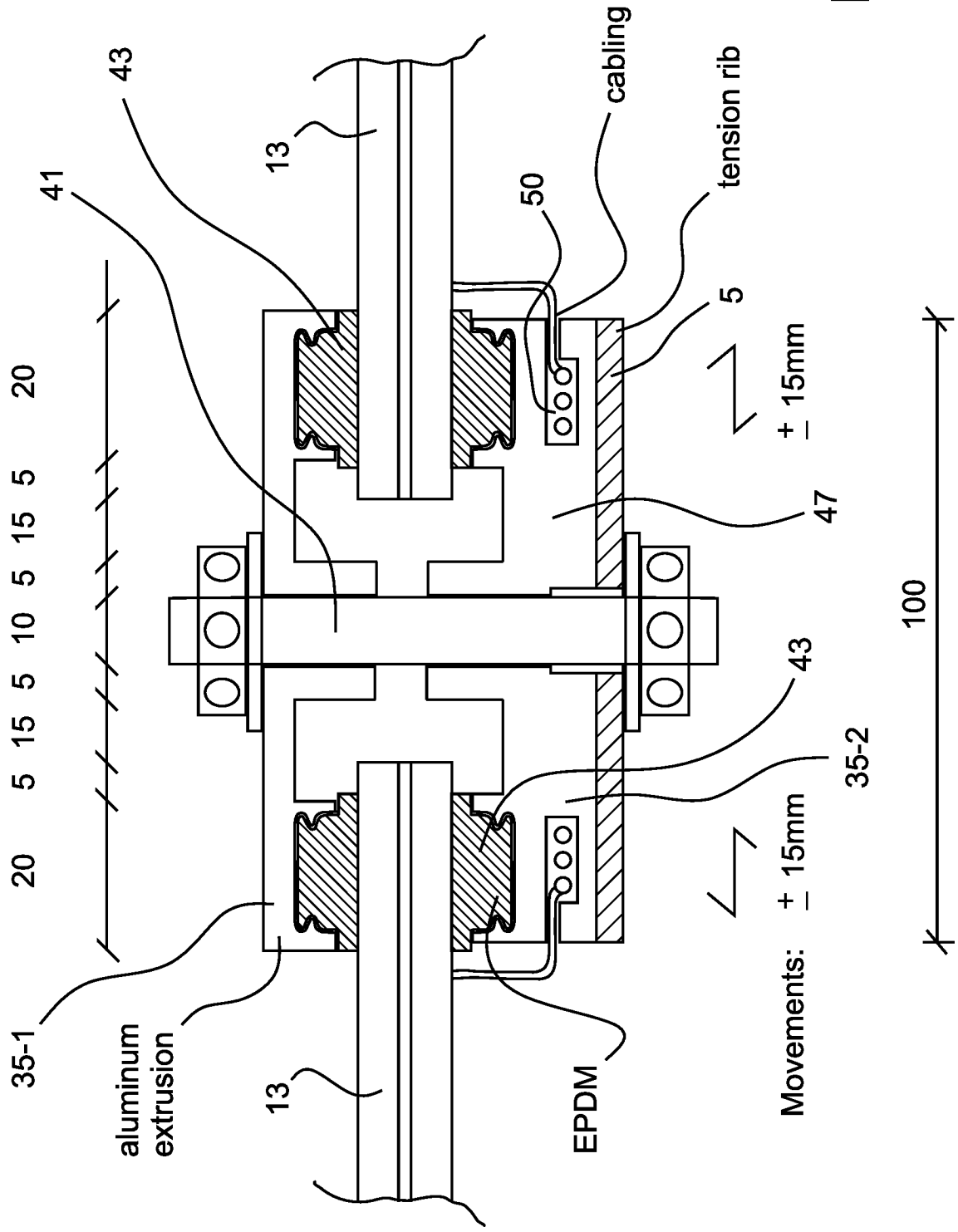


Fig. 16

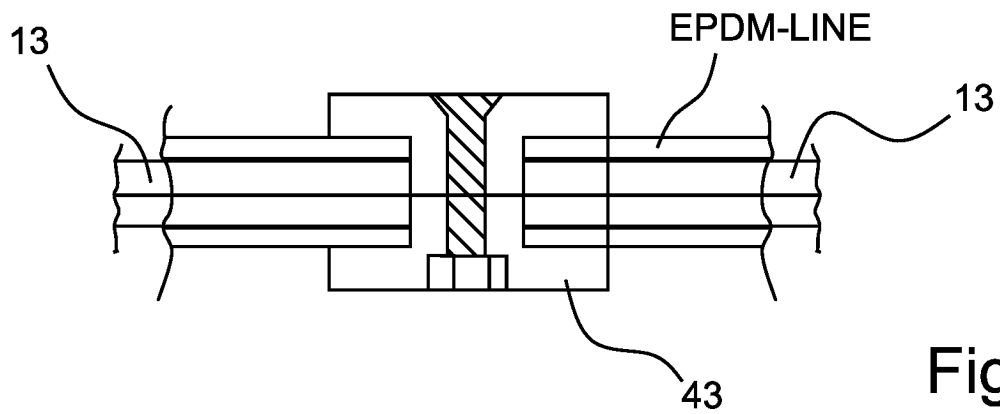
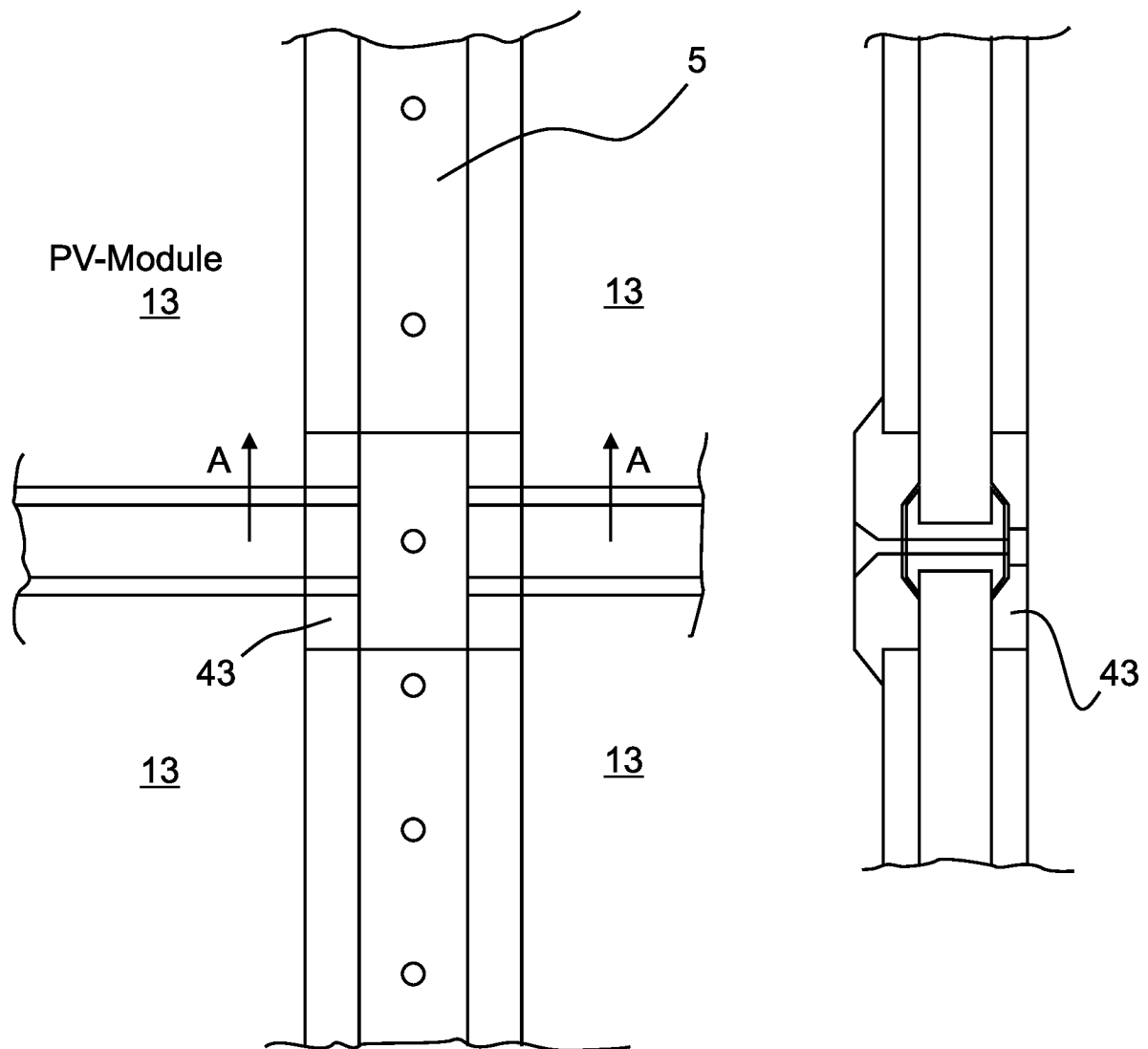


Fig. 17

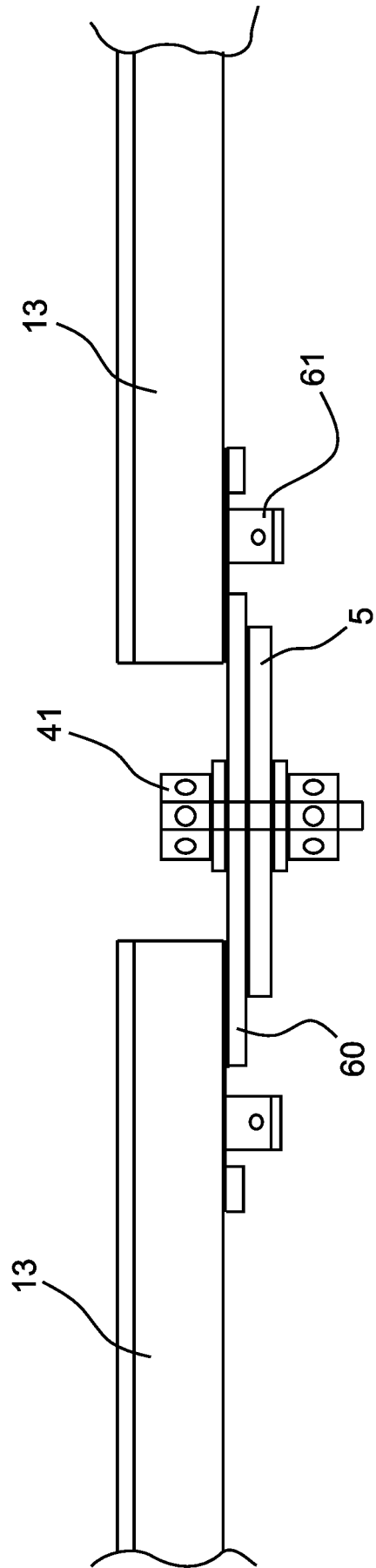


Fig. 18a

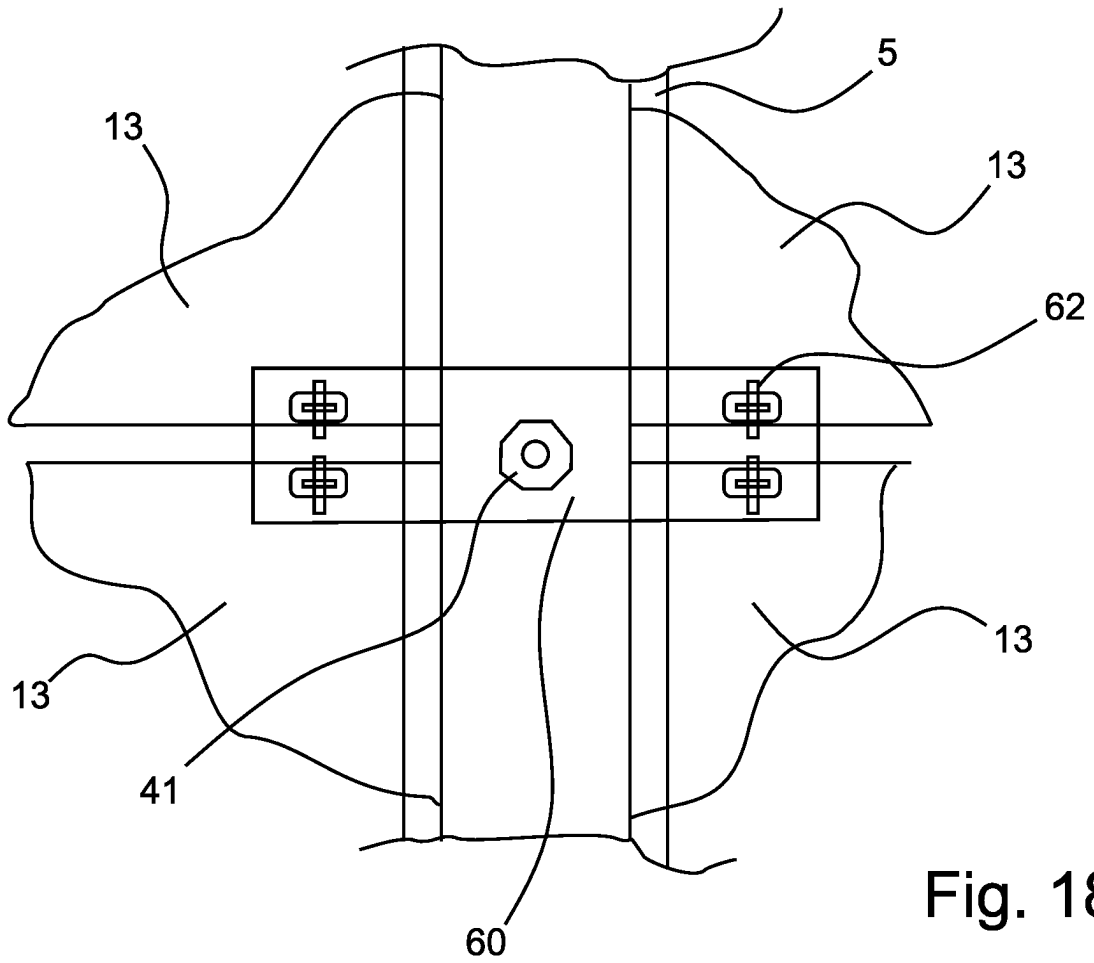


Fig. 18b

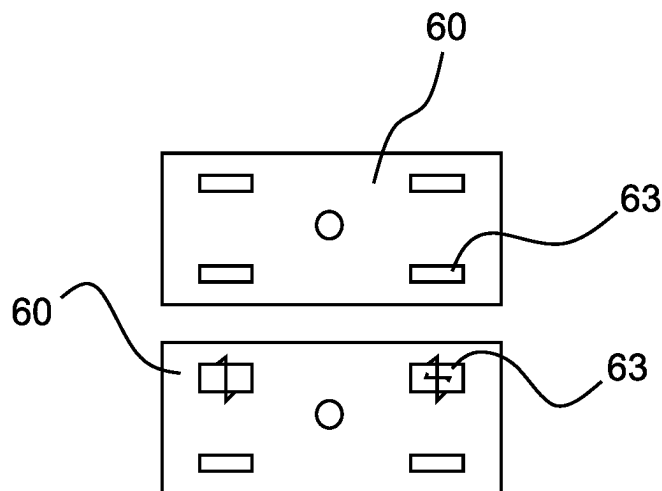


Fig. 18c

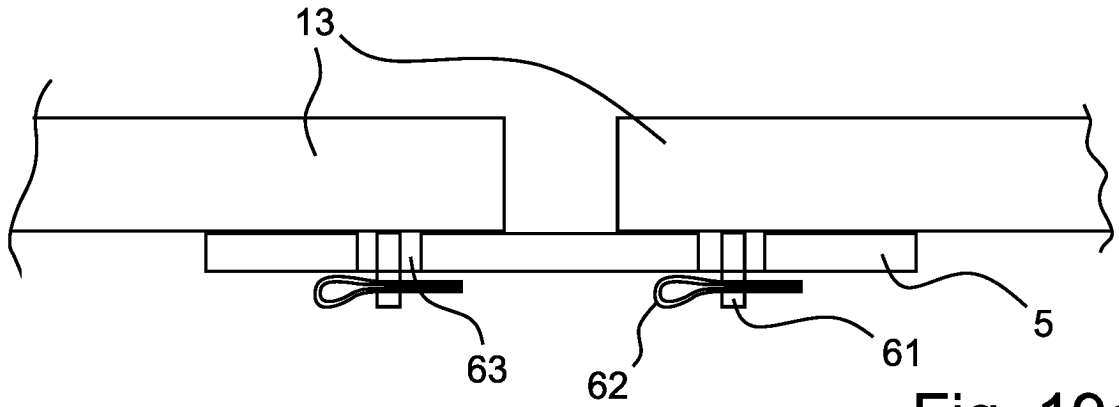


Fig. 19a

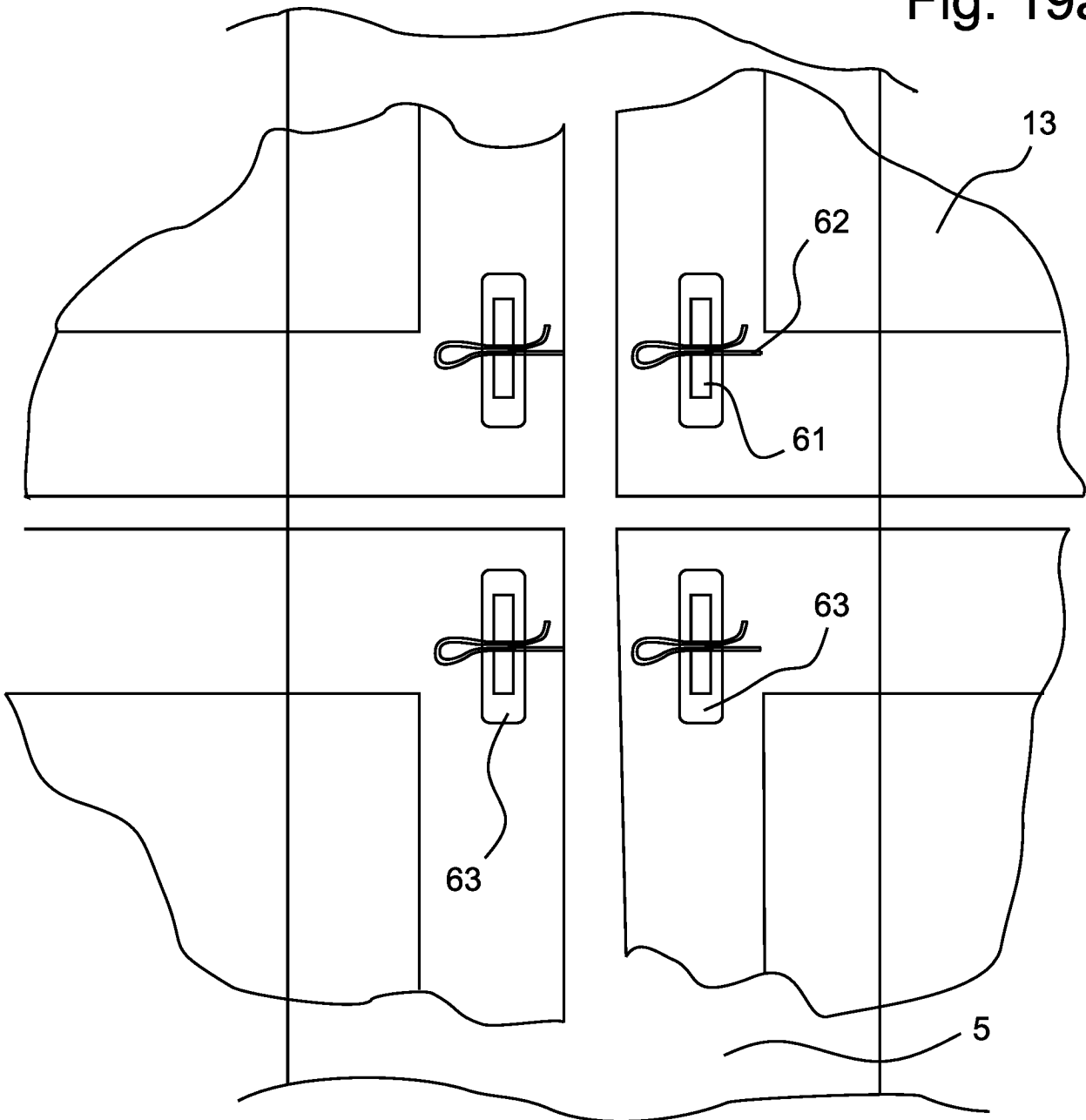


Fig. 19b

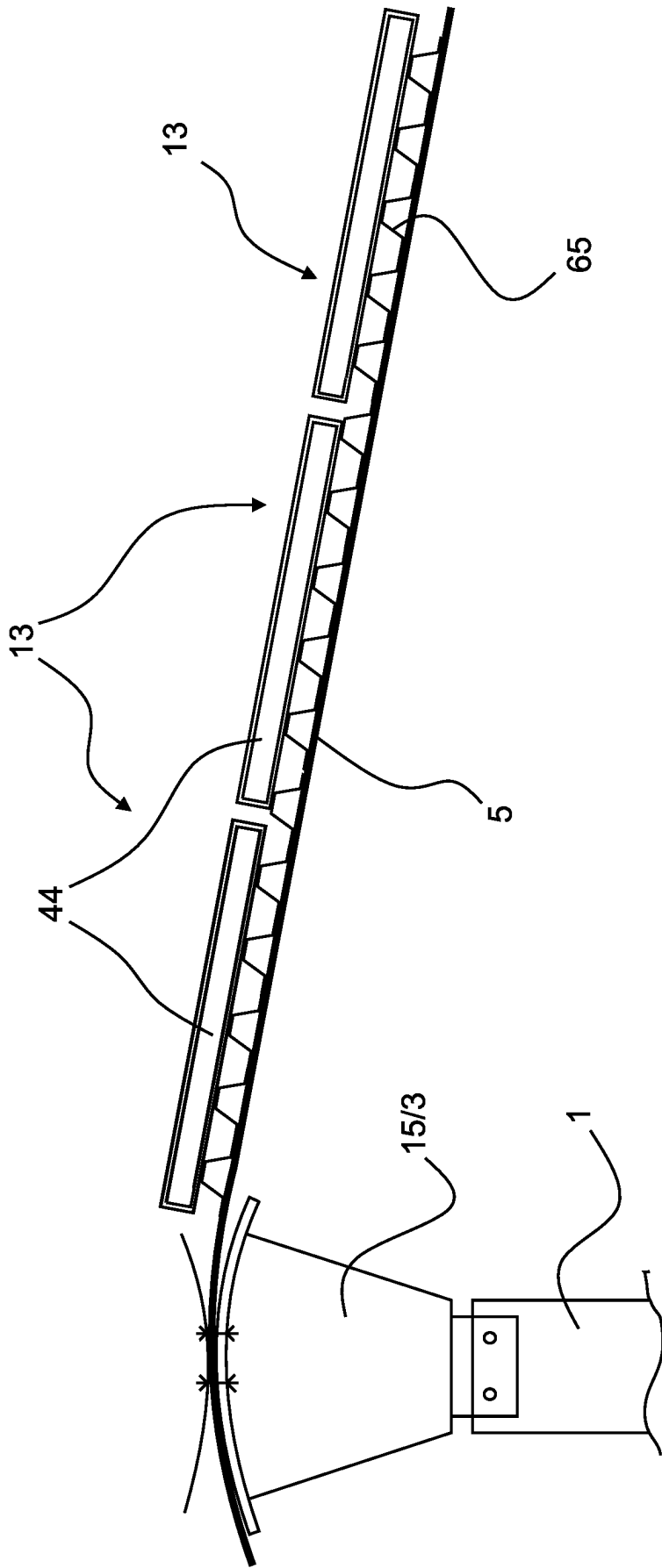


Fig. 20

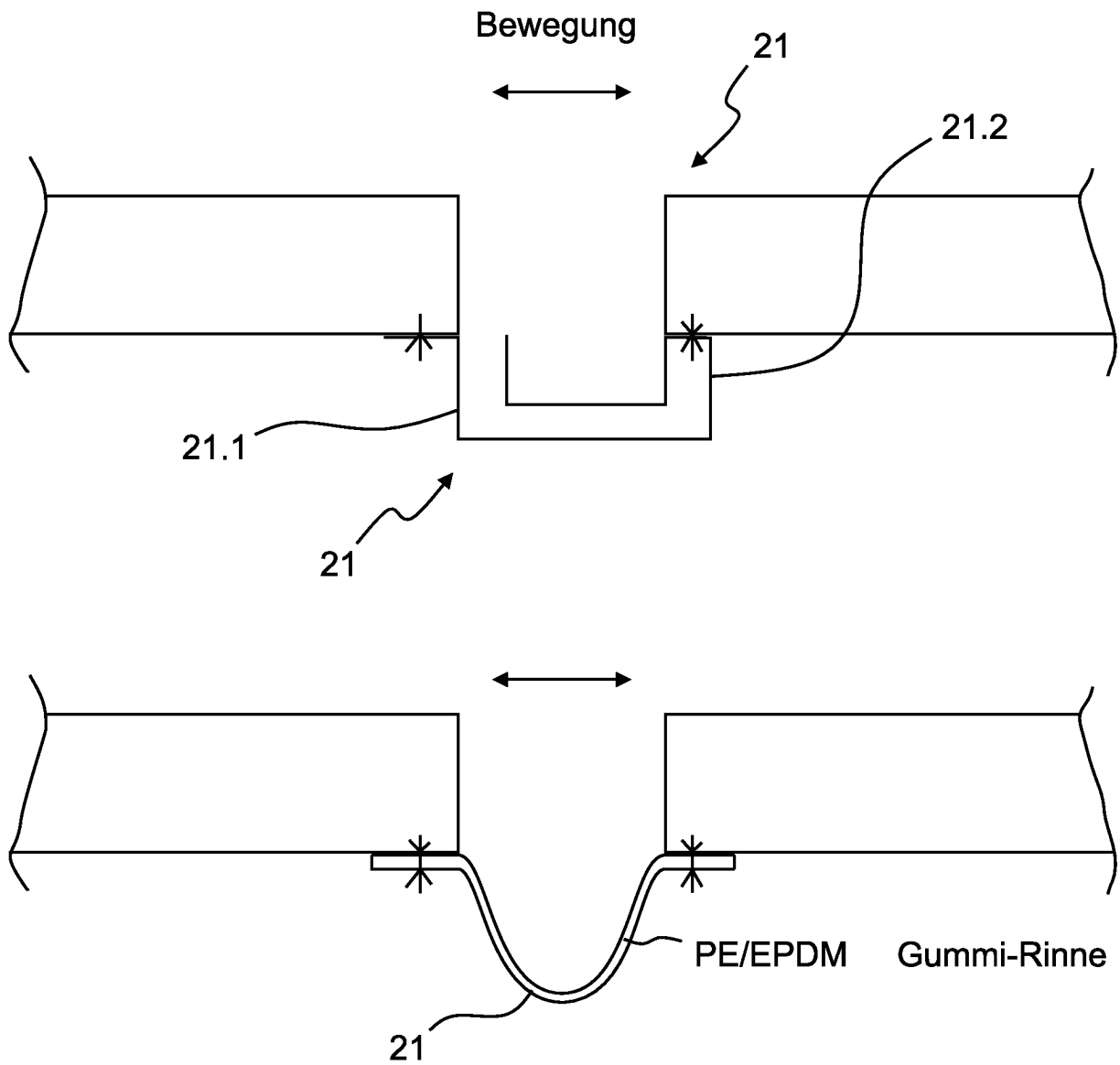


Fig. 21

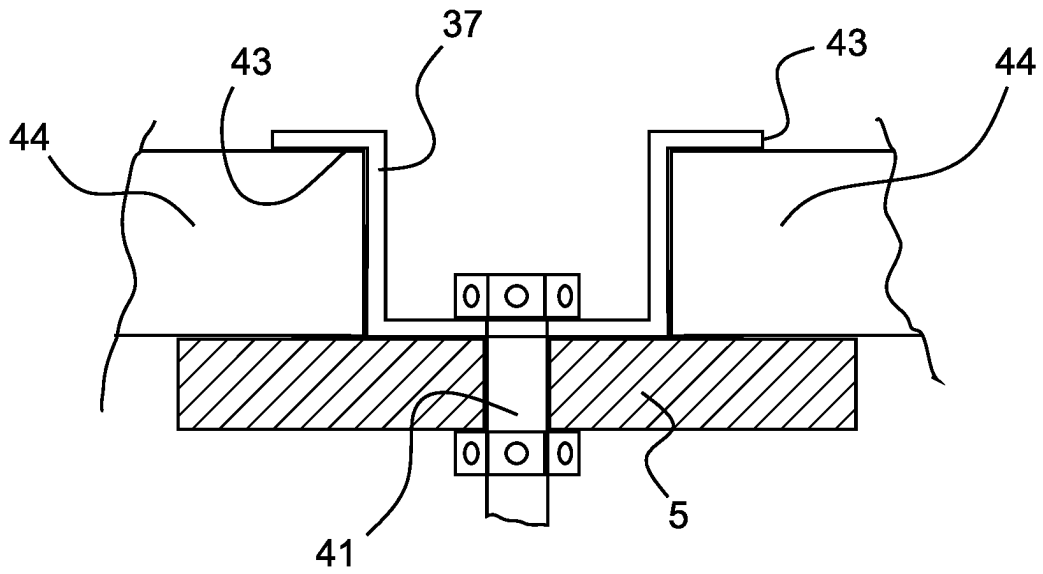


Fig. 22

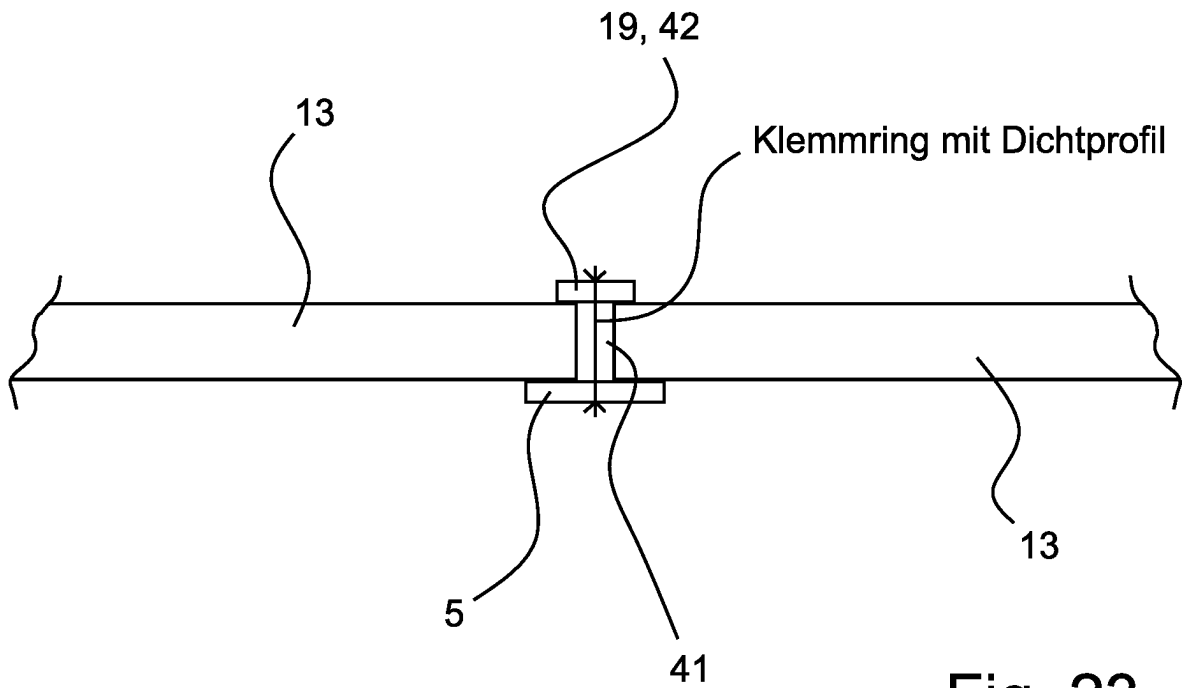


Fig. 23

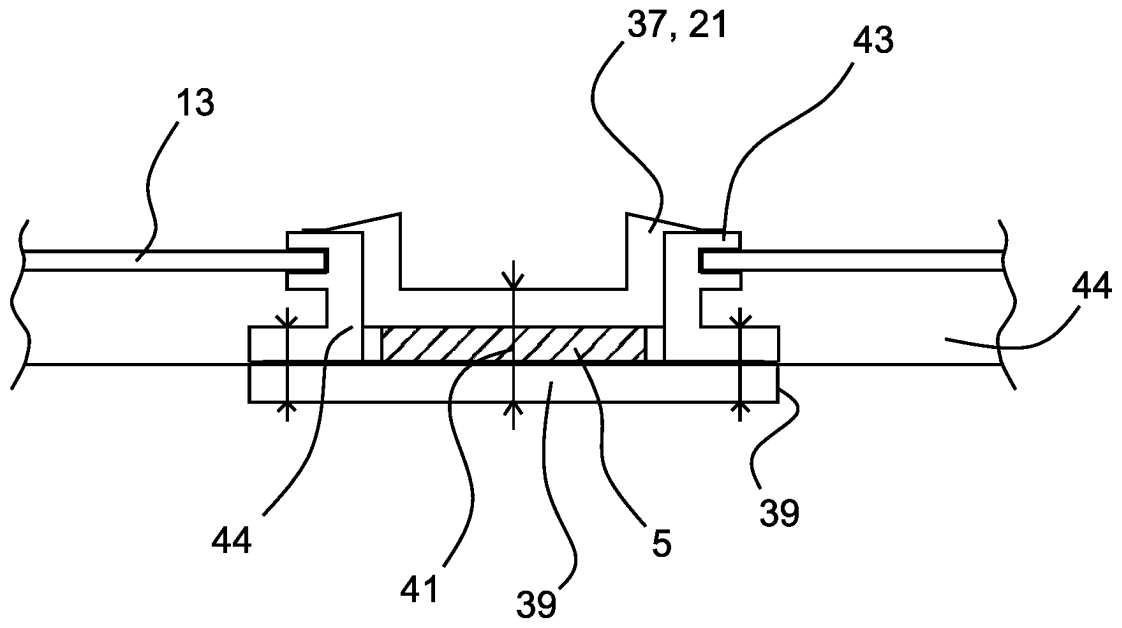


Fig. 24

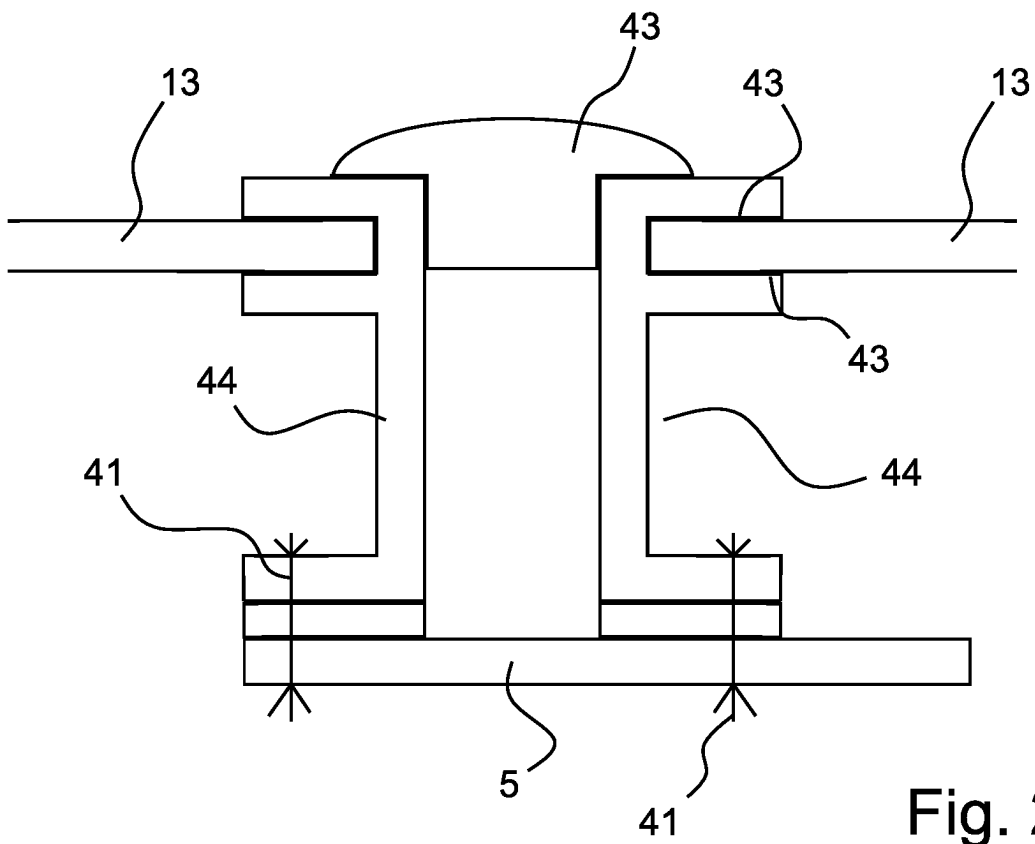


Fig. 25

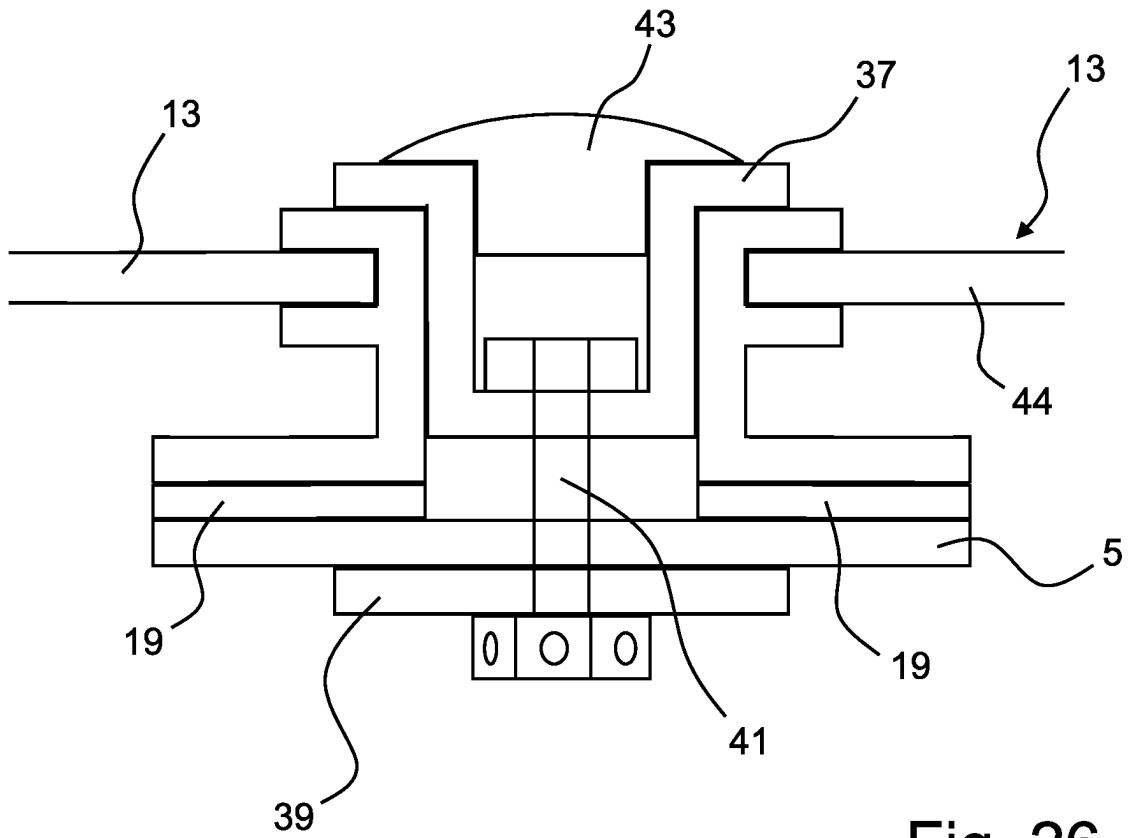


Fig. 26

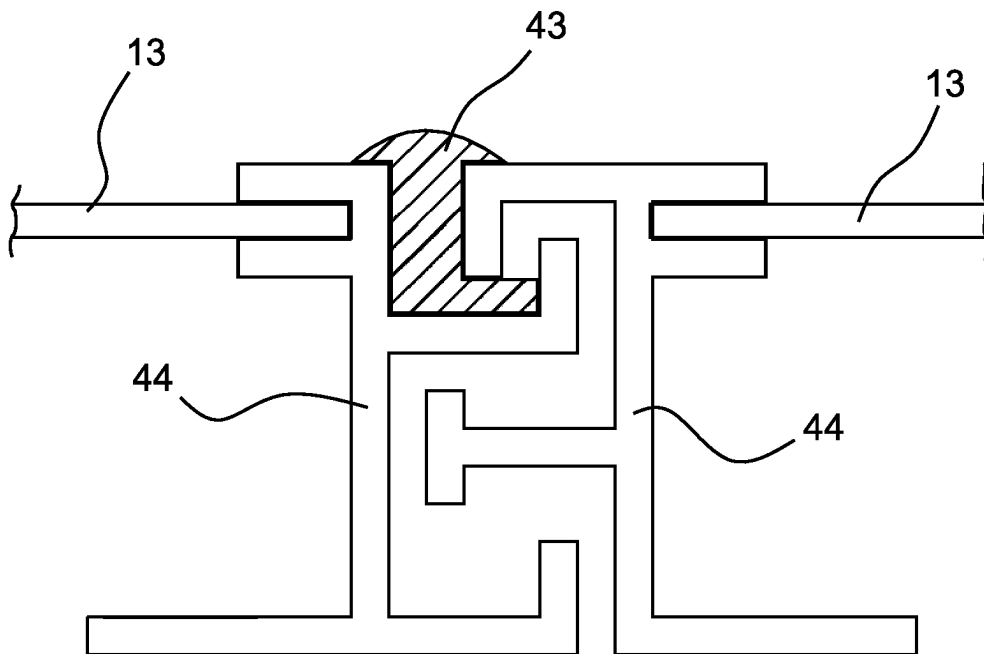


Fig. 27

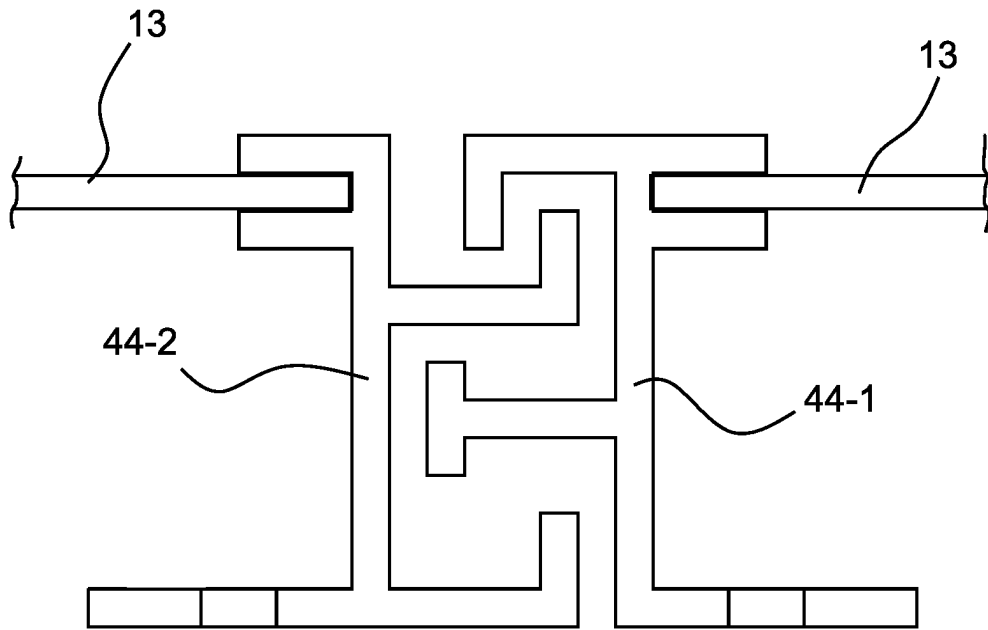


Fig. 28

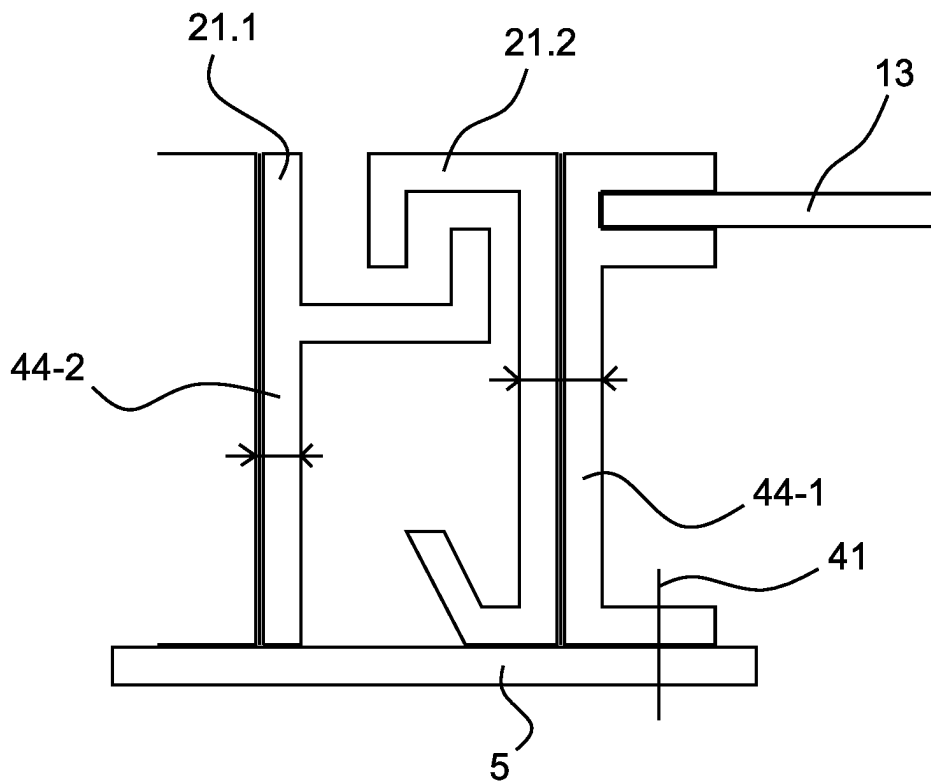


Fig. 29

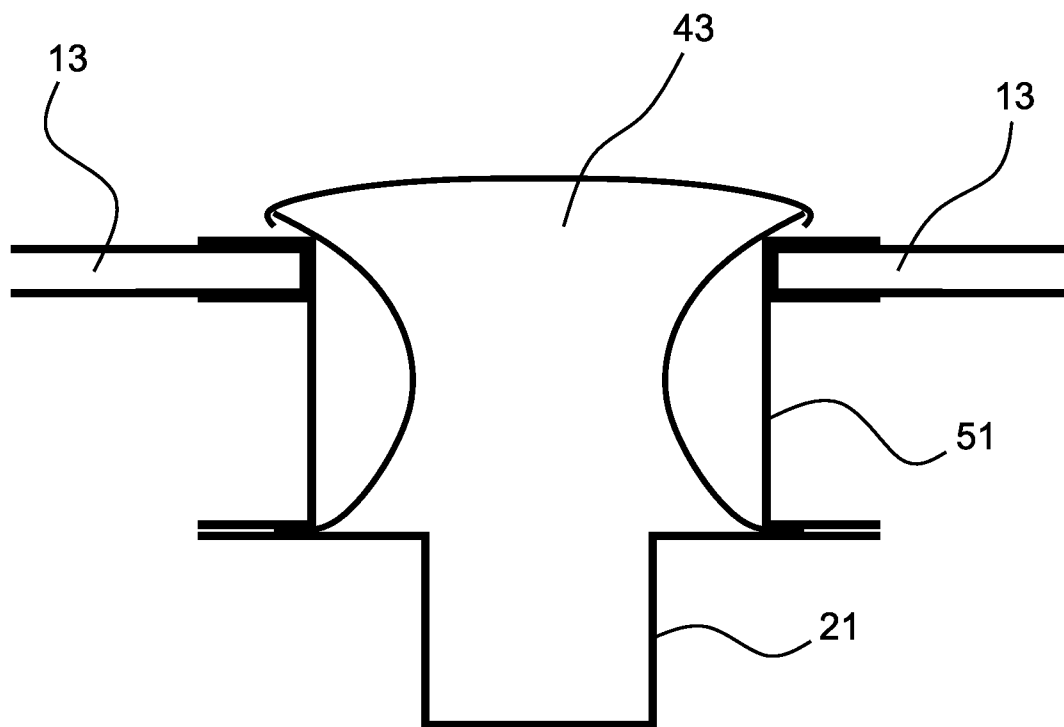


Fig. 32

Feldmitte

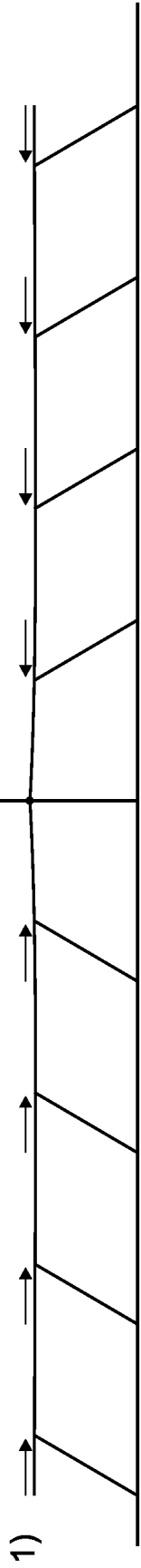
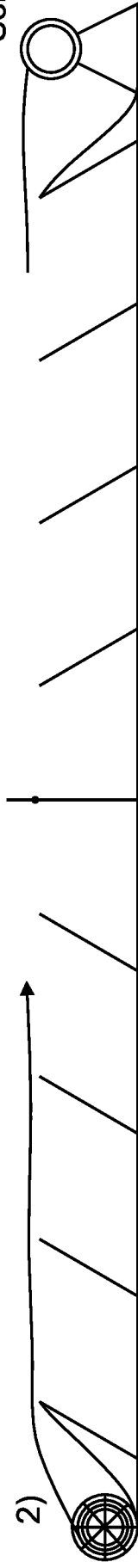


Fig. 33

Winde
Seilkran



Haspel

Fig. 34

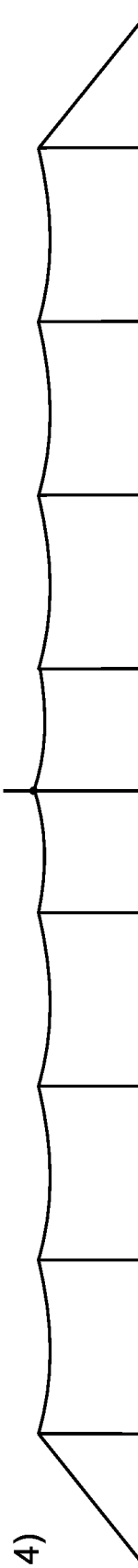
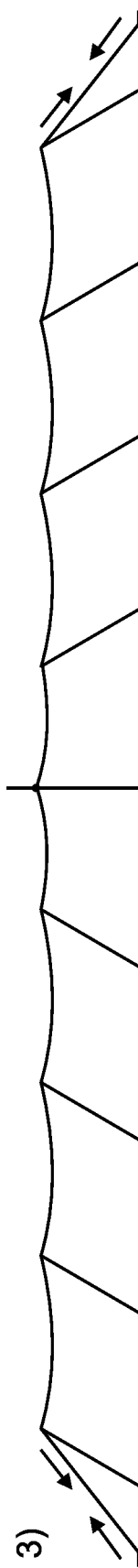


Fig. 35