



Patentschrift

(51) Int Cl.: **E04H 12/20** (2006.01)
F24J 2/54 (2006.01)
H01L 31/04 (2006.01)
E04B 7/10 (2006.01)
E04D 13/18 (2006.01)
E04H 5/02 (2006.01)
E04H 12/22 (2006.01)

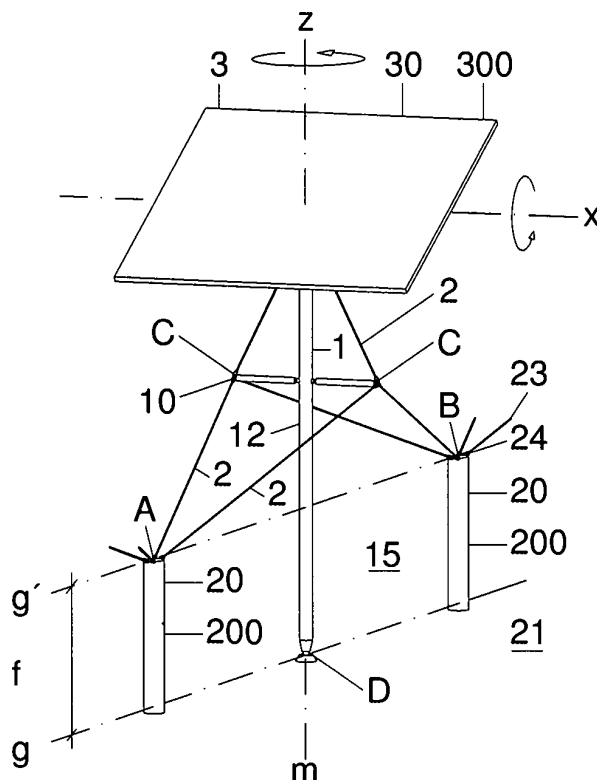
Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

(54) Bezeichnung: **Tragsystem für die Stabilisierung von mindestens einem Mast**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Tragsystem für die Stabilisierung von mindestens einem Mast (1), bestehend aus dem Mast (1) mit einer Längsmittelachse (m), der mit einem Fußgelenk (D) über ein Punktfundament mit einem tragfähigen Baugrund (21) verbunden ist und aus geraden, dehnsteifen Spanngliedern (2), die über Knotenpunkte (C) mit dem oberen Teil des Masts (1) und mit horizontal von dem Mast (1) beabstandeten Ankerpunkten (A, B) in dem Baugrund (21) verankert sind. Das Tragsystem ist dazu ausgebildet ein Energiesystem (3) in einem vertikalen Abstand zu dem Baugrund (21) zu halten und vertikale und horizontale Lasten aus dem Energiesystem (3) in den Baugrund (21) abzuleiten, wobei das Tragsystem mindestens eine Systemebene (15) aufweist. Erfindungsgemäß ist die Systemebene (15) durch zwei zueinander parallele Systemachsen (g, g'), die jeweils einen Schnittpunkt mit der Längsmittelachse (m) eines Masts (1) haben, definiert. Dabei weist die untere Systemachse (g) einen Schnittpunkt mit dem Fußgelenk (D) des Masts (1) auf, während die obere Systemachse (g') mit einem vertikalen Abstand zu der unteren Systemachse (g) als Strecke zwischen zwei einander gegenüber liegenden Ankerpunkten (A, B) verläuft, sodass für die Ableitung horizontaler Lasten durch die Spannglieder (2) zwischen den und quer zu den Systemachsen (g, g') ein vertikaler Hebelarm (f) gebildet wird.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	41 42 566	C2
DE	28 18 111	A1
DE	10 2008 057 388	A1
DE	10 2008 059 858	A1
DE	20 2008 010 427	U1
DE	10 60 123	B
DE	14 34 547	B
CH	699 119	A1
CH	550 310	A
US	6 979 175	B2
US	7 059 095	B1
US	7 285 719	B2
US	2011 / 0 315 197	A1
US	2012 / 0 234 954	A1
US	1 756 316	A
US	5 212 916	A
US	4 366 387	A
US	4 456 429	A
EP	0 371 000	A1
EP	0 373 234	A1
EP	1 696 087	A1
WO	2004/ 083 741	A2
WO	2006/ 130 892	A1
WO	2008/ 025 001	A2
WO	2009/ 140 564	A1
WO	2010/ 006 460	A2
WO	2010/ 011 649	A1
CA	2 729 025	A1

"INFORMATIONEN UND HINWEISE zum Rigggen und Trimmen Ihres Seldén-Riggs", Druckvermerk "2010-09-24", S. 1 - 85 [recherchiert am 02.10.2013 als PDF-Dokument über URL: http://www.gotthardt-yacht.de/tl_files/Bilder/PDF/Selden/Masten/Riggtrimm_Information_Hinweise.pdf]

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Tragsystem für die Stabilisierung von mindestens einem Mast, bestehend aus dem Mast mit einer Längsmittelachse, der mit einem Fußgelenk über ein Punktfundament mit einem tragfähigen Baugrund verbunden ist, und aus geraden, dehnsteifen Spanngliedern, die über Knotenpunkte mit dem oberen Teil des Masts und mit horizontal von dem Mast beabstandeten Ankerpunkten in dem Baugrund verankert sind. Das Tragsystem ist dazu ausgebildet, ein Energiesystem in einem vertikalen Abstand zu dem Baugrund zu halten und vertikale und horizontale Lasten aus dem Energiesystem in den Baugrund abzuleiten, wobei das Tragsystem mindestens eine Systemebene aufweist. Im Rahmen der Erfindung bezieht sich ein Energiesystem auf Energie konvertierende Systeme, wie PV-Anlagen und Windturbinen, sowie auf Energie leitende Systeme, wie Oberleitungen zur Energieversorgung von Schienen- und Straßenfahrzeugen und auf Hochspannungsleitungen für den Energietransport über weite Strecken und auch auf Energie speichernde Systeme, wie Pumpspeicherwerke, bei denen jeweils ein oberer und ein unterer Wasserbehälter über eine Druckleitung mit einer Turbine und einer Pumpe verbunden sind oder auf eine Kombination unterschiedlicher Energiesysteme.

[0002] Mit der am 30. Juni 2011 im deutschen Bundestag beschlossenen Energiewende hat sich Deutschland ehrgeizige Ziele für den Ausstieg aus der Energieversorgung durch Atomkraftwerke und aus Kohlenstoff basierten Kraftwerken und für den Einstieg in eine Energieversorgung aus erneuerbaren Quellen gesetzt. Bereits heute kann Energie aus erneuerbaren Quellen einen erheblichen Anteil des Strombedarfs decken. So erreichte z. B. am 14.09.2012 die eingespeiste Leitung aus Windkraft und Photovoltaik einen Höchstwert von 31,8 Gigawatt. Zwischen 13 Uhr und 14 Uhr lag an diesem Tag der von der Windkraft erbrachte Anteil bei 15,6 Gigawatt, der von der Photovoltaik erbrachte Anteil lag bei 16,2 Gigawatt. Derart große, temporär zur Verfügung stehende Energiemengen belasten die Stromnetze und erfordern den weiteren Ausbau eines nationalen und europäischen Verbundsystems.

[0003] Mit der avisierten Steigerung der Erzeugungsleistung aus Windkraft und Photovoltaik in Deutschland und Europa erreicht die Nutzung regenerativer Energiequellen eine neue Dimension. Die Entwicklung von Speichertechnologien und neuartigen Leitungssystemen für die Energieverteilung im Netz gehören ebenso zu den anstehenden Aufgaben, wie die Installation weiterer Windkraft- und PV-Anlagen. Im Sinne einer global erforderlichen Reduktion des CO₂-Ausstoßes kommt dem Ausbau erneuerbarer Energiesysteme eine wachsende Bedeutung zu.

Maste

[0004] Abhängig von der jeweiligen Gründungsart unterscheidet man eingespannte und abgespannte Maste. Bei eingespannten Masten wachsen mit zunehmender Höhe der Gründungsaufwand und die konstruktiv erforderliche Masse zur Stabilisierung des Masts. Bei großen Windkraftanlagen spricht man deshalb auch von einem Turm, der an seiner Basis einen Durchmesser von mehr als 10 m annehmen kann. Abgespannte Maste sind für das Erreichen großer Höhen die wirtschaftlichere Lösung, benötigen aber für die Anordnung und Gründung der Abspannseile eine große Fläche. Mit minimalem Materialaufwand erreichen am Fußpunkt gelenkig gelagerte, abgespannte Maste, wie gebaute Funk- und Sendemaste zeigen, Höhen von mehr als 600 m. Der Bauart entsprechend können jeweils nur die luvseitigen Seile für die Lastabtragung herangezogen werden, während die leeseitig angeordneten Seile schlaff bleiben. Fällt nur ein Abspannseil aus, versagt das ganze Tragsystem, wie der Einsturz des Aufwindkraftwerks in Manzanares 1989 gezeigt hat. Abgespannte Maste bewegen sich unter Last und sind daher für die Anordnung von Aufenthaltsflächen in großer Höhe nur bedingt geeignet. Maste werden in der Regel als Einzelbauwerke errichtet. Zur Ableitung der von einem Mast aufgenommenen horizontalen und vertikalen Lasten in einen tragfähigen Baugrund sind unterschiedliche Gründungstechniken bekannt. Gründungskörper aus Stahlbeton stellen die gebräuchlichste Art der Fundierung einer Mastkonstruktion dar. Die pendelnde Lagerung eines Masts in einem Köcherfundament wird genutzt, um den Mast im Montagezustand möglichst genau auszurichten und ihn anschließend durch Verguss mit Beton in das Köcherfundament einzuspannen. Als wirtschaftliche Alternativen zur Ausbildung von Stahlbetonfundamenten sind Schraubfundamente, Rammpfähle sowie Dübelverbindungen im Erdreich bekannt.

Windkraftanlagen

[0005] Für die Windkraft werden geeignete Standorte bereits genutzt, sodass an besonders günstigen Standorten bereits vorhandene Windkraftanlagen durch leistungsstärkere, neue Anlagen ersetzt werden. Um die in einer Luftströmung enthaltene Energie optimal nutzen zu können, benötigen Windturbinen, insbesondere so genannte „Onshore“-Windkraftanlagen eine möglichst hohe Nabenhöhe, um mit ihren Rotorblättern die in

größerer Höhe stetigeren Luftströme zu erfassen. Am Baugrund eingespannte Türme für Windkraftanlagen erreichen heute eine Nabenhöhe von bis zu 150 m. Mit zunehmender Höhe sind derartige Turmkonstruktionen aufgrund der erforderlichen Massen zur Ableitung der Lasten jedoch unwirtschaftlich.

Photovoltaikanlagen

[0006] Der ebenfalls notwendige, weitere Ausbau der Photovoltaik bezieht sich in Zukunft nicht nur auf die weitere Erschließung günstig orientierter Dachflächen, sondern auch auf die Überbauung bereits versiegelter Flächen, wie Verkehrsflächen und Parkplätze und auch auf die Erschließung von Freilandflächen. Die großflächige Überbauung landwirtschaftlich genutzter Flächen mit bodennah installierten PV-Anlagen mit einem Leistungsspektrum von zum Beispiel 2–10 Megawatt stößt vielerorts auf Widerstände, da entsprechende PV-Anlagen weitere agrarische Nutzungen der überbauten Flächen ausschließen. Je ertragreicher der zur photovoltaischen Energieerzeugung genutzt Ackerboden ist, umso höhere Ausgleichszahlungen sind vom Betreiber für die Nutzung dieser Flächen an den Grundbesitzer zu entrichten.

[0007] Mit einer jährlich sich verdoppelnden Kollektorfläche wächst der Ausbau der PV-Anlagen exponentiell. Starre Trägersysteme als Unterkonstruktion für PV-Module ermöglichen eine günstige Orientierung zum Stand der Sonne, zeichnen sich aber, sofern sie sich nicht auf vorhandene Dachflächen abstützen, durch einen hohen Landschaftsverbrauch aus. Bewegliche Kollektorflächen, die mit einer zweiachsigen Nachführung zum jeweiligen Sonnenstand ausgerichtet werden können, haben einen um 30–35% höheren Wirkungsgrad, als starr ausgerichtete Kollektorflächen.

Energiespeichersysteme

[0008] Sowohl solar als auch durch Windkraft erzeugter Strom unterliegt großen Ertragsschwankungen. Um eine Stromversorgung lokal, regional und auch überregional sicherzustellen, werden deshalb Energiespeichersysteme benötigt. Pumpspeicherwerke stellen nach wie vor eine der effektivsten Möglichkeiten dar, Energie zu speichern, sind aber nach dem derzeitigen Stand der Technik auf natürlich gegebene, topographische Möglichkeiten angewiesen und deshalb nicht allgemein verfügbar.

Hyperbolische Paraboloid

[0009] Zu den leistungsfähigsten Strukturformen im Hinblick auf das Verhältnis von Tragfähigkeit und Materialeinsatz gehören hyperbolische Paraboloid als druckbeanspruchte Schalenkonstruktionen oder als zugbeanspruchte Membrankonstruktionen. Ein hyperbolisches Paraboloid weist in jeder Schnittebene einen Kegelschnitt auf, wobei sich bei senkrechten Schnitten Parabeln und bei waagrechten oder beliebig geneigten Schnitten Hyperbeln zeigen. Entsprechende Dachkonstruktionen weisen eine zweifach gekrümmte Sattelfläche auf.

Elektromobilität

[0010] Im Bahnverkehr hat sich der Elektroantrieb gegenüber anderen Antriebstechniken bereits seit langem durchgesetzt. Oberleitungen zur Stromversorgung der Züge werden an eingespannten Masten aufgehängt. Diese Masten bestehen entweder aus einer aufwändigen Fachwerkkonstruktion oder aus einem entsprechend dicken, an seinem Fußpunkt eingespannten Rohr aus Stahl oder Stahlbeton. Auch bei Straßenfahrzeugen hat sich in einigen Städten der Elektroantrieb von Bussen mit einer Oberleitung bis heute bewährt.

[0011] Aus der CH 550 310 A geht ein abgespannter Mast als Turm oder Hochkamin hervor, an den drei Seilfächer zur Stabilisierung des Schafts in drei Raumrichtungen angreifen.

[0012] Die DE 28 18 111 A1 zeigt einen abgespannten Mast, bei dem Spannseile in drei Richtungen vorgesehen sind, die in unterschiedlichen Höhen an den Schaft des Masts angreifen.

[0013] Die DE 20 2008 010 427 U1 zeigt eine Solarkollektoranordnung mit einer Kollektorfläche, die sich auf eine dreibeinige Tragkonstruktion abstützt, bei der Spindelantriebe für eine zweiachsige Nachführung der Kollektorfläche zum Sonnenstand vorgesehen sind.

[0014] Die CH 699 119 A1 betrifft eine Solaranlage, bei der eine Reihe von Solarpaneelen zwischen zwei Tragseilen angeordnet ist. Die Tragseile stützen sich auf eine Mastenreihe ab und werden an ihren Endpunkten an Ankerpunkten zusammengeführt.

[0015] In der WO 2004/083741 A2 ist eine Anordnung von zur Sonne geneigten, verschwenkbaren Kollektorflächen offenbart, die an ihrem hohen Ende auf gelenkig gelagerten Stäben und an ihrem niedrigen Ende auf eingespannten Stützen gelagert ist.

[0016] Die WO 2006/130892 A1 zeigt eine Solaranlage, bei der eine Vielzahl von PV-Modulen an Tragseilen mit einem vertikalen Abstand über einem Baugrund aufgehängt ist. Die Tragseile sind mit den Masten längs und quer verbunden.

[0017] Die WO 2009/140564 A1 beschreibt eine Vielzahl weitgespannter Tragwerke für Solaranlagen, bei der die Kollektorflächen an Masten und Seilen aufgehängt sind.

[0018] In der EP 0 371 000 A1 ist ein transluzentes Dach für ein Gewächshaus dargestellt, bei dem ein Teil der Dachfläche von PV-Modulen gebildet wird.

[0019] Aus der DE 10 2008 057 388 A1 geht eine Solaranlage hervor, bei der sich die Kollektorflächen auf Spannseile stützen und als zusammenhängende Einheiten dem Sonnenstand nachgeführt werden.

[0020] Aus der EP 0 373 234 A1 geht eine Solaranlage hervor, bei der sich die einzelnen Module auf Seile abstützen, die an eingespannten Masten verankert sind. Zur Stabilisierung der Module ist eine Vernetzung der Spannseile mit Querseilen vorgesehen.

[0021] Aus der DE 10 2008 059 858 A1 geht ein Trägersystem zum Aufbau von Photovoltaik-Freilandanlagen hervor, bei dem die einzelnen PV-Module an einem zwischen eingespannten Stützen verankerten Tragseil verschwenkbar gelagert sind.

[0022] In der EP 1 696 087 A1 wird eine Dachkonstruktion mit Regenrinnen für einen Carport beschrieben, die mit PV-Modulen belegt und verschwenkbar an Stützen aufgehängt ist.

[0023] Die WO 2010/011649 A1 zeigt eine modular aufgebaute, an vier Punkten gestützte Membrankonstruktion mit integrierten PV-Modulen, die an Masten aufgehängt ist. Dabei weist jeweils eine Ecke eines Vierecks eine längere Stütze auf, sodass ein Modul der Dachkonstruktion als Sattelfläche ausgebildet ist.

[0024] Aus der US 7 285 719 B2 geht ein Tragsystem für Solarmodule hervor, bei dem sich die einzelnen Module jeweils auf ein unteres und ein oberes Tragseil abstützen, die mittels von Masten in einem vertikalen Abstand zum Baugrund gehalten werden. Zur Stabilisierung der Maste sind hier Abspannungen in Längs- und Querrichtung erforderlich.

[0025] In der DE 41 42 566 C2 wird eine Solaranlage mit einem räumlich gekrümmten Tragwerk beschrieben. Dabei sind die einzelnen Solarmodule in Reihe geschaltet.

[0026] Aus der US 5 212 916 A geht eine Dachkonstruktion zur Aufnahme von Photovoltaikzellen hervor, die zwischen den Spanngliedern einer Dachkonstruktion angeordnet werden. Für die Aussteifung der Dachkonstruktion sind hier quer zu den Stützen verlaufende Druckstäbe erforderlich.

[0027] Die WO 2008/025001 A2 zeigt eine Solaranlage bei der einzelne Solarmodule von einem räumlichen Seilträger, der sich auf eine Reihe von Masten abstützt, getragen werden. Für die Abspannung der Maste sind Zugglieder mit Erdankern vorgesehen.

[0028] Aus der gattungsbildenden US 2011/0315197 A1 geht eine Solaranlage mit an Seilen aufgehängten PV-Modulen hervor, bei der zwei sich an den Masten kreuzende Tragebenen offenbart sind. Da die Fußpunkte der Maste und die Endpunkte der Abspannungen auf gleicher Höhe liegen, ist eine Tragebene allein nicht stabil und würde beim Weglassen der zweiten Tragebene umfallen.

[0029] Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, den Mast mit bereits nur einer Tragebene zu stabilisieren.

[0030] Diese Aufgabe wird mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen der Erfindung gelöst. Weitere vorteilhafte Eigenschaften und Ausgestaltungsmöglichkeiten der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

[0031] Erfindungsgemäß weist eine Strecke zwischen den Ankerpunkten einen Schnittpunkt mit der Längsmittelachse eines Masts auf und bildet die obere Systemachse des Tragsystems. Parallel zu dieser Systemachse verläuft in einem vertikalen Abstand eine zweite Systemachse durch das Fußgelenk des Masts und weist dabei ebenfalls einen Schnittpunkt mit der Längsmittelachse des Masts auf, sodass beide Achsen in einer Systemebene liegen. Der vertikale Abstand beider Achsen zueinander definiert einen vertikalen Hebelarm zur Stabilisierung des Masts quer zur Spannrichtung der Spannglieder. Bei Querbeanspruchung des Tragsystems sind die Zugkräfte in den Spanngliedern unmittelbar von der Länge dieses Hebelarms im Verhältnis zur Mastlänge abhängig. Die Länge des Hebelarms kann der vollen Länge eines Masts entsprechen oder einem Bruchteil der Mastlänge betragen, wobei eine Hebellänge von 20–50% der Mastlänge ein günstiges Verhältnis darstellt, sodass die von den Spanngliedern aufzunehmenden Zugkräfte bei Beanspruchung quer zur Systemebene des Tragsystems wirksam reduziert werden. In einem Längsabschnitt oberhalb des Baugrunds sind für den mastseitigen Anschluss der Spannglieder unverschiebbliche Knotenpunkte vorgesehen, die im Falle eines Auslegers links und rechts der Systemebene angeordnet sind und an den baugrundseitigen Ankerpunkten in einem spitzen Winkel zusammengeführt werden. Bei Beanspruchung des Tragsystems quer zur Systemebene ist die resultierende Zugbeanspruchung in den Zuggliedern auch abhängig vom Betrag dieses Winkels. Dabei gilt: je spitzer der Winkel, umso höher sind die resultierenden Zugkräfte. Horizontale Beanspruchungen quer zur Spannrichtung der Seile können in diesem Fall sowohl von den luv- als auch von den leeseitigen Spanngliedern aufgenommen werden, sodass alle Spannglieder an der Lastabtragung beteiligt sind. Mit geringen Verformungen reagiert das Tragsystem auf horizontale Beanspruchungen, die in Spannrichtung der Spannglieder wirksam sind. Ein besonders günstiges Tragverhalten weist ein Tragsystem auf, bei dem mehr als eine Systemebene vorgesehen ist und sich zum Beispiel zwei Systemebenen an ihrem Schnittpunkt mit der Längsmittelachse eines Masts kreuzen. In diesem Fall sind alle Spannglieder eines erfindungsgemäßen Tragsystems jeweils anteilig an der Abtragung horizontaler Lasten beteiligt, sodass die Stabilisierung eines Masts mit geringen Auslenkungen ermöglicht wird. Vertikale und horizontale Lasten aus einem Energiesystem oder aus einer Kombination mehrerer Energiesysteme werden damit durch ein erfindungsgemäßes Tragsystem in einen tragfähigen Baugrund abgeleitet.

Spannglieder

[0032] Im Rahmen der Erfindung können die Spannglieder jeweils einzeln oder paarweise angeordnet werden, wobei an den Ankerpunkten und an den mastseitigen Knotenpunkten an sich bekannte Verankerungstechniken des konstruktiven Seilbaus mit Gewindefittings, Gabelseilhülsen oder auch Seilklemmen in Frage kommen. Alternativ zu den Seilen können Zugstabsysteme mit auf die jeweilige Zugbeanspruchung bauaufsichtlich zugelassenen Endbeschlägen genutzt werden. Ab etwa 20 m Spannweite bieten sich zug- und dehnsteife Stahlseile als Spannglieder an.

Ein Mast als verkettbares Element

[0033] Weist ein Mast für die Ableitung der horizontalen Lasten nur eine Systemebene auf, kann ein Tragsystem aus einer Vielzahl von Masten bestehen, bei denen die Spannglieder einander benachbarter Maste jeweils an den Ankerpunkten untereinander kurz geschlossen werden. Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, dass sich die Zugkräfte an den Ankerpunkten gegenseitig aufheben, wobei im Falle schräg geführter Abspannungen an den Ankerpunkten resultierende Zugkräfte aufzunehmen sind. Von grundsätzlicher Bedeutung ist die Möglichkeit der Stabilisierung einer Mastenreihe zum Beispiel auf dem Mittelstreifen einer Autobahn oder entlang einer Bahnlinie oder eines Kanals. In diesen Fällen steht für die Gründung eines Masts nur ein schmaler Geländestreifen zur Verfügung. Der etwa 4 m breite Mittelstreifen einer Autobahn reicht beispielsweise aus, um die Maste für Oberleitungen aus parallelen Fahrdrähten und Tragseilen Baugrund zu verankern. Entsprechendes gilt auch für die Maste von Hochspannungsleitungen, die gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung entlang des bestehenden Autobahnnetz angeordnet werden können, um den notwendigen Netzausbau in Deutschland in Nord-Süd- und Ost-West-Richtung zu realisieren. Ein pendelnd gelagerter Mast im Zusammenwirken mit horizontal beabstandeten, vergleichsweise kurzen Ankerstützen löst die Aufgabe einer Stabilisierung des Masts auf einem schmalen Streifen. Moderne Hochgeschwindigkeitszüge erfordern eine stabile Lagerung der Oberleitungen in vergleichsweise kurzen Intervallen. Ein erfindungsgemäß abgespannter Mast vereint dabei den Vorteil einer sehr filigranen Konstruktion mit der Möglichkeit, das Tragsystem aus Fertigteilen in großer Stückzahl wirtschaftlich vorzufertigen.

Elekromobilität

[0034] Angesichts der Gütermenge, die auf Autobahnen von LKWs transportiert wird, stellt sich die Frage nach einer Elektrifizierung des LKW- und PKW-Verkehrs auf Autobahnen. In einer Ausführungsvariante der

Erfindung wird vorgeschlagen auf dem Mittelstreifen einer Autobahn Maste für die Aufhängung von Oberleitungen über den Fahrbahnen anzuordnen. Dabei sind zum Beispiel zueinander parallele im Abstand von etwa einem Meter angeordnete Fahrdrähte vorgesehen, die jeweils an Tragseilen aufgehängt sind. Diese Anordnung ermöglicht den Spurwechsel der einzelnen Fahrzeuge im Sinne des Individualverkehrs. Alternativ könnte die Oberleitung auch aus einem Netz mit sechseckigen oder quadratischen Maschen bestehen, sodass eine flächenförmige Stromversorgung der mit einem Stromabnehmer ausgerüsteten Fahrzeuge ermöglicht wird.

Ein Mast als vernetzbares Element

[0035] Wird ein Mast durch Spannglieder stabilisiert, die in zwei Systemebenen angeordnet sind, kann eine räumliche Vernetzung benachbarter Maste realisiert werden. Dabei kann eine Vielzahl von Masten zwischen zwei in einer Systemebene einander gegenüberliegenden Ankerpunkten angeordnet werden. Eingespannte Ankerstützen oder abgespannte Pendelstützen können als Ankerstützen bei einem Mastenfeld mit zwei sich kreuzenden Tragebenen als Randstützen ausgebildet werden, wobei die Spannglieder in einem konstanten Abstand parallel zum Baugrund verlaufen und in Längs- und Querrichtung jeweils eine Vielzahl von Masten miteinander verbinden. Dabei werden die aus einem Energiesystem resultierenden horizontalen Lasten von den in Längs- und Querrichtung verlaufenden Spanngliedern zu den Ankerpunkten am Rand eines Mastenfelds abgeleitet. Ein Mast mit Fußgelenk, der jeweils an seinem unteren und an seinem oberen Ende gehalten wird, ist ein sehr effektives Tragelement, das zum Beispiel bei einer PV-Anlage eine Kollektorfläche mit einem großen, vertikalen Abstand zu einem Baugrund tragen kann, sodass ein Kollektorfeld z. B. auch bewaldet sein kann. Die einander sich kreuzenden Spannglieder können im Falle einer Obstplantage auch ein temporär ausfahrbares Hagelschutznetz tragen.

[0036] Eine weitere Ausführungsvariante der Erfindung betrifft ein zugbeanspruchtes, modular aufgebautes Hypardach mit geraden, zugbeanspruchten Rändern, das in zwei Richtungen beliebig erweiterbar ist. Ein Modul ist in diesem Fall aus einer regelmäßigen HP-Fläche mit rechteckigem oder quadratischem Grundriss aufgebaut und kann aus einer selbsttragenden Membrankonstruktion bestehen oder auf einer Unterkonstruktion, die von einem Seilnetz oder von einem Netz aus Spannbändern aus Blech gebildet wird, angeordnet werden. Bei der Verwendung von vorgefertigten PV-Modulen für die Eindeckung eines Dachs mit Sattelflächen ist von besonderer Bedeutung, dass eine Sattelfläche regelmäßig wiederkehrende, gleiche Teilflächen aufweist. In einem Mastenfeld wechseln sich Maste und Ankerstützen regelmäßig ab. Sind die Maste länger ausgebildet als die Ankerstützen, entsteht ein Feld mit alternierend sich abwechselnden Hoch- und Tiefpunkten, die jeweils durch gerade Spannglieder längs und quer untereinander verbunden sind. Mit einem Foliendach aus transparenter Folie, das auf einem Netz aus Seilen oder Stahlbändern verlegt wird, kann ein weitgespanntes, beliebig erweiterbares Gewächshaus gebaut werden. Erfindungsgemäß können die einzelnen Felder eines regelmäßigen Hypars mit PV-Modulen belegt werden, sodass eine Dachkonstruktion eine zusammenhängende Kollektorfläche bildet. Zur Aufnahme der Vertikallasten aus einer Dachkonstruktion erhalten die zwischen den Masten und den Ankerstützen verlaufenden Spannglieder eine Unterspannung, zum Beispiel in Form eines Fischbauchträgers mit Füllstäben. Der besondere Vorteil dieser Anordnung besteht darin, dass im Zusammenwirken der Maste mit vergleichsweise kurzen eingespannten Ankerstützen alle horizontalen Lasten abgetragen und keine weiteren Aussteifungsmaßnahmen benötigt werden. Darüberhinaus kann der Gründungskörper einer eingespannten Ankerstütze als Zisterne ausgebildet sein, um Regenwasser aus den Dachflächen zu sammeln und zu speichern.

Einzelmast

[0037] Ein Mast kann sowohl eine Windturbine mit vertikaler Rotationsachse – einen so genannte Darrieus-Rotor – oder eine Windturbine mit horizontaler Rotationsachse tragen. Zur Stromversorgung eines einzelnen Hauses eignen sich kleine und mittlere mastgestützte Windturbinen mit einem Leistungsspektrum von 20 kW bis einigen 100 kW. Ein erfindungsgemäß stabilisierter Mast beteiligt alle Spannglieder an der Lastabtragung und besitzt Stabilitätsreserven auch beim Ausfall eines Spannglieds.

[0038] Das Tragsystem eignet sich auch für die Konstruktion hoher Maste und die Abtragung großer vertikaler und horizontaler Lasten. Eine Windturbine z. B. mit einer Nabenhöhe von 200 bis 300 m erreicht an Standorten mit einem hügeligen Geländeprofil jene hohen Luftschichten, in denen der Wind stetig und gleichmäßig weht. Mit geringstmöglichem Materialaufwand können Maste für Windturbinen konstruiert werden, die an bereits erschlossenen Standorten eine höhere elektrische Leistung generieren können oder an bisher als ungeeignet eingestuften Standorten den Betrieb einer Windturbine ermöglichen. Ein pendelnd gelagerter Mast aus einem Hohlprofil aus Stahl oder Stahlbeton kann mit einem konstanten Außendurchmesser von z. B. etwa 3 m sehr wirtschaftlich hergestellt werden. Ein Ausleger, in Form eines biegesteif mit dem Mast verbundenen Speichen-

rads, auf etwa halber Höhe des Masts ermöglicht eine optimale Verteilung der Beanspruchung auf mehrere Spannglieder. Um bei einem derartigen Mast den erfindungsgemäßen Tragmechanismus zu verwirklichen, ist für die Gründung des Masts ein bis zu 30 m in den Baugrund hineinreichendes Köcherfundament erforderlich, an dessen Basis der Mast pendelnd gelagert ist. Dieses Köcherfundament ermöglicht allseitige Auslenkungen des Masts und kann als begehbarer Raum mit einem Schutzdach auf Höhe des Baugrunds ausgebildet werden. Unabhängig von der jeweiligen Windrichtung sind sowohl die luvseitig geneigten Spannglieder, als auch die quer zur Windrichtung angeordneten Spannglieder an der Stabilisierung des Masts beteiligt, da durch jede Auslenkung des Masts ein erfindungsgemäßes Tragsystem nicht nur längs, sondern auch quer zu seiner Systemebene aktiviert wird. Dabei kann man die Systemachsen in einer Systemebene auch als Drehachsen verstehen, um die ein Mast kippt. Je größer der vertikale Abstand dieser Drehachsen untereinander ist, umso geringer sind die für die Stabilisierung des Masts erforderlichen Rückstellkräfte in den Spanngliedern. Im Falle von Solaranlagen mit beweglich dem Sonnenstand nachführbaren Kollektorflächen beträgt die Länge eines Masts z. B. 12 m, sodass die Nutzung des Raums unterhalb des Schwenkbereichs einer Kollektorfläche landwirtschaftlich genutzt werden kann.

[0039] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, eine Zisterne für die Gründung eines Masts zu nutzen. Bei Regen wird die Kollektorfläche sensorgesteuert in eine horizontale Ebene geschwenkt, um das Regenwasser über ein Rinnensystem in der Zisterne sammeln zu können. Am oberen Rand der Zisterne befinden sich die Ankerpunkte der Spannglieder. Zusammen mit dem Fußgelenk des Masts am Grund der Zisterne werden für die Ableitung horizontaler Lasten im Falle von vier Ankerpunkten zwei Systemebenen gebildet. Der horizontale Abstand, den derartige Solaranlagen untereinander benötigen, um sich nicht gegenseitig zu verschatten, erlaubt eine landwirtschaftliche Nutzung einer entsprechend locker überbauten Fläche, wobei der Überdeckungsgrad eines Baugrunds bezogen auf die Kollektorflächen z. B. 15–30% beträgt. In Gegenden mit unregelmäßigen Niederschlägen dienen diese Zisternen der regelmäßigen Bewässerung des Ackerbodens und wirken sich in der Landwirtschaft ertragssteigernd aus.

[0040] Im Falle eines Pumpspeicherwerks ist jeweils am oberen und unteren Ende eines Masts ein Wasserbehälter vorgesehen. Von Wind- oder Solaranlagen erzeugter und temporär überschüssig vorhandener Strom wird genutzt, um Wasser von dem unteren in den oberen Behälter zu pumpen, um es je nach Bedarf über eine Turbine wieder in den unteren Behälter abzulassen. Dabei wird die Lageenergie des Wassers durch eine Turbine bedarfsgerecht wieder in elektrische Energie gewandelt.

[0041] Einige typische Anwendungsmöglichkeiten des erfindungsgemäßen Tragsystems gehen aus den in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen hervor.

[0042] Es zeigen:

[0043] Fig. 1 eine Mastenreihe für eine PV-Anlage in axonometrischer Darstellung.

[0044] Fig. 2 zeigt ein Mastenfeld für eine PV-Anlage in axonometrischer Darstellung.

[0045] Fig. 3 zeigt eine Mastenreihe für eine PV-Anlage auf einem PKW-Parkplatz in isometrischer Darstellung.

[0046] Fig. 4 zeigt eine Mastenreihe für eine Oberleitung über einer Bahnstrecke in isometrischer Darstellung.

[0047] Fig. 5 zeigt Oberleitungsmaste auf dem Mittelstreifen einer vierspurigen Autobahn in axonometrischer Darstellung.

[0048] Fig. 6 zeigt Oberleitungsmaste auf beiden Seiten einer zweispurigen Bahnstrecke in isometrischer Darstellung.

[0049] Fig. 7 zeigt einen Mast für Hochspannungsleitungen auf dem Mittelstreifen einer sechsspurigen Autobahn in der isometrischen Übersicht.

[0050] Fig. 8 zeigt den Mast nach Fig. 7 im Bereich eines sechsspurigen Autobahnabschnitts in perspektivischer Darstellung.

[0051] Fig. 9 zeigt die Abspannung eines einzelnen Masts für eine PV-Anlage in perspektivischer Darstellung.

- [0052] Fig. 10 zeigt ein Mastenfeld mit eingespannten Ankerstützen für eine PV-Anlage in isometrischer Übersicht.
- [0053] Fig. 11 zeigt das Mastenfeld nach Fig. 10 als schematischen Längs- bzw. Querschnitt.
- [0054] Fig. 12 zeigt das Mastenfeld nach Fig. 10 und Fig. 11 in der schematischen Aufsicht.
- [0055] Fig. 13 zeigt ein Mastenfeld mit abgespannten Ankerstützen für eine PV-Anlage in isometrischer Übersicht.
- [0056] Fig. 14 zeigt das Mastenfeld nach Fig. 13 als schematischen Längs- bzw. Querschnitt.
- [0057] Fig. 15 zeigt das Mastenfeld nach Fig. 13 und Fig. 14 in der schematischen Aufsicht.
- [0058] Fig. 16 zeigt ein Mastenfeld mit einer Dachkonstruktion aus Sattelflächen in der schematischen Aufsicht.
- [0059] Fig. 17 zeigt das Mastenfeld nach Fig. 14 in der perspektivischen Aufsicht.
- [0060] Fig. 18 zeigt ein Mastenfeld mit einer Dachkonstruktion aus Sattelflächen und mastgestützten Kollektorflächen in der schematischen Aufsicht.
- [0061] Fig. 19 zeigt das Mastenfeld nach Fig. 16 in der perspektivischen Aufsicht.
- [0062] Fig. 20 zeigt ein Schraubfundament für einen Mast im isometrischen Teilschnitt.
- [0063] Fig. 21 zeigt ein Köcherfundament für einen Mast im schematischen Querschnitt.
- [0064] Fig. 22 zeigt eine eingespannte Ankerstütze mit Schraubfundament im isometrischen Teilschnitt.
- [0065] Fig. 23 zeigt eine eingespannte Ankerstütze mit Zisterne im schematischen Querschnitt.
- [0066] Fig. 24 zeigt die Verbindung paarweise angeordneter Spannglieder mit einem Mast im isometrischen Detail.
- [0067] Fig. 25 zeigt eine Seilklemme am Kreuzungspunkt eines aussteifenden Verbandes im isometrischen Detail.
- [0068] Fig. 26 zeigt eine Windturbine mit horizontaler Rotationsachse auf einem abgespannten Mast in der perspektivischen Übersicht.
- [0069] Fig. 27 zeigt einen abgespannten Mast als Pumpspeicherwerk in der perspektivischen Übersicht.
- [0070] Fig. 1 zeigt ein linear verkettbares Modul einer Mastenreihe 12. Ein Mast 1 mit einem Fußgelenk D wird auf beiden Seiten von niedrigeren Ankerstützen 20 in Form eingespannter Stützen 200 flankiert, an denen jeweils Spannglieder 2 an zwei gegenüberliegenden Ankerpunkten A, B angreifen. Die als Zugstäbe 23 ausgebildeten Spannglieder sind mit dem Mast 1 über einen Ausleger 10 an Knotenpunkten C verbunden. Die Mastenreihe 12 besitzt eine Systemebene 15. Eine untere Systemachse g verläuft durch das Fußgelenk D des Masts 1, während die obere Systemachse g' als Strecke die beiden Ankerpunkte A, B verbindet. Beide Achsen g, g' haben einen Schnittpunkt mit Längsmittelachse m des Masts 1. Der vertikale Abstand zwischen den beiden Systemachsen g, g' entspricht der Höhe der beiden Ankerstützen 20 über dem Baugrund 21 und bildet einen vertikalen Hebelarm f zur Ableitung horizontaler Lasten in einen tragfähigen Baugrund 21. Ein Nutzsystem 3 als PV-Anlage 30 mit Kollektorflächen 300 ist über ein nicht näher dargestelltes Azimutlager beweglich auf dem Mast 1 gelagert, sodass die Kollektorfläche 300 um die Rotationsachsen x, z gedreht werden und dem jeweiligen Stand der Sonne folgen kann. Das Tragsystem ermöglicht die Anordnung zum Beispiel 50 m² großer Kollektorflächen 300 in einem Abstand von 9 m über einem Baugrund 21. Der Raum zwischen parallel angeordneten Mastenreihen 12 kann z. B. dem Anbau von Agrarprodukten dienen.
- [0071] Fig. 2 zeigt ein räumlich vernetzbares Modul eines Mastenfelds 13. Der zentrale Mast 1 trägt die Kollektorfläche 300 einer PV-Anlage 30, die über die vertikale Achse z und die horizontale Achse x dem jeweili-

gen Stand der Sonne nachgeführt werden kann. Bei der Ableitung horizontaler Lasten wirken zwei einander sich am Schnittpunkt mit der Längsmittelachse m des Masts **1** kreuzende Systemebenen 15 zusammen. Dabei weisen die unteren Systemachsen g und die oberen Systemachsen g' jeweils einen Schnittpunkt mit der Längsmittelachse m des Masts **1** auf. Die Kopfpunkte eingespannter Stützen **200** als Ankerstützen **20** bilden die Ankerpunkte A, B für die Spannglieder **2**, die von Seilen **22** gebildet werden. Endbeschläge **24** an den Seilen **22** stellen an einem Knotenpunkt C die Verbindung zu dem Mast **1** her. In beiden Systemebenen 15 ist für die Stabilisierung des Masts **1** ein vertikaler Hebelarm f wirksam. Wie in den **Fig. 18** und **Fig. 19** gezeigt, ist dieses Modul eines erfindungsgemäßen Mastenfelds **13** in zwei Raumrichtungen vernetzbar.

[0072] **Fig. 3** zeigt schematisch die Überbauung eines PKW-Parkplatzes mit zwei Mastenreihen **12**, die jeweils auf einem Geländestreifen zwischen den Parkbuchten gegründet sind. Für die Stabilisierung der Mastenreihe **12** ist der vertikale Hebelarm f zwischen der unteren Systemachse g , die durch die Fußpunkte D der Maste **1** verläuft und der oberen Systemachse g' , die die Ankerpunkte A, B jeweils als Strecke verbindet, von entscheidender Bedeutung. Die Ankerpunkte A, B werden von kurzen, eingespannten Stützen **200** zwischen den hohen Masten **1** gebildet. Spannglieder **2** verbinden die Ankerpunkte A, B über Knotenpunkte C mit den Masten **1**. Jeder Mast **1** trägt als Nutzsystem **3** eine Kollektorfläche **300** einer PV-Anlage **30**, die jeweils in den Achsen x und z zum Sonnenstand ausgerichtet wird. Bei dieser Ausführungsvariante der Erfindung liegen die Längsmittelachsen m der Maste **1** und der Spannglieder **2** wie die Systemachsen g und g' in einer Ebene. Sind die horizontalen Lasten aus dem Energiesystem nicht zu groß, eignet sich auch diese Anordnung, bei der alle Tragelemente des Tragsystems in der Systemebene 15 liegen.

[0073] **Fig. 4** zeigt den Längsabschnitt einer Bahntrasse mit beidseitig angeordneten Mastenreihen **12**, die jeweils eine Oberleitung **33** tragen. Zwischen den Masten **1** sind kurze Ankerstützen **20** als eingespannte Stützen **200** angeordnet und bilden die Ankerpunkte A, B für Spannglieder **2**, die über Knotenpunkte C und einen Ausleger **10**, in Form eines beidseitigen Kragarms **101**, biegesteif mit einem Mast **1** verbunden sind. An den Ankerpunkten A, B sind die Spannglieder **2** jeweils untereinander kurzgeschlossen. Die Fußgelenke D der Maste **1** liegen in Köcherfundamenten **211** unterhalb des Baugrunds 21. Auf diese Weise wird zwischen den Systemachsen g , g' ein möglichst großer vertikaler Hebelarm f gebildet, der bei der Ableitung horizontaler Lasten die Zugbeanspruchung in den Spanngliedern **2** reduziert. Seile **22** verlaufen links und rechts der Systemebene 15, sodass ein Spannglied **2** quer zur Systemebene 15 geneigt angeordnet ist und deshalb horizontale Lasten aufnehmen kann. Eine Oberleitung **33** besteht jeweils aus einem Tragseil **330** und einem Fahrdrath **331**.

[0074] **Fig. 5** zeigt eine Vielzahl parallel angeordneter Oberleitungen **33** über dem Längsabschnitt einer vierspurigen Autobahn. Die Oberleitungen **33** bestehen aus parallel angeordneten Fahrdrähten **331**, die mit einem Horizontalabstand von etwa einem Meter ca. 4,5 m über den Fahrbahnen angeordnet sind. Die einzelnen Oberleitungen **33** sind an Tragseilen **330** aufgehängt, die ihrerseits an Masten **1** aufgehängt sind. Dieses Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Tragsystems zeigt das Zusammenwirken von jeweils zwei vergleichsweise kurzen, eingespannten Ankerstützen **200** mit einem vergleichsweise hohen Mast **1** mit Fußgelenk D, in einer linearen Anordnung auf dem Mittelstreifen zwischen zwei Fahrbahnen. Über Knotenpunkte C sind die Zugglieder **2** in Form von Seilen **22** jeweils mit einem Mast **1** verbunden. An dem Ausleger **10** sind die Oberleitungen **33** aufgehängt. Sowohl PKW's, als auch LKW's sind mit einem einziehbaren Stromabnehmer ausgerüstet und werden von Elektromotoren angetrieben.

[0075] **Fig. 6** zeigt den Längsabschnitt einer Bahnstrecke. Einzelne durch Spannglieder **2** stabilisierte Maste **1** tragen jeweils Oberleitungen **33** mit Fahrdrähten **331**. Die Oberleitungen **33** hängen an Auslegern **10**, die die Spannglieder **2** über Knotenpunkte C mit den Masten **1** verbinden. Die Speiseleitungen **332** für die Oberleitungen **33** sind jeweils an der schienenabgewandten Seite der Ausleger **10** aufgehängt. Jeder Mast **1** trägt eine Windturbine **31** mit vertikaler Rotationsachse z in Form eines Darrieusrotors. Der von den Windturbinen erzeugte Strom wird über einen Wechselrichter unmittelbar in die Speiseleitung **332** eingeleitet. Die Stabilisierung der Maste **1** quer zur Spannrichtung der Spannglieder **2** erfolgt über den vertikalen Hebelarm f zwischen den Systemachsen g , g' . Das Tragverhalten des Systems ist umso günstiger, je größer der Hebelarm f im Vergleich zur Länge des Masts **1** ist, deshalb liegen die Fußpunkte D der Maste **1** in einem Köcherfundament **211** ca. 1,25 m unterhalb des Baugrunds 21.

[0076] **Fig. 7** zeigt einen Mast **1** für eine Überlandleitung **34** mit Hochspannungsleitungen **340**, die links und rechts neben einer sechsspurigen Autobahn geführt werden. Das Tragsystem für die Stabilisierung des Masts weist auch bei diesem Ausführungsbeispiel eine untere Systemachse g auf, die durch das Fußgelenk D des Masts **1** und unterhalb des Baugrunds 21 verläuft. Das Fußgelenk D des Masts **1** ist in einem Köcherfundament **211** angeordnet. Die obere Systemachse g' verbindet die beiden Ankerpunkte A, B an den Kopfpunkten der Ankerstützen **20**. Die Einspannung der eingespannten Stützen **200** erfolgt über im Baugrund 21 verankerte

Rammpfähle **213** aus Stahl und Stahlbeton. Die beiden parallelen Systemachsen g , g' verlaufen mit einem vertikalen Abstand von etwa 12 m zueinander in einer Systemebene 15 und bilden für die Ableitung horizontaler Lasten einen Hebelarm f . Oberhalb der Systemachse g' besitzt der Mast **1** einen Ausleger **10** in Form einer Verzweigung **102**, an deren Endpunkten die Knotenpunkte C und die Aufhängungen der Hochspannungsleitungen **340** mittels von Isolatoren angeordnet sind. Der Mast hat eine Bauhöhe von etwa 40 m, wobei die Knotenpunkte C 42 m weit auseinander liegen, sodass die Hochspannungsleitungen außerhalb der Fahrbahnen geführt werden können. Der Mast **1** für Überlandleitungen **34** weist eine Gabelung mit einer zweifachen Verzweigung **102** auf und besteht aus Stahlhohlprofilen, die zu den Knotenpunkten C konisch zulaufen und im Bereich der Gabel über ein Gussteil mit dem Mast **1** biegesteif verbunden sind. Dieses Tragsystem für Hochspannungsleitungen **340** kann im Bereich des Mittelstreifens einer Autobahn gegründet werden, sodass für die Autofahrer der Blick in die Landschaft vollkommen unverstellt bleibt.

[0077] Fig. 8 zeigt die Führung von Überlandleitungen **34** als Hochspannungsleitungen **340** über einem Abschnitt einer sechsspurigen Autobahn an zwei mehrere hundert Meter voneinander entfernten Masten **1**. Die Stabilisierung der Maste **1** erfolgt wie in Fig. 7 beschrieben.

[0078] Fig. 9 zeigt eine PV-Anlage **30** mit einer Kollektorfläche **300**, die von einem Mast **1** in einem vertikalen Abstand zu einem Baugrund 21 gehalten wird und über ein Azimutlager **11** mit dem Kopfpunkt des Masts **1** verbunden ist. Durch Drehung um die Rotationsachsen x und z kann die Kollektorfläche **300** über einen nicht näher dargestellten, automatisch gesteuerten Antrieb zum jeweiligen Sonnenstand ausgerichtet werden. Die PV-Anlage **30** ist mit einem Regensensor ausgestattet, der die Kollektorfläche **300** bei Regen in eine horizontale Stellung schwenkt, sodass das Regenwasser über nicht näher dargestellte Rinnen zwischen den einzelnen PV-Modulen der Kollektorflächen **300** gesammelt und im Bereich des Azimutlagers **11** in den von einem Rohr gebildeten Mast **1** eingeleitet wird. Der Mast selbst ist über eine kegelmuffartige Zisterne **212** in einem Baugrund 21 gegründet. Die als Kegelschale ausgebildete Zisterne **212** besitzt an ihrem oberen Rand einen Versteifungsring, an dem die unteren Ankerpunkte A, B der Spannglieder **2** angeschlossen sind. Die oberen Systemachsen g' als Verbindungen der einander gegenüberliegenden Ankerpunkte A, B weisen jeweils einen Schnittpunkt mit der Längsmittelachse m eines Masts **1** auf. Parallel zu den Strecken A, B verlaufen die unteren Systemachsen g jeweils durch den Fußpunkt D eines Masts **1**, der in den beiden Systemebenen 15 jeweils durch einen vertikalen Hebelarm f stabilisiert wird. Würde zum Beispiel ein Spannglied **2** ausfallen, wäre das Tragsystem immer noch stabil, da die Stabilisierung in einer Systemebene 15 sowohl längs, als auch quer zum Lastangriff wirksam ist. Die dem Lauf der Sonne folgende Nachführung einer Kollektorfläche **300** bedingt einen horizontalen Abstand einzelner PV-Anlagen **30** untereinander, sodass ein geeignetes Gelände mit einer Vielzahl jeweils voneinander beabstandeter PV-Anlagen **30** ausgerüstet werden kann. Da zwischen den Kollektorflächen **300** und dem Baugrund 21 ein vertikaler Abstand von zum Beispiel 5 m vorgesehen ist, wird die landwirtschaftliche Nutzung einer entsprechend überbauten Fläche nicht behindert. Durch eine regelmäßige Bewässerung aus einer Vielzahl von Zisternen **212** kann der landwirtschaftliche Ertrag dieser Fläche gesteigert werden.

[0079] Fig. 10 zeigt den Ausschnitt eines Mastenfelds **13**, bei dem vier innere Maste **1** von acht äußeren Ankerstützen **20** in Form eingespannter Stützen **200** durch Spannglieder **2** in Längs- und Querrichtung stabilisiert werden. Sowohl die Maste **1**, als auch die Ankerstützen **20** tragen jeweils eine Kollektorfläche **300** einer PV-Anlage **30**.

[0080] Fig. 11 zeigt einen schematischen Längs- oder Querschnitt durch das in Fig. 10 in der Übersicht gezeigte Mastenfeld **13**. Während die beiden inneren Maste **1** jeweils über ein Fußgelenk D an ein Schraubfundament **210** angeschlossen sind, besitzen die äußeren Ankerstützen **20** ein nicht näher bezeichnetes Stahlbetonfundament. Die peripheren Ankerstützen **20** bilden die Ankerpunkte A, B der Spannglieder **2**, an die die inneren Stützen über Knotenpunkte C angeschlossen sind. Die Spannglieder **2** verlaufen als Seile parallel zum Baugrund 21. Zwischen den Ankerpunkten A, B können zwei oder eine Vielzahl von Masten **1** mit Fußgelenken D angeordnet werden, die durch längs und quer verlaufende Spannglieder **2** stabilisiert werden. Die Länge des vertikalen Hebelarms f entspricht bei diesem Beispiel der Höhe eines Masts **1** unterhalb des Schwenkbereichs einer Kollektorfläche **300** und kann bei einer landwirtschaftlich genutzten Fläche zum Beispiel 5 m betragen. Die zwei zueinander parallelen Systemachsen g , g' definieren jeweils in Längs- und Querrichtung eine Systemebene 15.

[0081] Fig. 12 zeigt das in den Fig. 10 und Fig. 11 beschriebene Mastenfeld **13** in einer schematischen Aufsicht. Jeweils in Längs- und Querrichtung des Mastenfelds verlaufen gerade Spannglieder **2** und definieren über ihre Ankerpunkte A, B jeweils eine Strecke, in der, wie in Fig. 11 gezeigt, die Systemachse g' verläuft. Über Knotenpunkte C sind die vier zentral angeordneten Maste **1** mit den Spanngliedern **2** verbunden. Die

Ableitung horizontaler Lasten aus den Kollektorflächen **300** einer PV-Anlage **30** erfolgt über Spannglieder **2** in Form von Seilen **22**. Zusätzliche aussteifende Verbände sind nicht erforderlich.

[0082] Fig. 13 zeigt ein Mastenfeld **13** als PV-Anlage **30**. Vier zentrale Maste **1** sind durch längs- und quer-verlaufende Spannglieder **2** mit äußeren Ankerstützen **20** verbunden. Die äußeren Ankerstützen **20** sind bei diesem Beispiel als abgespannte Ankerstützen **201** ausgebildet. Zusätzliche aussteifende Verbände **25** in der Ebene der Spannglieder **2** dienen der Verteilung horizontaler Lasten auf die abgespannten Ankerstützen **201**.

[0083] Fig. 14 zeigt das in Fig. 13 beschriebene Mastenfeld **13** im schematischen Längs- oder Querschnitt. Die Kollektorflächen **300** sind mit einer nicht näher dargestellten Sammeleinrichtung aus Rinnen zwischen den einzelnen PV-Modulen ausgerüstet und werden bei Regen in eine horizontale Stellung geschwenkt, sodass das Regenwasser in die Maste **1** und in die abgespannten Ankerstützen **201** eingeleitet wird und von einer Vielzahl in den Baugrund **21** eingelassener Zisternen **212** gesammelt werden kann. Die Fußgelenke **D** der Maste **1** und der abgespannten Ankerstützen **201** liegen innerhalb der Zisternen **212** unterhalb des Baugrunds **21**, sodass zwischen der unteren Systemachse **g** und der oberen Systemachse **g'** ein vertikaler Hebelarm **f** gebildet wird. Die obere Systemachse **g'** verläuft in Längs- und Querrichtung als Strecke jeweils zwischen den Ankerpunkten **A**, **B** und ist über Knotenpunkte **C** mit den Masten **1** verbunden.

[0084] Fig. 15 zeigt das in den Fig. 13 und Fig. 14 beschriebene Mastenfeld **13** für eine PV-Anlage **30** mit Regenwassersammeleinrichtung in der schematischen Aufsicht. Als Gründungselemente für die vier zentralen Maste **1** und die zwölf peripheren abgespannten Ankerstützen **201** sind jeweils Zisternen **212** vorgesehen, in denen das auf die Kollektorflächen **300** nieder gehende Regenwasser gesammelt wird. Das auf diese Weise gespeicherte Regenwasser dient der Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen, speziell für sonnenreiche und dürre Landstriche.

[0085] Fig. 16 zeigt die Aufsicht auf ein Dach **32**, bei dem vier Sattelflächen **320** mit geraden Rändern, die von den Spanngliedern **2** gebildet werden, nahtlos aneinander gefügt sind. In der Aufsicht ist die besondere Regelmäßigkeit der Sattelflächen **320** als Hyparflächen erkennbar. Die Unterkonstruktion **322** für PV-Module **321** besteht aus zu den Rändern parallelen Seilen oder Spannbändern, die PV-Module **321** tragen. Die Maste **1** bilden jeweils mit den Knotenpunkten **C** die Hochpunkte eines regelmäßigen quadratischen Rasters, in dem die Ankerpunkte **A**, **B** die Tiefpunkte darstellen. An diesen Tiefpunkten des Dachs sind, wie in Fig. 23 im Detail dargestellt, Regeneinläufe vorgesehen, die das Regenwasser in eine Zisterne **212** einleiten. Dabei bildet die Zisterne **212** den Gründungskörper für eingespannte Stützen **200**, die sämtliche, auf ein Tragsystem einwirkenden horizontalen Lasten in einen tragfähigen Baugrund **21** einleiten. Für die Dachhaut ist eine transparente Folie aus PMMA vorgesehen.

[0086] Fig. 17 zeigt den in Fig. 16 in der Aufsicht dargestellten Ausschnitt eines in zwei Richtungen erweiterbaren Dachs **32** in der perspektivischen Aufsicht und Seitenansicht. Die Stabilisierung der mit einem Fußgelenk **D** pendelnd gelagerten Maste **1** erfolgt in Längs- und Querrichtung jeweils über Systemebenen **15**, die von den Systemachsen **g**, **g'** gebildet werden, wobei als Kippsicherung ein vertikaler Hebelarm **f** wirksam ist. Dies ist insofern von Bedeutung, als bei Versagen eines Zugglieds **2** die Standsicherheit des Dachs **32** weiterhin gegeben ist. Die Dachkonstruktion benötigt keine vertikal oder horizontal aussteifende Verbände. Die horizontalen Lasten werden ausschließlich von den relativ kurzen eingespannten Stützen **200** in den Baugrund **21** abgetragen.

[0087] Fig. 18 zeigt die Aufsicht auf ein in zwei Richtungen erweiterbares Dach **32**, dessen Tragwirkung dem in den Fig. 16 und Fig. 17 beschriebenen Beispiel entspricht. Das Dach **32** weist Sattelflächen **320** auf, die als Membrandach **323** ausgebildet sind und aus einer transparenten Folie auf einer Unterkonstruktion **322** bestehen, sodass ein vollkommen lichtdurchlässiges Dach **32** zum Beispiel für ein Gewächshaus gebildet wird.

[0088] Fig. 19 zeigt das in Fig. 18 in der Aufsicht gezeigte Dach **32** in einer perspektivischen Auf-/Seitenansicht. Sowohl die Maste **1**, als auch die Ankerstützen **20** tragen zum Sonnenstand ausrichtbare Kollektorflächen **300**. Die Kollektorflächen **300** sind als ebene Flächen ausgebildet und entsprechen in ihrem Aufbau dem in Fig. 9 näher dargestellten Beispiel. Die Aussteifung des Tragsystems mittels der längs und quer angeordneten Systemebenen **15**, die jeweils von den Systemachsen **g**, **g'** gebildet werden, wobei für die Stabilisierung der Maste **1** in Längs- und Querrichtung ein Hebelarm **f** wirksam ist, erübrigt alle weiteren aussteifenden Maßnahmen sowohl im Bereich der Sattelflächen **320** des Daches **32**, als auch der Maste **1** und der Ankerstützen **20**. Deshalb weist der unter dem Dach gebildete Nutzraum **16** ausschließlich vertikale Tragglieder auf und ist in Längs- und Querrichtung maximal durchlässig. Zur Ableitung vertikaler Lasten aus den Sattelflächen **320** weisen die Spannglieder **2** jeweils eine Unterspannung **26** mit Füllstäben **260** auf.

[0089] Fig. 20 zeigt das Fußgelenk D eines Masts **1** mit dem Anschluss an ein Schraubfundament **210**, das als hohler Zylinder mit aufgeprägtem Gewinde in einen Baugrund **21** eingedreht wird. Das Gewinde des Schraubfundaments **210** ist sowohl auf der Außenseite, als auch auf der Innenseite wirksam, sodass eine optimale Verzahnung mit dem Baugrund **21** ermöglicht wird. Das Eindrehen des etwa zwei Meter langen Schraubfundaments **210** mit einem Durchmesser von 40–60 cm erfolgt maschinell über nicht näher dargestellte Schlüsselflächen am Kopfpunkt des Schraubfundaments **210**.

[0090] Fig. 21 zeigt ein Köcherfundament **211** als Schraubfundament **210** für einen Mast **1** mit einem Fußgelenk D. Das Fußgelenk D ist etwa 1,50 m unterhalb des Baugrunds **21** angeordnet und bildet über die Systemachse g den unteren Teil eines erfindungsgemäßen Tragsystems, wie zum Beispiel in den Fig. 4 und Fig. 6 gezeigt. Das Köcherfundament **211** besteht aus einem Stahlrohr, dessen Größe vom Durchmesser des Masts **1** abhängt und mittels einer nicht näher bezeichneten abdichtenden, elastischen Manschette auf Höhe des Baugrunds **21** mit dem Mast **1** verbunden ist. Am Fußpunkt des Köcherfundaments **211** leiten Knotenbleche die Vertikallast in das Schraubfundament **210** über.

[0091] Fig. 22 zeigt eine Ankerstütze **20** als Detail der Ankerpunkte A, B mit Bezug auf die Fig. 1–Fig. 6. Die Ankerstütze **20** weist einen oberirdischen, mehrere Meter über einem Baugrund **21** hinausragenden Längsabschnitt als eingespannte Stütze **200** und einen unterirdischen Längsabschnitt als Schraubfundament **210** auf. Die einstückig ausgebildete Ankerstütze **20** kann maschinell in einen geeigneten Baugrund **21** eingedreht werden. Dabei wird das erforderliche Drehmoment über eine polygonale Kopfplatte auf den Schaft des Schraubfundaments **210** übertragen. Das nach unten offene Schraubfundament **210** verzahnt sich optimal mit dem Baugrund **21** mittels der Gewindegänge, die auf der inneren und äußeren Mantelfläche des Schraubenschafts wirksam sind. Bei der Herstellung eines derartigen Gewindes können zwei Halbschalen gepresst und anschließend verschweißt werden. Ein derartiges Gewinde kann aber auch unter hohem Druck durch hydroplastische Umformung aus einem Stahlzylinder herausgedrückt werden.

[0092] Fig. 23 zeigt eine Ankerstütze **20** als eingespannte Stütze **200** mit einem in einen Baugrund **21** eingelassenen Gründungskörper aus Stahlbeton, der von einer Zisterne **212** gebildet wird. Die Ankerstütze **20** mit den Ankerpunkten A, B an ihrem Kopfpunkt wird in den Fig. 16 und Fig. 17 im Systemzusammenhang eines vernetzten Mastenfelds dargestellt. Innerhalb einer Dachkonstruktion mit Sattelflächen **320** bilden die eingespannten Stützen **200** mit den Ankerpunkten A, B die Tiefpunkte eines regelmäßigen, quadratischen Rasters und stabilisieren über Spannglieder **2** die höheren Maste. Als Tiefpunkte in einem Dach aus regelmäßigen Sattelflächen **320** eignet sich die eingespannte Stütze **200** auch als Regenrohr zur Ableitung der auf ein Dach **32** treffenden Niederschläge. Die eingespannte Stütze **200** weist ein Rundhohlprofil auf, das das Regenwasser über ein Sieb am Kopfpunkt in die Zisterne **212** einleitet. Mit einem Membrandach **323** aus einer transparenten Folie kann mit minimalem Aufwand ein Gewächshaus errichtet werden. In Gegenden mit unregelmäßigen Niederschlägen stellt das in der Zisterne gesammelte Wasser eine über das Jahr verfügbare Wasserquelle zur Bewässerung der Pflanzen innerhalb des Gewächshauses dar.

[0093] Fig. 24 zeigt einen Längsabschnitt eines Masts **1** als Detail aus einem Mastenfeld **13**, wie in den Fig. 10–Fig. 15 im Systemzusammenhang gezeigt. Das Detail zeigt die Möglichkeit einer paarweisen Anordnung der Spannglieder **2** in Form von Seilen **22**, die am Kreuzungspunkt über eine ringförmige Seilklemme **250** mit einem Mast **1** verbunden sind. Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, dass die Spannglieder **2** ohne Unterbrechung bis zu den Ankerpunkten A, B, wie in den Fig. 10–Fig. 15 gezeigt, durchlaufen können.

[0094] Fig. 25 zeigt den Kreuzungspunkt eines aussteifenden Verbands **25** als Detail zu den Fig. 13–Fig. 15. Auch hier ermöglicht eine ringförmige Seilklemme **250** die Ausbildung durchlaufender Spannglieder **2**.

[0095] Fig. 26 zeigt eine Windturbine **31** mit horizontaler Rotationsachse x und einem Rotordurchmesser von mehr als 100 m. Über ein Azimutlager **11** ist die Windturbine **31** um die Achse z drehbar mit dem Kopfpunkt des Masts **1** verbunden. Der Mast **1** selbst besteht aus einem schlanken etwa 210 m langen Pendelstab mit Fußgelenk D. Bei einer angenommenen Nabenhöhe von 180 m befindet sich das Fußgelenk D etwa 30 m unterhalb des Baugrunds **21** in einem Köcherfundament **211**. Etwa auf mittlerer Höhe besitzt der Mast einen Ausleger **10** in Form eines Speichenrads **103**, dessen vorgespannte Speichen mastseitig ober- und unterhalb des Druckrings **103** mit dem Mast **1** verbunden sind. Am Druckring **103** greifen insgesamt acht äußere Spannglieder **2** an, die jeweils an zwei einander gegenüberliegenden Ankerpunkten A, B zusammengeführt werden. Als Strecken verbinden die oberen Systemachsen g' die Ankerpunkte A, B und weisen dabei einen Schnittpunkt mit der Längsmittelachse m des Masts **1** auf. Parallel zu den Systemachsen g' verlaufen untere Systemachsen g durch das Fußgelenk D des Masts **1**. Auf diese Weise werden zwei sich kreuzende Systemebenen **15** gebildet, in denen jeweils zwischen den Systemachsen g, g' ein vertikaler Hebelarm f wirksam ist. Der Vorteil dieser

Anordnung besteht darin, dass unter Windbeanspruchung horizontale Lasten von beiden Tragebenen 15 aufgenommen werden. Der Hebelarm f bewirkt dabei, dass auch Spannglieder **2**, die quer zur jeweiligen Windrichtung angeordnet sind, beansprucht werden und die Zugkräfte an die Ankerpunkte A, B ableiten. Ohne den Hebelarm f wären jeweils nur die luvseitigen Spannglieder **2** beansprucht; mit dem Hebelarm f wird ermöglicht, dass auch Spannglieder **2**, die quer zur Windrichtung angeordnet sind, sich an der Lastabtragung beteiligen.

[0096] Fig. 27 zeigt einen 300 m hohen Wasserturm **35** mit einem oberen Behälter **350** und einem unteren Behälter **351**, die ein Energiesystem **3** in Form eines Pumpspeicherwerks bilden. Überschüssig vorhandene Energie aus Wind- oder Solarkraftanlagen wird genutzt, um Wasser aus dem unteren Behälter **350** in den oberen Behälter **351** zu pumpen. Bedarfsweise wird das Wasser zur Stromerzeugung über eine nicht näher dargestellte Turbine in den unteren Behälter **351** zurück geleitet. Der Mast **1** besteht aus einem Hohlprofil aus Stahlbeton und weist ein etwa 30 m unterhalb des Baugrunds 21 liegendes Fußgelenk D, das innerhalb eines Köcherfundaments **211** angeordnet ist, auf. Verteilt über die Höhe des Masts **1** sind insgesamt vier Ausleger **10** in Form von Querauslegern vorgesehen, an deren Endpunkten C jeweils Spannglieder **2** angreifen und paarweise an den Ankerpunkten A, B auf Höhe des Baugrunds 21 zusammengeführt werden. Die obere Systemachse g' verbindet eine Vielzahl von Ankerpunkten A, B in Form intervallgeschachtelter Strecken AB. Die untere Systemachse g verläuft parallel zur Systemachse g' durch das Fußgelenk D. Beide Systemachsen g , g' weisen einen Schnittpunkt mit der Längsmittelachse m des Masts **1** auf, sodass für die Ableitung horizontaler Lasten eine Systemebene 15 definiert ist, in der für die Stabilisierung des Masts **1** ein vertikaler Hebelarm f wirksam ist. Die Stabilisierung des Masts **1** erfolgt auf einer geraden Linie, sodass ein entsprechendes Bauwerk auf einem schmalen Geländestreifen gegründet werden kann. In der Ansicht verlaufen die Spannglieder **2** als Seile parallel zueinander. Die Knotenpunkte C der Ausleger **10** sind durch Spannglieder **2** in einer Ebene quer zur Systemebene 15 an dem Mast **1** rückverankert.

Bezugszeichenübersicht

Mast	1	Spannglieder	2	Energiesystem	3
Längsmittelachse	m	Ankerpunkte	A, B	PV-Anlage	30
Fußgelenk	D	Ankerstütze	20	Kollektorfläche	300
Knotenpunkte	C	Eingespannte Stütze	200	Windturbine	31
Ausleger	10	Abgespannte Pendelstütze	201	Horizontale Rotationsachse	x
Kragarm	101	Baugrund	<u>21</u>	Vertikale Rotationsachse	z
Verzweigung	102	Schraubfundament	210	Dach	32
Speichenrad	103	Köcherfundament	211	Sattelfläche	320
Azimutlager	11	Zisterne	212	PV-Modul	321
Mastenreihe	12	Rammpfahl	213	Unterkonstruktion	322
Mastenfeld	13	Seil	22	Membrandach	323
Systemebene	<u>15</u>	Zugstab	23	Oberleitung	33
Nutzraum	<u>16</u>	Endverbindung	24	Tragseil	330
Untere Systemachse	g	Aussteifender Verband	25	Fahrdraht	331
Obere Systemachse	g'	Seilklemme	250	Speiseleitung	332
Hebelarm	f	Unterspannung	26	Überlandleitung	34
		Füllstab	260	Hochspannungsleitung	340
				Wasserturm	35
				Oberer Behälter	350
				Unterer Behälter	351

Patentansprüche

1. Tragsystem für die Stabilisierung von mindestens einem Mast (1), bestehend aus dem Mast (1) mit einer Längsmittelachse (m), der mit einem Fußgelenk (D) über ein Punktfundament mit einem tragfähigen Baugrund (21) verbunden ist, und aus geraden, dehnsteifen Spanngliedern (2), die über Knotenpunkte (C) mit dem oberen Teil des Masts (1) und mit horizontal von dem Mast (1) beabstandeten Ankerpunkten (A, B) in dem Baugrund (21) verankert sind, welches Tragsystem dazu ausgebildet ist, ein Energiesystem (3) in einem vertikalen Abstand zu dem Baugrund (21) zu halten und vertikale und horizontale Lasten aus dem Energiesystem (3) in den Baugrund (21) abzuleiten, wobei das Tragsystem mindestens eine Systemebene (15) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Systemebene (15) durch zwei zueinander parallele Systemachsen (g, g') definiert ist, die jeweils einen Schnittpunkt mit der Längsmittelachse (m) des Masts (1) haben und dabei die untere Systemachse (g) durch das Fußgelenk (D) des Masts (1) verläuft und die mit einem vertikalen Abstand zu der unteren Systemachse (g) angeordnete obere Systemachse (g') als Strecke zwischen zwei einander gegenüber liegenden Ankerpunkten (A, B) verläuft, sodass für die Ableitung horizontaler Lasten durch die Spannglieder (2) zwischen den und quer zu den Systemachsen (g, g') ein vertikaler Hebelarm (f) gebildet wird.
2. Tragsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Tragsystem zwei oder mehrere Systemebenen (15) aufweist, deren Systemachsen (g, g') sich am Schnittpunkt mit der Längsmittelachse (m) eines Masts (1) in einem spitzen Winkel kreuzen.
3. Tragsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Vielzahl von Masten (1) in einer linearen Anordnung zu einer Mastenreihe (12) verkettbar sind und in einer räumlichen Rasteranordnung zu einem Mastenfeld (13) vernetzbar sind und sich im Falle des Mastenfelds (13) zwei Systemebenen (15) längs und quer durchdringen, wobei sich die Systemachsen (g, g') an ihren Schnittpunkten mit der Längsmittelachse (m) der Maste (1) kreuzen.
4. Tragsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Mast (1) in einem Längsabschnitt oberhalb der Systemachse (g') mindestens einen beidseitig der Systemebene (15) angeordneten Ausleger (10) aufweist, an den die Knotenpunkte (C) angreifen, welcher Ausleger (10) entweder als seilverspannter Querausleger oder als biegesteif mit dem Mast (1) verbundener Kragarm (101) oder als zwei- oder mehrzählige Verzweigung (102) oder als seilverspanntes Speichenrad (103) ausgebildet ist.
5. Tragsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spannglieder (2) einzeln oder paarweise angeordnet sind, aus Seilen (22) oder aus Zugstäben (23) bestehen und an ihren Endverbindungen (24) vorspannbar sind, wobei sich die Ankerpunkte (A, B) an den Kopfen von Ankerstützen (20) befinden, die als eingespannte Stützen (200) oder als abgespannte Pendelstützen (201) ausgebildet sind.
6. Tragsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Falle der Mastenreihe (12) oder des Mastenfelds (13) einander regelmäßig abwechselnde Hoch- und Tiefpunkte vorgesehen sind und die Ankerpunkte (A, B) der Spannglieder (2) als Tiefpunkte und die Knotenpunkte (C) der Spannglieder (2) als Hochpunkte ausgebildet sind und zwischen den geraden Spanngliedern (2) ein Dach (32) mit Sattelflächen (320) und PV-Modulen (321) auf einer Unterkonstruktion (322) eingehängt wird, wobei die geraden Spannglieder (2) zur Aufnahme vertikaler Lasten aus einem Dach (32) eine Unterspannung (26) mit Füllstäben (260) aufweisen.
7. Tragsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Punktfundament eines Masts (1) entweder als Schraubfundament (210) oder als Köcherfundament (211) oder als Zisterne (212) ausgebildet ist.
8. Tragsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ankerstütze (20) aus einem zylinderförmigen Stahlrohr mit einem Außen- und Innengewinde besteht und mittels einer polygonalen Kopfplatte maschinell in einen Baugrund (21) eingedreht ist.
9. Tragsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Energiesystem (3) entweder eine PV-Anlage (30) mit um die Achsen (x, z) nachführbaren Kollektorflächen (300) oder Windturbinen (31) mit horizontaler oder vertikaler Rotationsachse (x, z) oder ein Dach (32) mit Sattelflächen (320) und PV-Modulen (321) oder eine Oberleitung (33) zur Energieversorgung von Fahrzeugen bestehend aus Tragseilen (330) und Fahrdrähten (331) oder eine Überlandleitung (34) mit Hochspannungsleitungen (340) oder ein Pumpspeicherkwerk mit einem Wasserturm (35), bei dem ein oberer mit einem unteren Behälter (350, 351) über eine Druck-

leitung, eine Turbine und eine Pumpe verbunden sind oder eine Kombination der genannten Energiesysteme (3) aufweist.

10. Tragsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Punktfundament des Masts (1) als Zisterne (212) ausgebildet ist, um Regenwasser von den Kollektorflächen (300) einer PV-Anlage (30) zu sammeln, wobei die Kollektorflächen (300) bei Regen sensorgesteuert um die Rotationsachsen (x, z) in eine horizontale Stellung geschwenkt werden und das Regenwasser über ein Rinnensystem und den als Rohr ausgebildeten Mast (1) in die Zisterne (212) eingeleitet wird.

Es folgen 16 Seiten Zeichnungen

Fig.2

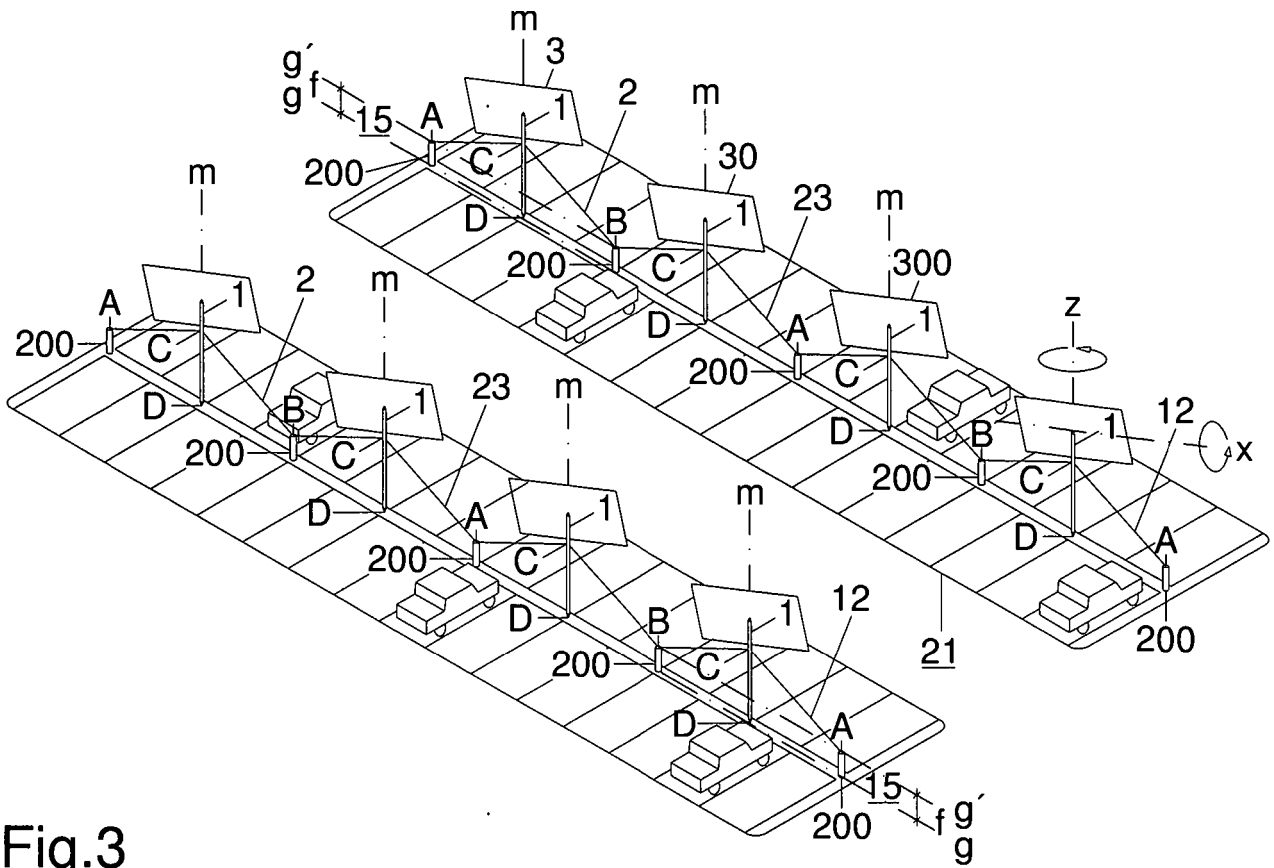


Fig. 3

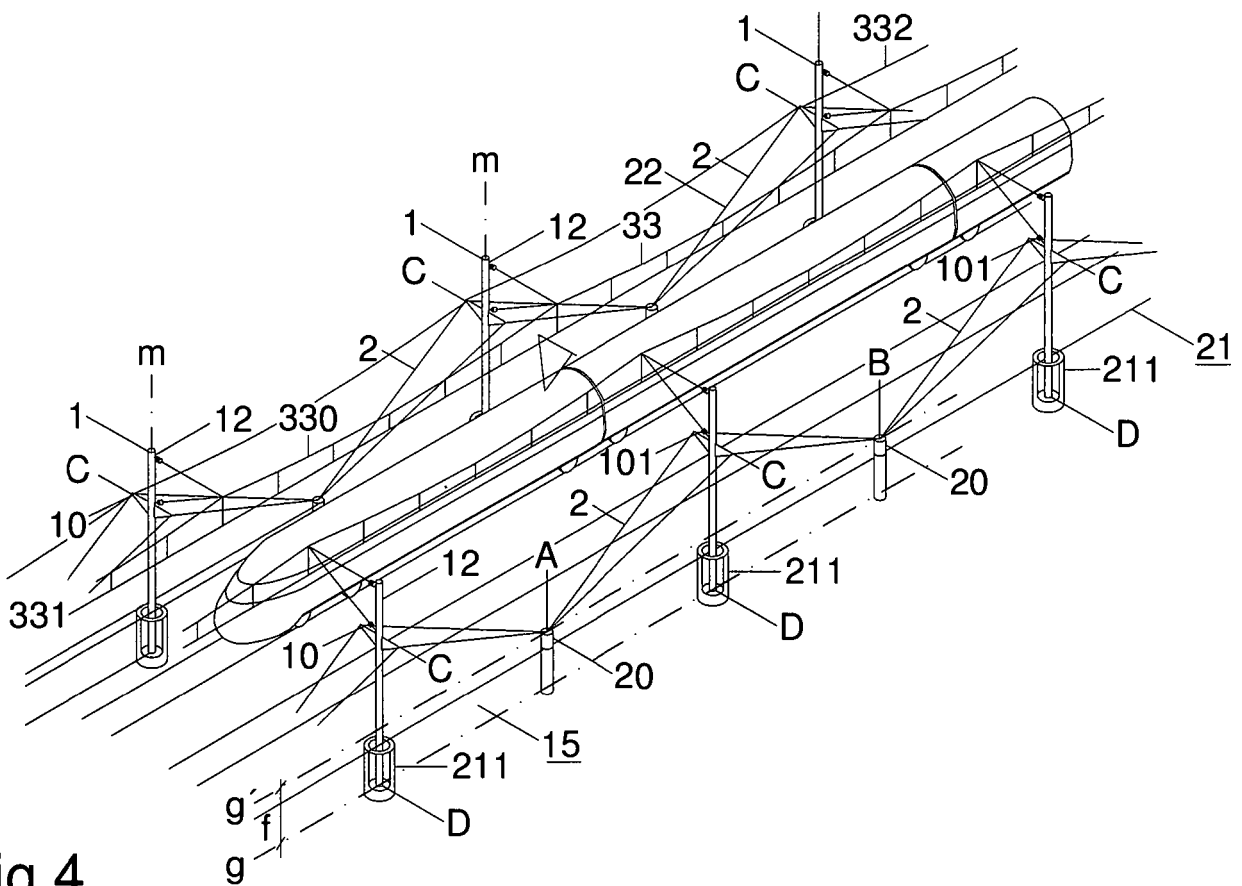


Fig. 4

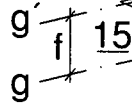


Fig.5

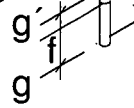


Fig.6

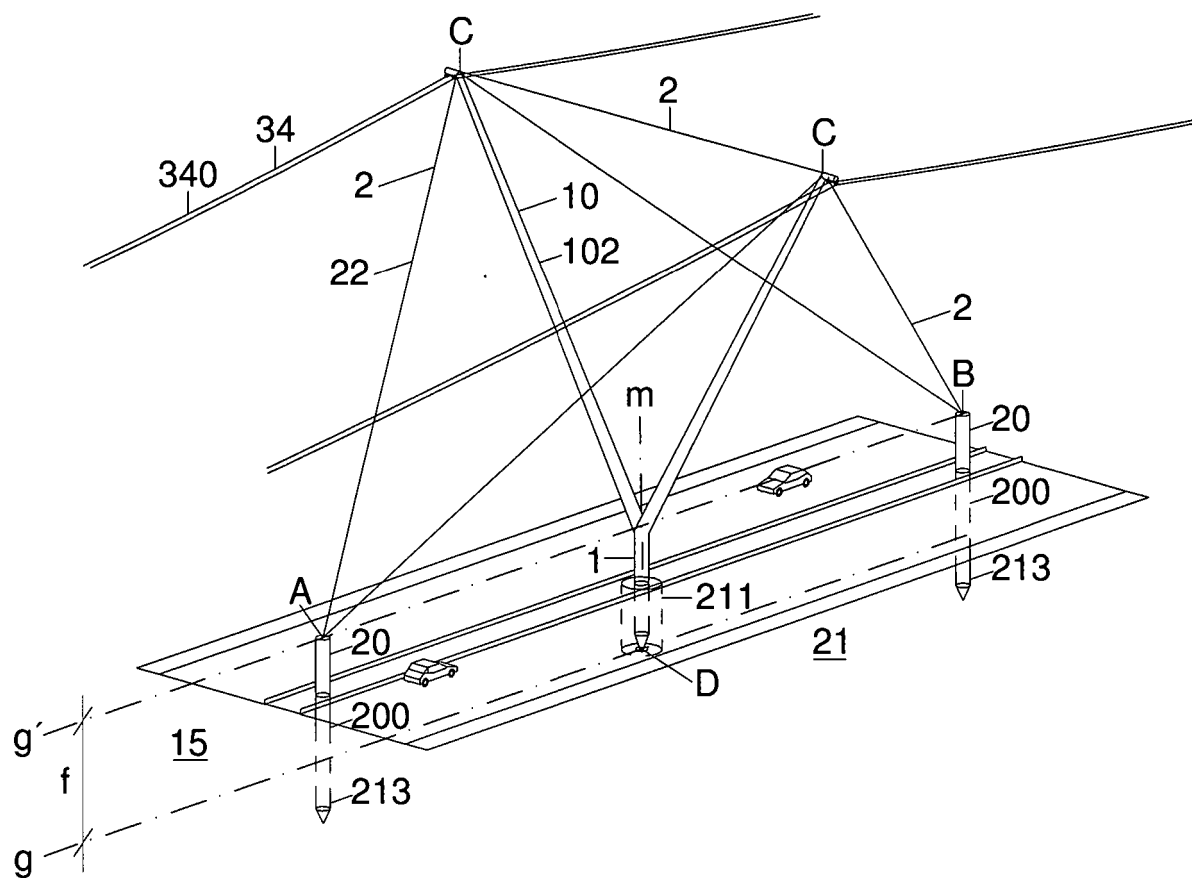


Fig. 7

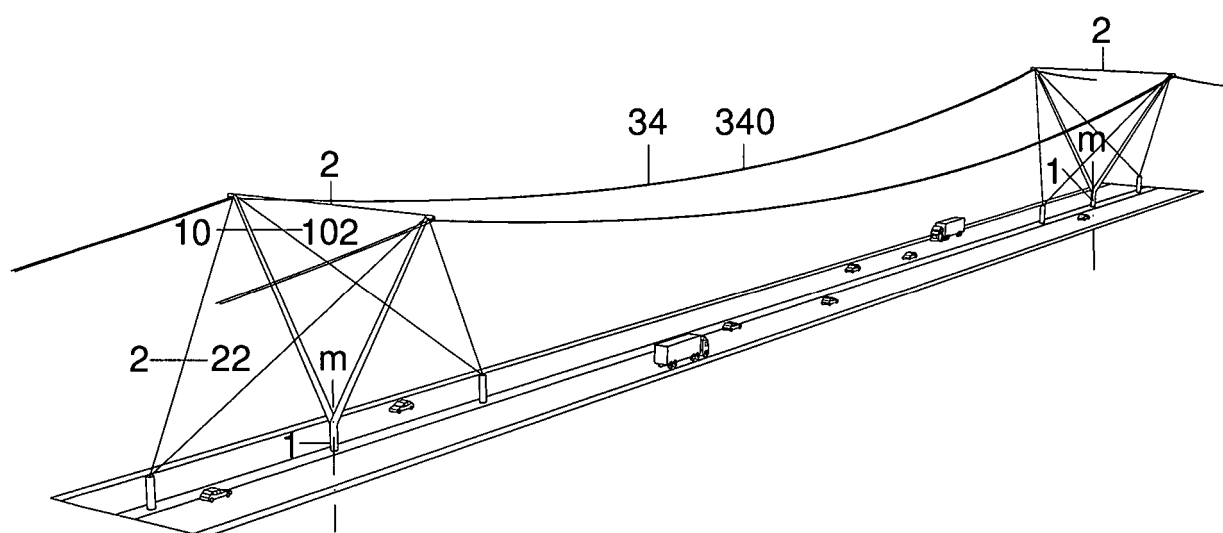


Fig. 8

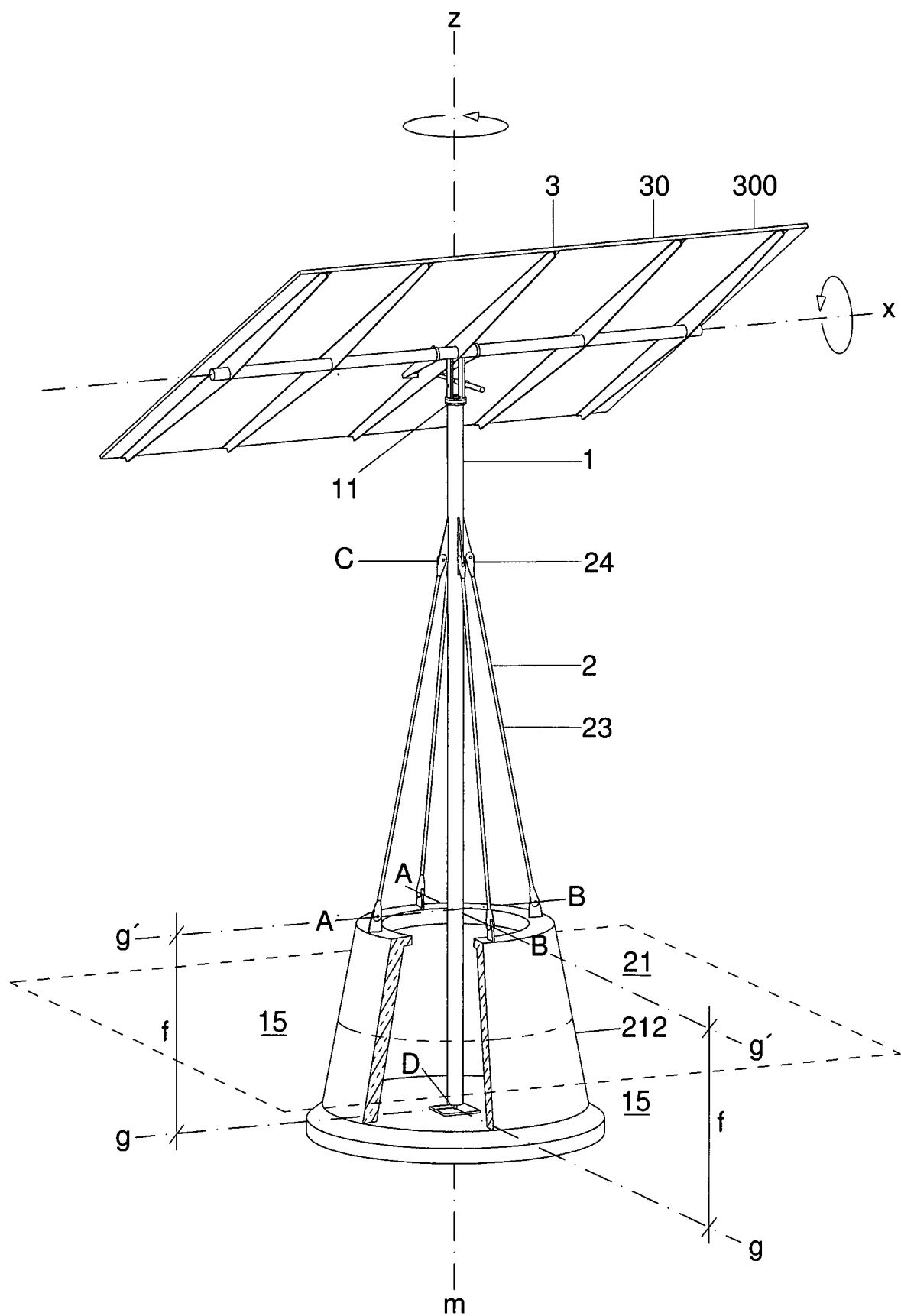


Fig.9

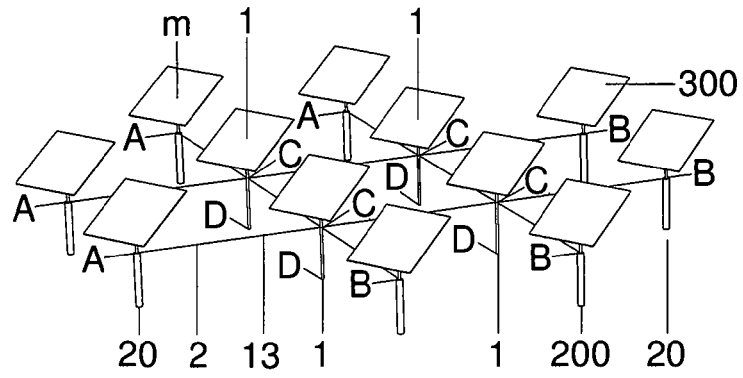


Fig.10

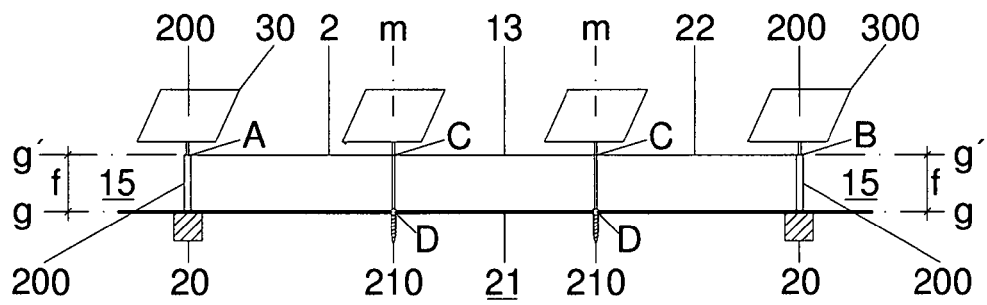


Fig.1 1

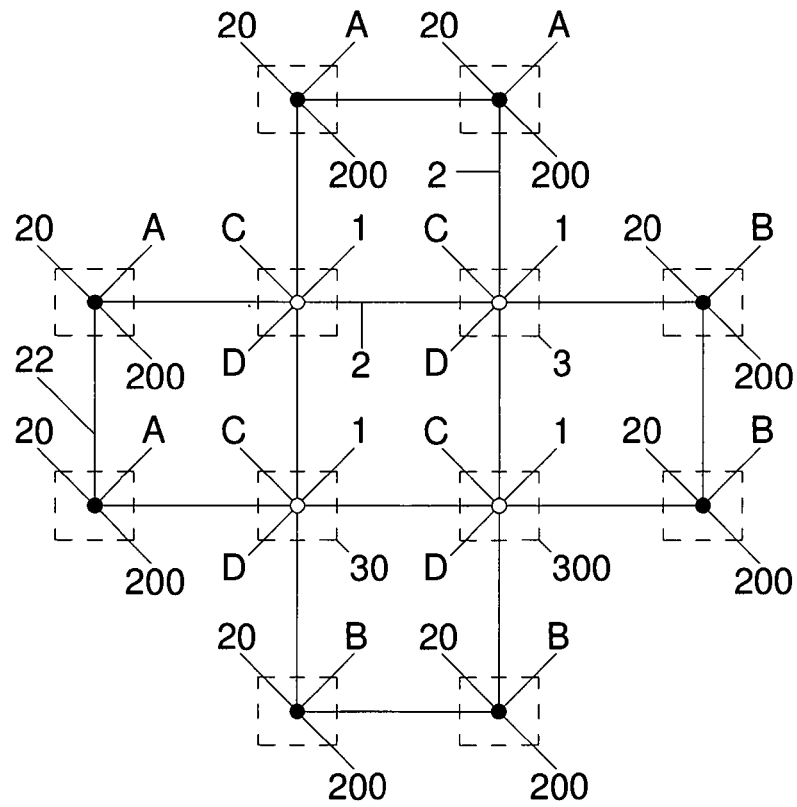


Fig.12

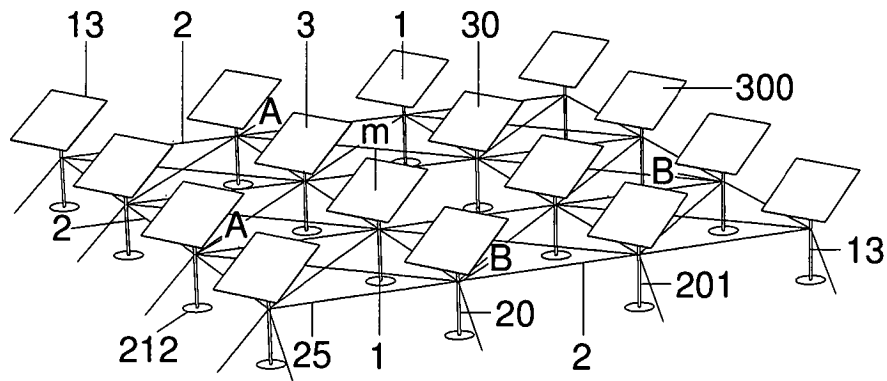


Fig. 13

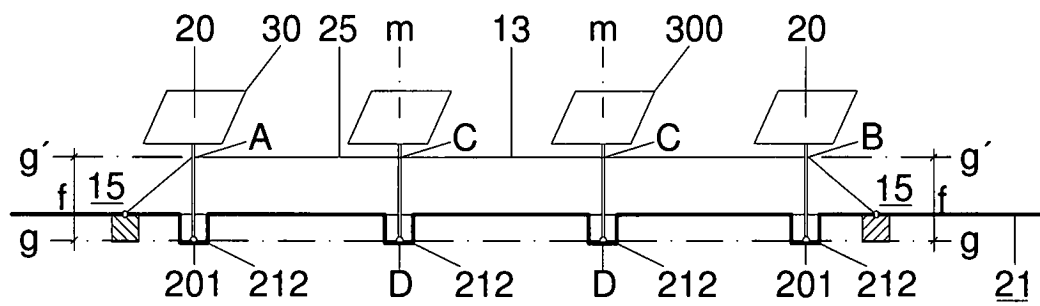


Fig. 14

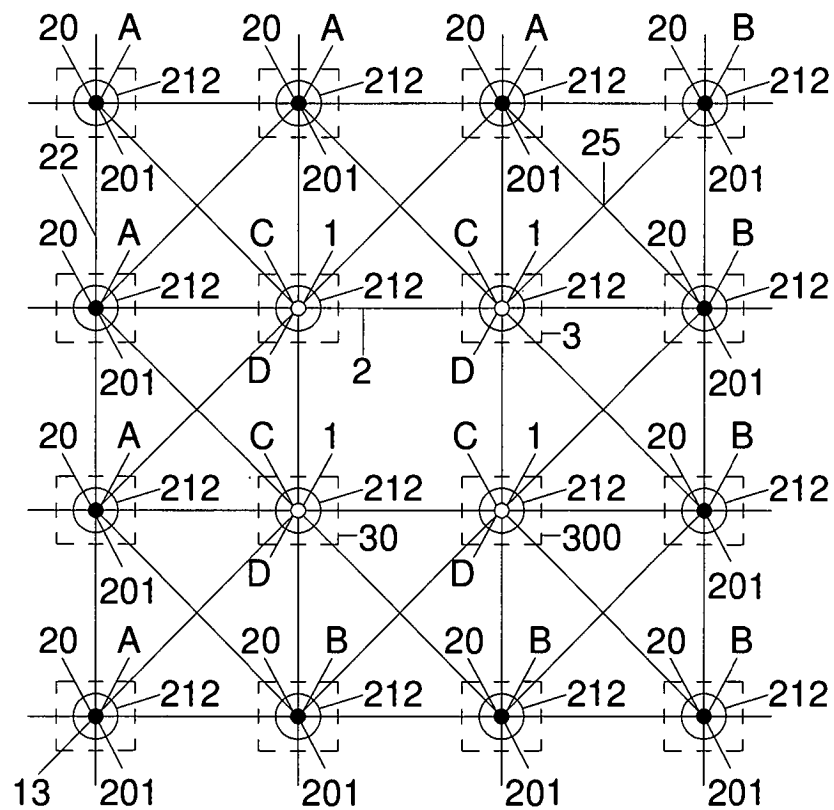


Fig. 15

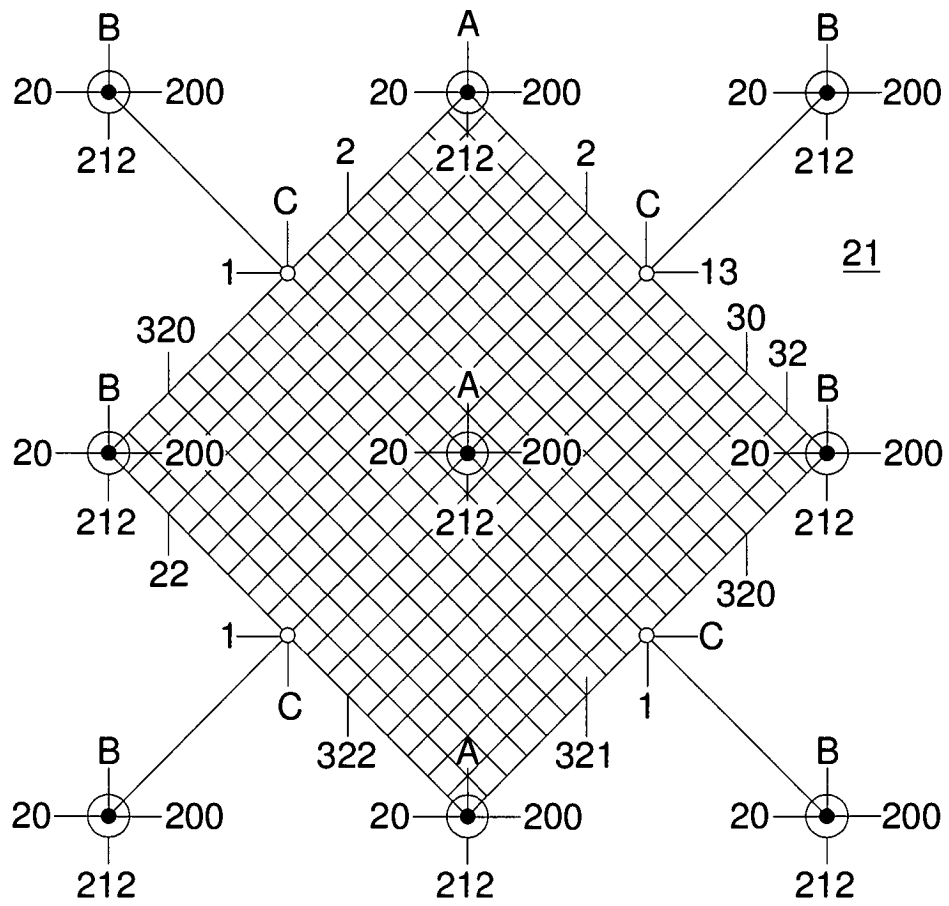


Fig.16

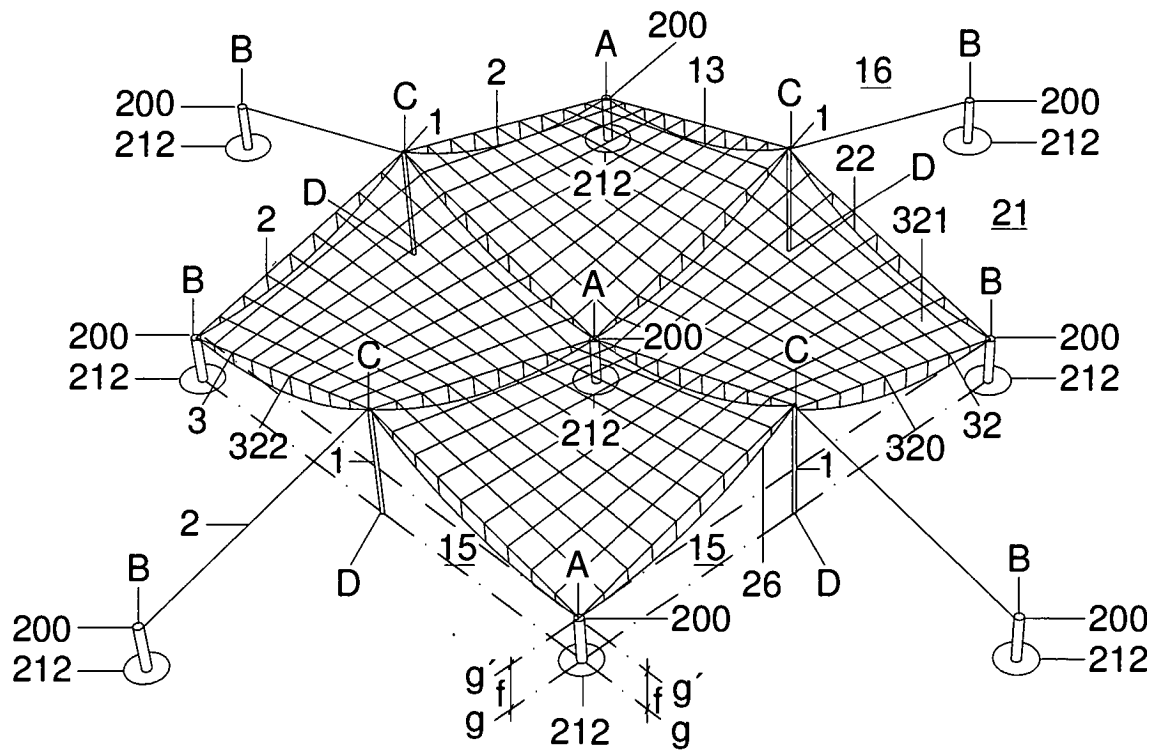


Fig.17

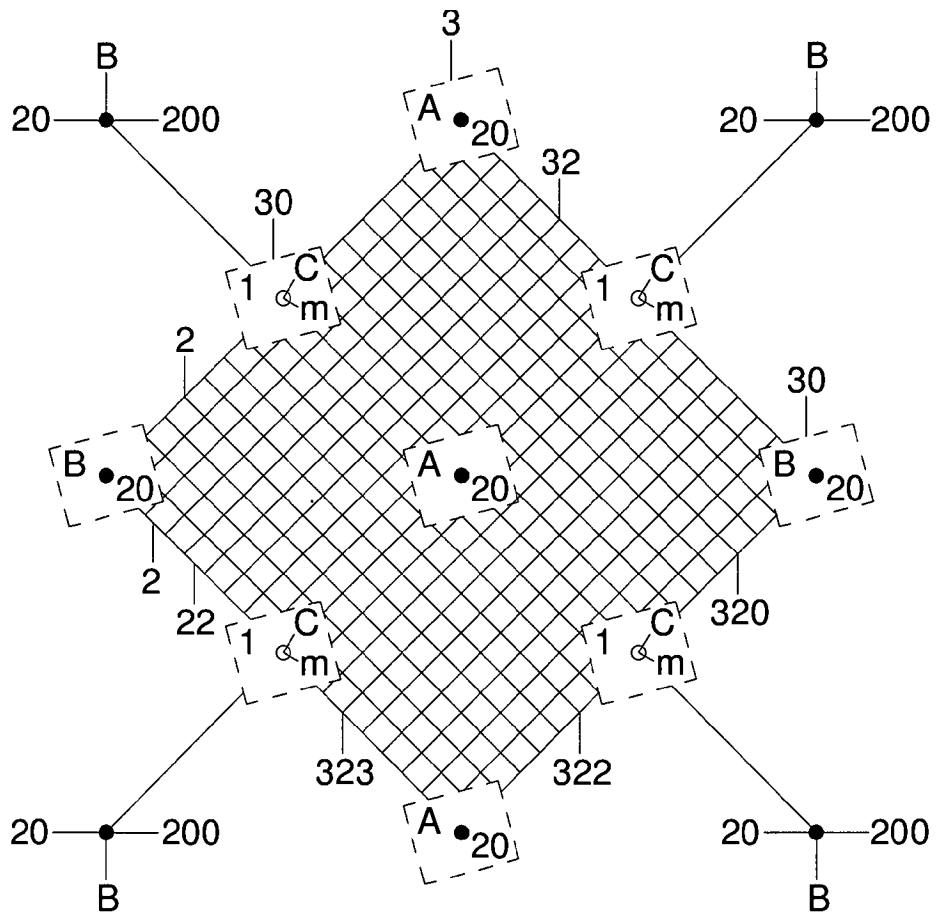


Fig. 18

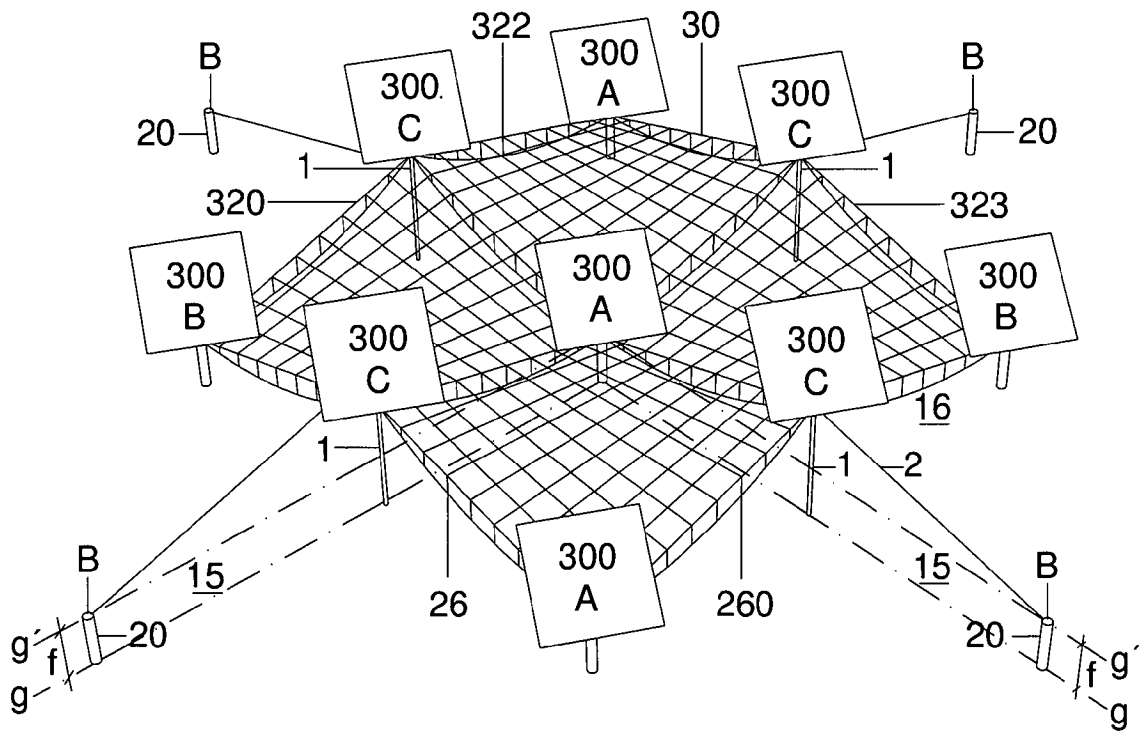


Fig. 19

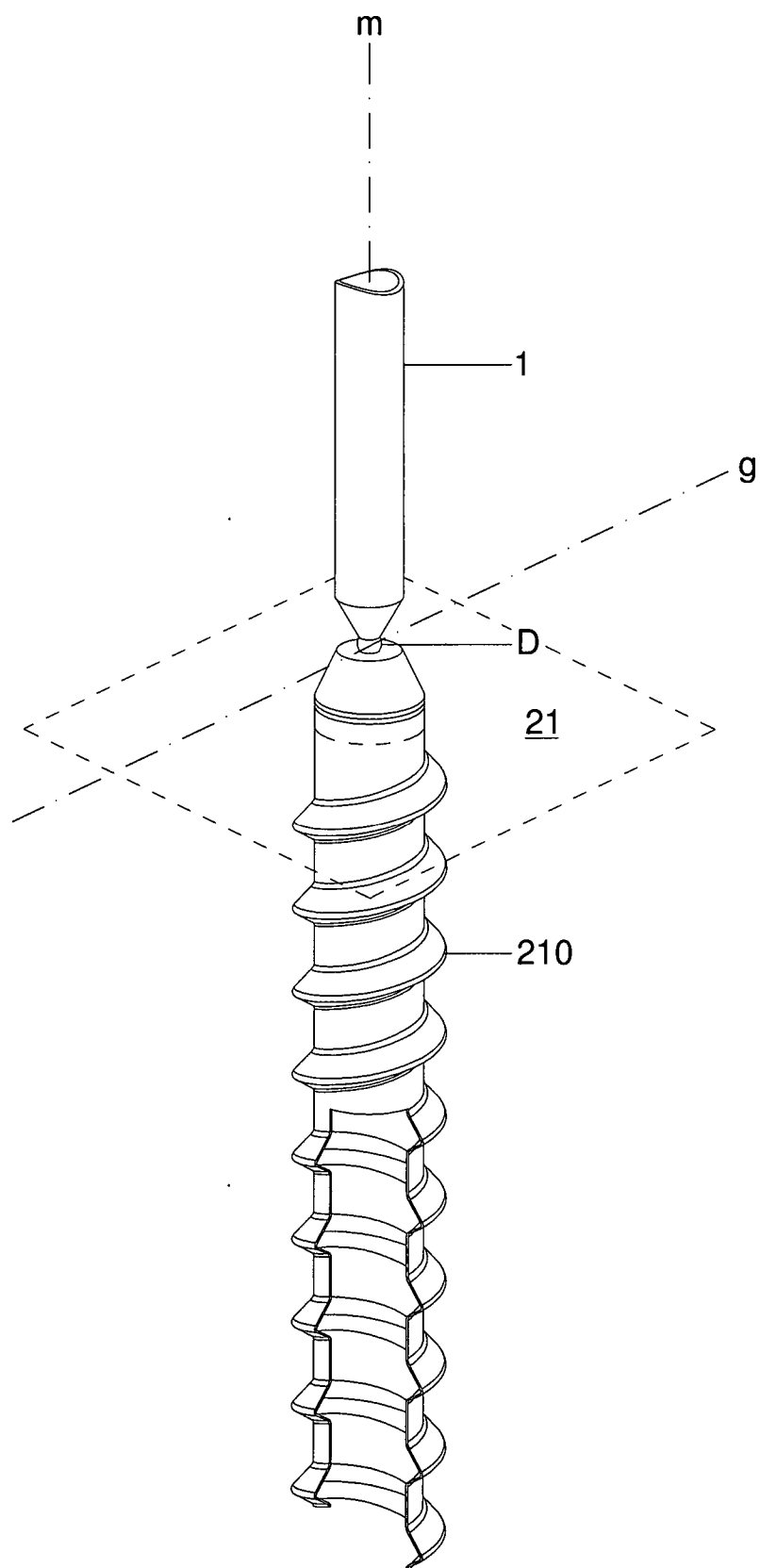


Fig.20

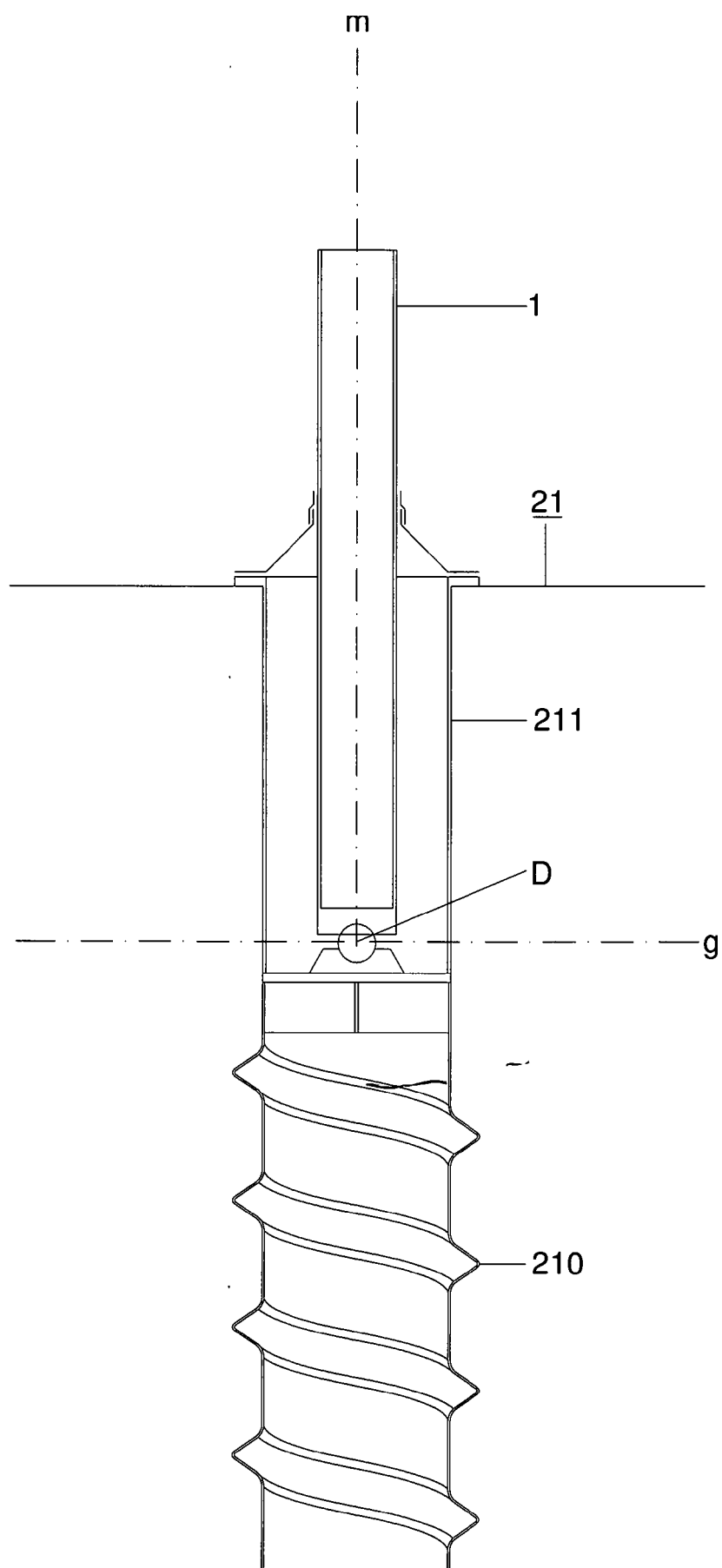


Fig.21

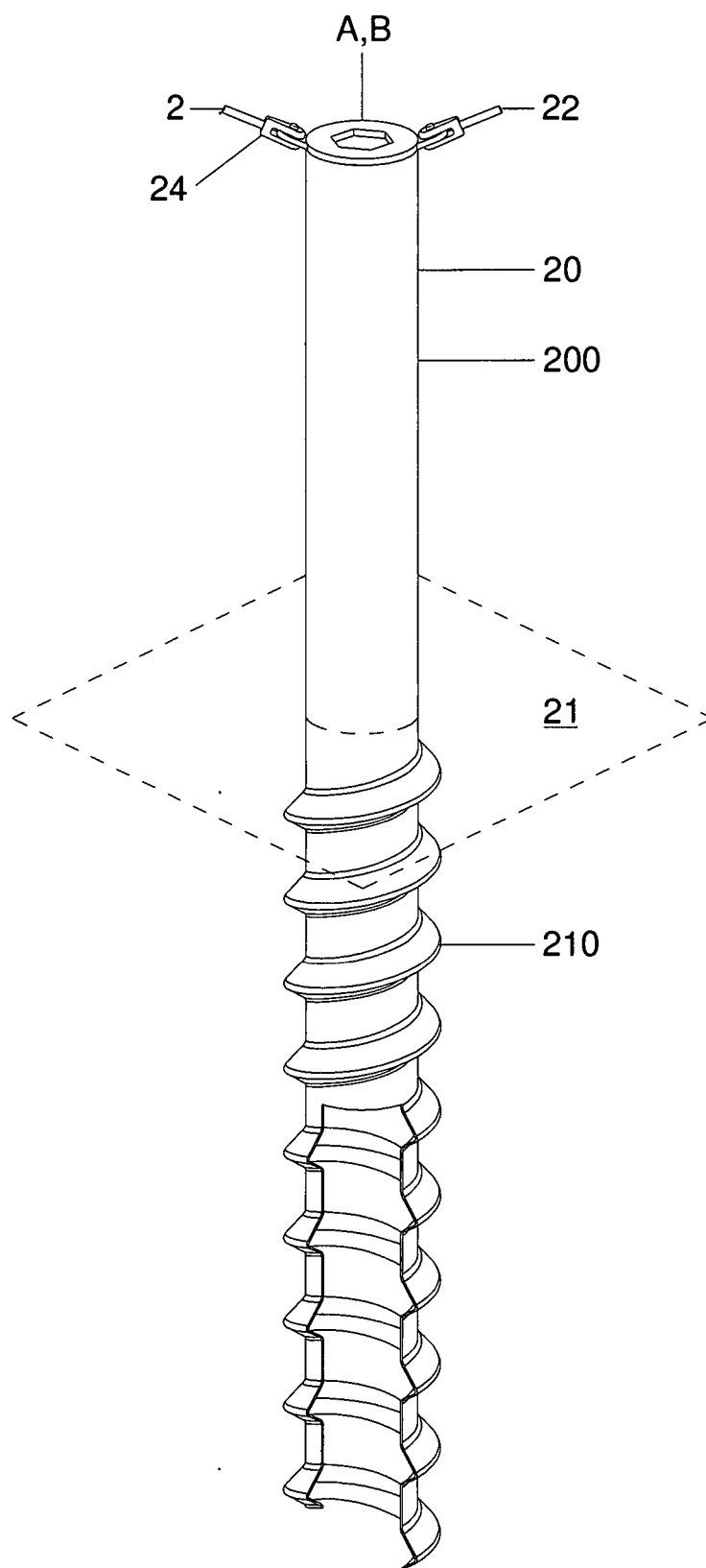


Fig.22

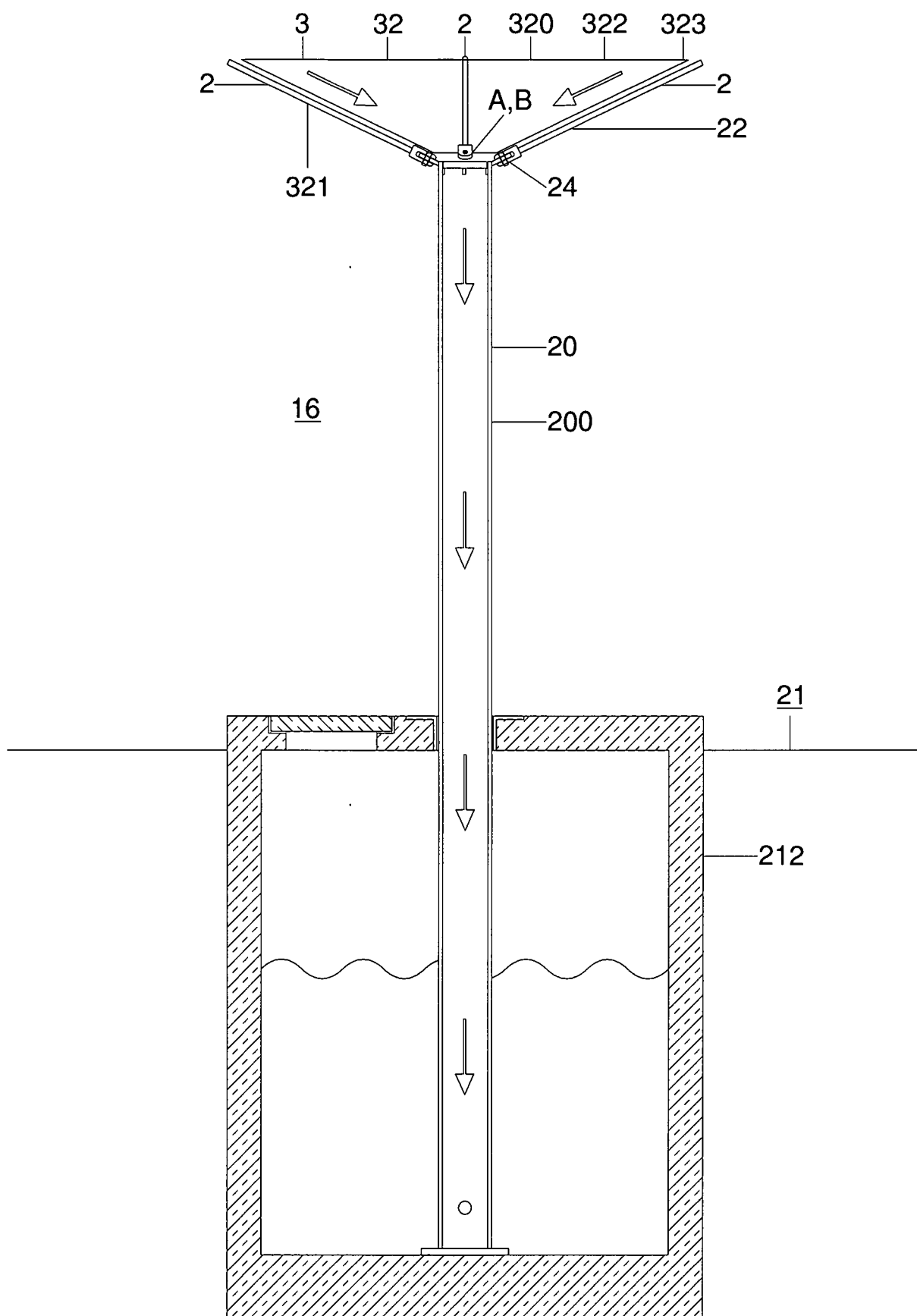


Fig.23

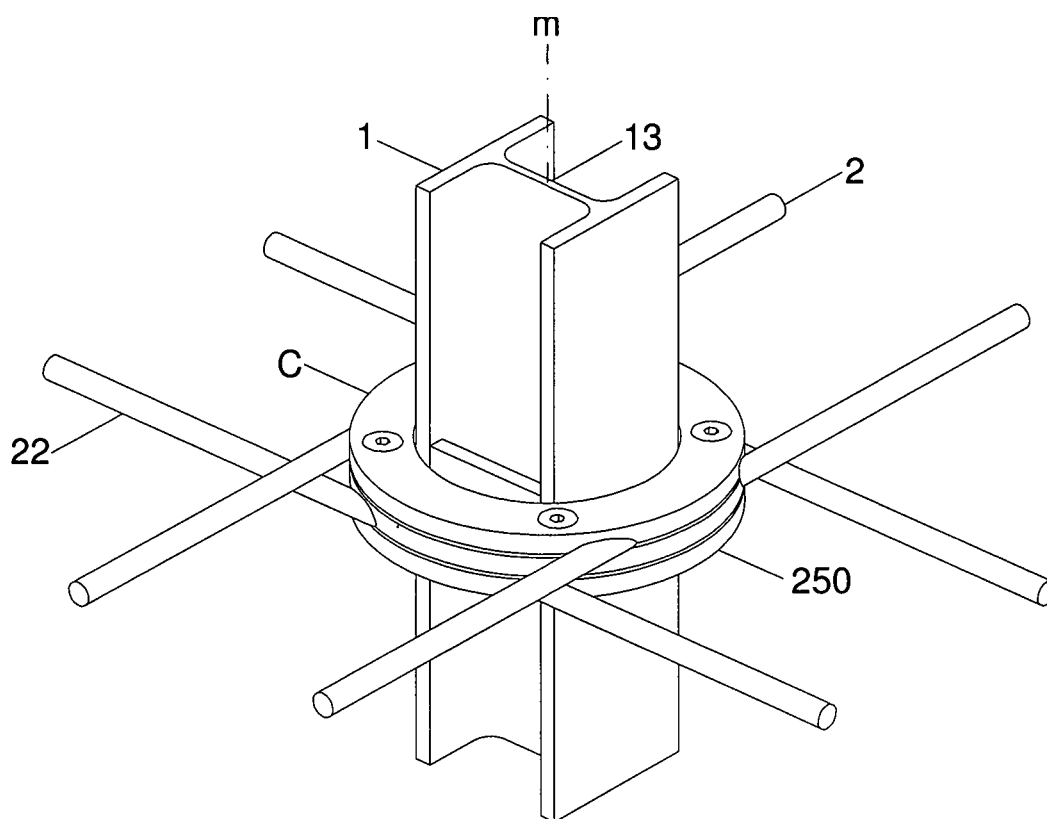


Fig. 24

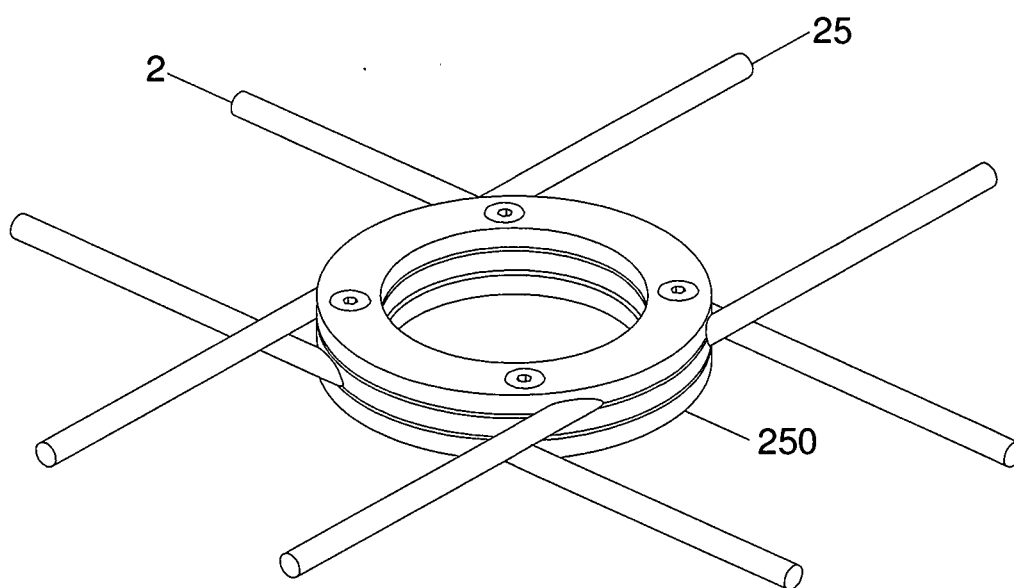


Fig. 25

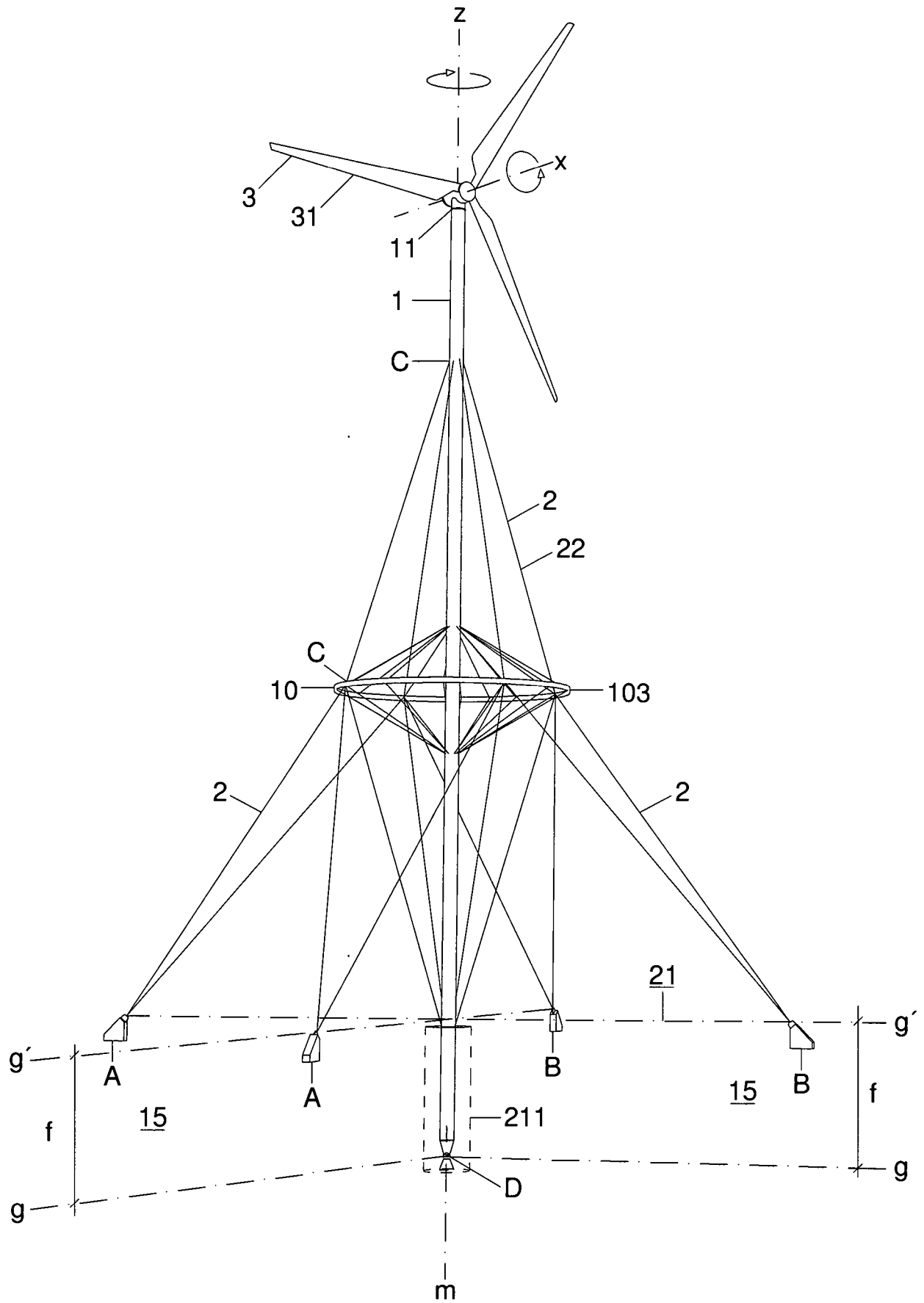


Fig.26

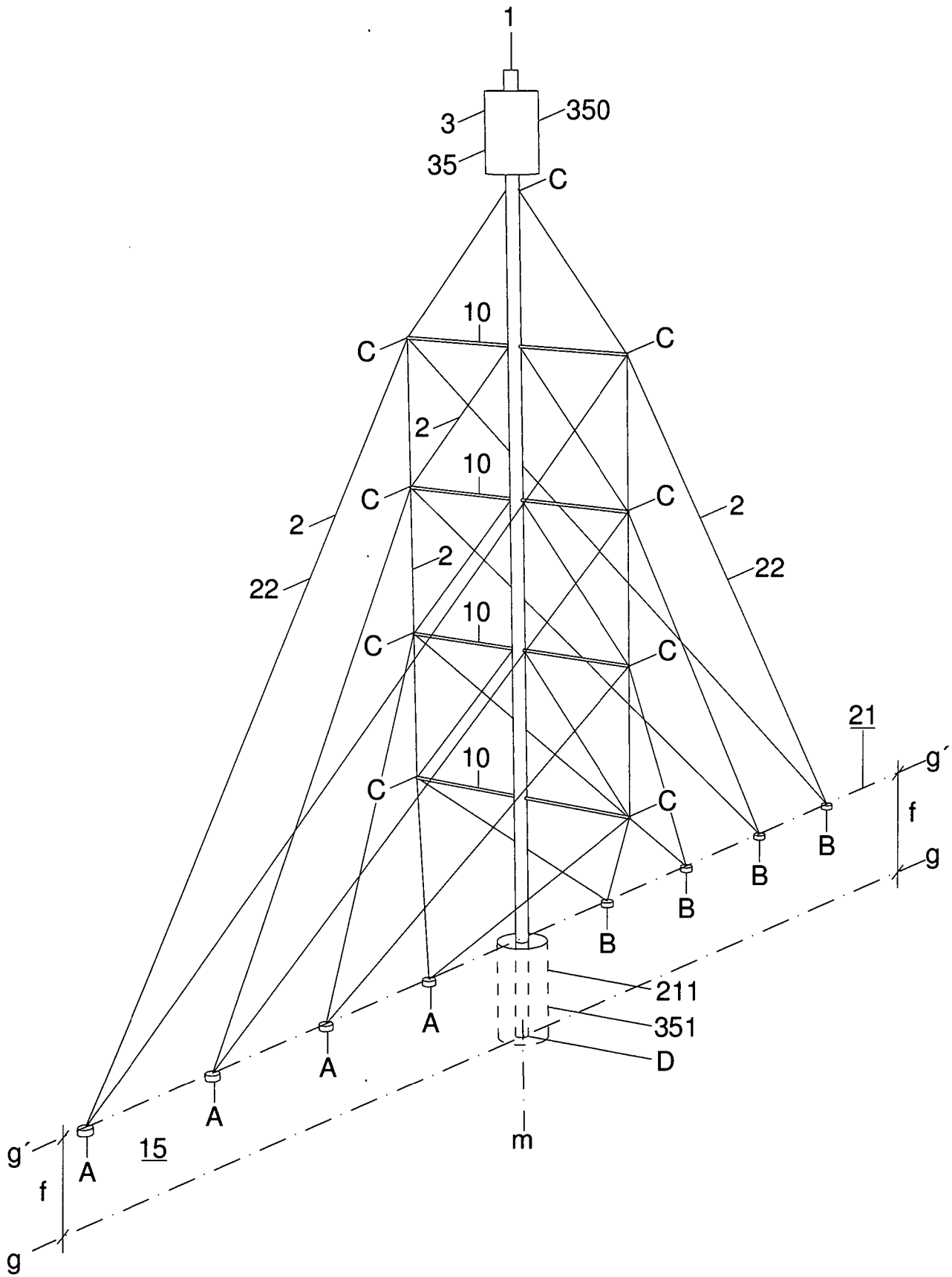


Fig.27