

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. Mai 2012 (18.05.2012)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/062902 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/069929

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. November 2011 (11.11.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 043 790.5
11. November 2010 (11.11.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): PPP SONNENKRAFT GMBH [DE/DE]; Hip-
pelstr. 31, 81827 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PALL, János
[HU/HU]; Szechenyi út 74, H-2310 Szigetszentmiklós
(HU).

(74) Anwälte: HESS, Peter K. et al.; Bardehle Pagenberg,
Prinzregentenplatz 7, 81675 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: HELIOSTAT HAVING AN ASSOCIATED RECEIVING ELEMENT

(54) Bezeichnung : HELIOSTAT MIT ZUGEORDNETEM EMPFANGSELEMENT

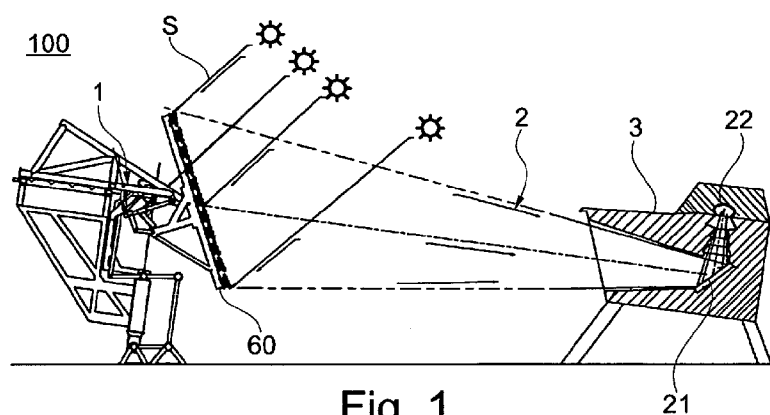


Fig. 1

(57) Abstract: The present invention relates to a heliostat 1 having a mirror unit 60 for reflecting and focussing sun rays S onto a target 3, wherein the mirror unit 60 is mounted such that it can rotate about a first main axis A-A' which is always oriented in the direction of the target 3; and wherein the mirror unit 60 is mounted such that it can rotate about a second main axis B-B' which is arranged perpendicular to the first main axis A-A' and perpendicular to the surface normal N of the mirror unit 60 and rotates together with the mirror unit 60 about the first main axis A-A', wherein the rotary movement of the mirror unit 60 about the second main axis B-B' is effected by means of a first mechanical gear mechanism 120 as a result of the rotary movement of the mirror unit 60 about the first main axis A-A'. The invention also relates to a receiving element 3 which is suitable for the heliostat 1, and to a system for converting solar energy into thermal energy.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Heliostaten 1 aufweisend eine Spiegeleinheit 60, zur Reflektion und Fokussierung von Sonnenstrahlen S auf ein Ziel 3, wobei die Spiegeleinheit 60 um eine erste Hauptachse A-A' drehbar gelagert ist, die stets in Richtung des Ziels 3 ausgerichtet ist; und wobei die Spiegeleinheit 60 um eine zweite Hauptachse B-B' drehbar gelagert ist, die senkrecht zur ersten Hauptachse A-A' und senkrecht zur Flächennormalen N der Spiegeleinheit 60 angeordnet ist und mit der Spiegeleinheit 60 um die erste Hauptachse A-A' mitdreht, wobei die Drehbewegung der Spiegeleinheit 60 um die zweite Hauptachse B-B' mittels eines ersten mechanischen Getriebes 120 durch die Drehbewegung der Spiegeleinheit 60 um die erste Hauptachse A-A' bewirkt wird. Die Erfindung betrifft auch ein zum Heliostaten 1 passendes Empfangselement 3 sowie ein System zur Wandlung von Solarenergie in Wärmeenergie.

Heliostat mit zugeordnetem Empfangselement

1. Gebiet der Erfindung

- 5 Die Erfindung betrifft einen Heliostaten und ein zugeordnetes Empfangselement zur Nutzung von Solarenergie, insbesondere zur Unterstützung von industriellen oder privaten Heizungsanlagen. Heliostaten werden meist dazu verwendet, Sonnenstrahlen auf ein bestimmtes Ziel zu reflektieren, um dort das Licht für Beleuchtungszwecke zu nutzen oder daraus emissionsfrei Solarenergie in Wärme
10 umzuwandeln.

2. Stand der Technik

- Die Entwicklung von Heliostaten geht bis in das 18. Jahrhundert zurück. Die Idee ist die über den Tagverlauf unterschiedlich einfallenden Sonnenstrahlen über
15 einen Heliostaten zu einem feststehenden Ziel zu lenken, um das Sonnenlicht für Beleuchtungszwecke oder die Solarenergie zu Heizzwecken zu nutzen. In den letzten Jahren wurde die Heliostat-Technologie insbesondere in Solarkraftwerken in Spanien oder den USA eingesetzt, in denen die einfallenden Sonnenstrahlen über eine große Anzahl an Heliostaten auf einen Solarturm gebündelt werden. Die
20 Heliostaten lenken die Sonnenstrahlen auf einen feststehenden Absorber, der die Solarenergie zunächst in Wärmeenergie wandelt, die danach über Turbinen in Strom umgewandelt werden kann. Daneben wird die Wärmeenergie auch direkt zum emissionsfreien Schmelzen von Materialien verwendet.

- 25 Ein effizientes und gleichzeitig bezüglich des Empfängerorts variables System, um Solarenergie in Wärmeenergie zu wandeln, stellt ein bis jetzt noch nicht optimal gelöstes Problem dar. So existieren zwar Heliostaten mit Konzentrationsspiegeln, die durch eine hohe Energieausbeute gekennzeichnet sind, die jedoch einmal montiert keine unterschiedlich angeordneten Empfänger anstrahlen können oder
30 nur mit einer geringeren Fokussierung, d.h. einer geringen Energieausbeute.

Ein solches Sonnenstrahlen-konzentrierendes Solaroptiksystem mit Heliostaten ist aus der EP 0 045 921 A1 bekannt. Das dort beschriebene Solaroptiksystem besitzt einen ortsfesten aufgestellten Empfänger, in den ein von einem Heliostaten mit

Hohlspiegel konzentriertes Lichtbündel unabhängig vom Sonnenstand aus konstanter Richtung, vornehmlich in Richtung der Symmetrieachse des Empfängers einfällt. Dabei muss der Brennpunkt des Hohlspiegels des Heliostaten auf der sog. „siderischen Achse“ liegen, die parallel zur Erdachse verläuft. Für den
5 Tagesbetrieb muss weiterhin der Hohlspiegel um diese siderische Achse drehen und braucht lediglich zum Ausgleich saisonaler Schwankungen in der Sommer- und Winterwende um eine zweite zur siderischen Achse senkrechte Achse geschwenkt werden. Ein Nachteil dieses Solaroptiksystems liegt darin, dass die Anordnung des Heliostaten und die Position des Empfängers aufgrund der
10 Kinematik festgelegt sind. Die Sonnenstrahlen können nicht in beliebige Richtungen gelenkt werden. Dementsprechend muss die erzeugte Wärmeenergie zum eigentlichen Verbraucher transportiert werden, was verlustbehaftet ist und somit den Wirkungsgrad der Anlage erheblich mindert.

15 Weiterhin sind Heliostaten bekannt, die zwar ein beliebiges Ziel fokussieren können, hierzu allerdings eine Vielzahl an Antrieben und somit Energie benötigen, um die optimale Positionierung des Heliostaten vorzunehmen.

Ein solcher, die Sonnenstrahlen-konzentrierender Heliostat ist aus der GB 2 329
20 976 A bekannt. Hier umfasst der Konzentrationsspiegel des Heliostaten ein Raster aus einzeln ansteuerbaren drehbar gelagerten Spiegeln, die die Sonnenstrahlen auf ein gewünschtes Ziel fokussieren. Zur Fokussierung werden die einzelnen Rotationsachsen der einzelnen Spiegel individuell, elektrisch oder hydraulisch angetrieben. Somit verändert der Konzentrationsspiegel seinen Fokus im
25 Tagesverlauf. Der Konzentrationsspiegel als Ganzes wird im Tagesverlauf um eine Achse gedreht, die auf das Ziel gerichtet ist und um eine mitdrehende Achse senkrecht dazu verschwenkt. Damit wird sichergestellt, dass die einfallenden Sonnenstrahlen, die zum Ziel reflektieren Sonnenstrahlen, die Flächennormale des Konzentrationsspiegels und eine Mittelachse durch den Konzentrationsspiegel in
30 einer Ebene liegen. Dadurch verringert sich der Freiheitsgrad zur Einstellung der einzeln drehbar gelagerten Spiegel auf nur eine Drehachse pro individuellem Spiegel. Nachteilig an diesem Heliostaten ist jedoch, dass für die beiden Hauptachsen und für jede der Drehachsen der einzelnen Spiegel je ein Antriebsmotor samt

Steuerung vorgesehen sein muss. Damit ergeben sich eine Vielzahl von Antrieben und Steuerungen und der der Heliostat wird technisch aufwendig und teuer.

Die vorliegende Erfindung stellt sich daher die Aufgabe, einen Heliostaten und ein zugeordnetes Empfangselement zur effizienten Energiewandlung von Solarenergie in Wärme eines Temperaturbereichs von 50 – 2000 °C bereitzustellen. Der Einfluss der äußeren Temperaturen auf den Wirkungsgrad soll dabei möglichst gering sein. Zusätzlich soll die Positionierung des Heliostaten unabhängig von der Himmelsrichtung erfolgen können und somit ein beliebig angeordnetes Empfangselement fokussiert werden können. Zusätzlich soll eine möglichst robuste und kostengünstige Nachführung des Heliostaten bereitgestellt werden.

Weiterhin kommen bei herkömmlichen Solarkraftwerken die gebündelten Sonnenstrahlen aus unterschiedlichen Richtungen auf die Empfangselemente zu. Auch wenn die Empfangselemente solcher Kraftwerke aufgrund der hohen Flächetemperatur einen hohen Absorptionswirkungsgrad haben, zeigen sie bedeutende Reflexionswärmeverluste und konvektive Wärmeverluste aufgrund ihrer notwendigen offenen Gestaltung. Der typische thermische Wirkungsgrad dieser Empfänger liegt daher lediglich bei 60-65%. Es ist daher weiterhin eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Empfangselement sowie ein System aus Heliostaten und Empfangselement bereitzustellen, das einen höheren thermischen Wirkungsgrad aufweist.

3. Zusammenfassung der Erfindung

Die oben genannte Aufgabe wird gelöst durch einen Heliostaten gemäß Patentanspruch 1, ein Empfangselement gemäß Patentanspruch 13 und ein System zur Wandlung von Solarenergie in Wärmeenergie gemäß Patentanspruch 15.

Insbesondere wird die oben genannte Aufgabe gelöst durch einen Heliostaten, aufweisend eine Spiegeleinheit, zur Reflektion und Fokussierung von Sonnenstrahlen auf ein Ziel, wobei die Spiegeleinheit um eine erste Hauptachse A-A' drehbar gelagert ist, die stets in Richtung des Ziels ausgerichtet ist und wobei die Spiegeleinheit um eine zweite Hauptachse B-B' drehbar gelagert ist, die senkrecht zur ersten Hauptachse A-A' und senkrecht zur Flächennormalen N der

Spiegeleinheit angeordnet ist und mit der Spiegeleinheit um die erste Hauptachse A-A' mitdreht, wobei die Drehbewegung der Spiegeleinheit um die zweite Hauptachse B-B' mittels eines ersten mechanischen Getriebes durch die Drehbewegung der Spiegeleinheit um die erste Hauptachse A-A' bewirkt wird.

5

Dadurch, dass der Heliostat zwei Hauptachsen A-A' und B-B' für die Bewegung der Spiegeleinheit aufweist, wobei die erste Hauptachse A-A' in Richtung des Brennpunktes ausgerichtet ist, kann der Heliostat der Sonnenbahn entsprechend auf einen beliebiges Ziel, im Abstand des Brennpunktes gerichtet werden. Dies ist mit Heliostaten, deren Brennpunkt auf der siderischen Achse liegen muss, nicht möglich. Die direkte mechanische Kopplung der zwei Hauptachsen A-A' und B-B' durch ein erstes mechanisches Getriebe reduziert die Anzahl der erforderlichen Antriebe zur Positionierung des Heliostaten auf einen einzigen Antrieb, der vorzugsweise die erste Hauptachse A-A' antreibt. Weitere Antriebe sowie aufwendige und teure Steuerungen für die zweite Hauptachse B-B' sind durch das mechanische Getriebe nicht notwendig. Der erfindungsgemäße Heliostat ist sehr robust und kostengünstig und kann daher vielfältig zur effizienten Nutzung der Solarenergie eingesetzt werden. Insbesondere kann der erfindungsgemäße Heliostat auch zu Heizzwecken in privaten oder gewerblichen Gebäuden verwendet werden.

20

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die erste Hauptachse A-A' so angeordnet, dass bei einer Drehung der Spiegeleinheit um die erste Hauptachse A-A' Sonnenstrahlen, die auf eine Symmetrielinie der Spiegeleinheit, die senkrecht zur zweiten Hauptachse B-B' verläuft, einfallen und von dort reflektiert werden, stets in einer Fläche liegen, die von der Symmetrielinie und von der Flächennormalen der Spiegeleinheit aufgespannt wird.

25

Dadurch, dass die erste Hauptachse A-A' stets auf den Brennpunkt der Spiegeleinheit ausgerichtet ist und die einfallenden und reflektierten Strahlen stets in der durch die Symmetrielinie und der Flächennormalen der Spiegeleinheit aufgespannten Fläche liegen, kann zur Konzentration der Sonnenstrahlen eine Spiegeleinheit verwendet werden, deren Fokus nur bezüglich einer Achse veränderbar ist, um eine optimal fokussierende Reflektion der Sonnenstrahlen zu

30

gewährleisten. In manchen Fällen ist aufgrund dieser Steuerung der Spiegeleinheit der Fokussierungsfehler sogar vernachlässigbar.

5 Bevorzugt weist das erste mechanische Getriebe eine bezüglich der ersten Hauptachse A-A' festgelegte Steuerfläche auf, die ein an der Spiegeleinheit angelenkter Abnehmer abgreift, um mechanisch die Drehung der Spiegeleinheit um die zweite Hauptachse B-B' zu bewirken. Dadurch, dass der Bewegungsablauf der zweiten Hauptachse B-B' durch die Steuerfläche festgelegt ist und eindeutig mit dem Bewegungsablauf der Achse A-A' gekoppelt ist, muss die Bewegung der
10 zweiten Hauptachse B-B' nicht individuell angetrieben und gesteuert werden. Dies minimiert den steuerungstechnischen Aufwand, verringert die Anzahl der einzusetzenden Motoren, die dazu notwendigen Steuerungen und die entstehenden Kosten.

15 Bevorzugt ist die Steuerfläche in ihrer Ausrichtung einstellbar, um parallel zur Ebene der Sonnenbahn ausgerichtet zu werden. Durch diese Ausrichtung kann die Spiegeleinheit entsprechend dem Einsatzort an die Sonnenbahn angepasst werden. Dabei gibt die Kurvenbahn die Zuordnung der Bewegung der zweiten Hauptachse B-B' zur ersten Hauptachse A-A' je nach Ort einstellbar vor.

20 Bevorzugt ist die Steuerfläche parallelverschiebbar, um ihre Lage der jahreszeitlichen Höhe der Ebene der Sonnenbahn anzupassen. Durch diese Parallelverschiebbarkeit kann die winklige Ausrichtung der Steuerfläche das ganze Jahr beibehalten werden und die Steuerfläche muss nur von Zeit zu Zeit auf die
25 Sonnenhöhe des jeweiligen Tages eingestellt werden.

Bevorzugt weist die Spiegeleinheit des Heliostaten Spiegelreihen auf, die jeweils aus mehreren planen Einzelspiegeln oder einem gebogenen Spiegelstreifen bestehen, wobei die Spiegelreihen individuell um eine Spiegelreihenachse C-C', die
30 parallel zur zweiten Hauptachse B-B' angeordnet ist, drehbar an der Spiegeleinheit gelagert sind. Dadurch, dass die Spiegelreihen um die Spiegelreihenachse C-C' drehbar gelagert sind, kann ein Fokussierungsfehler der Spiegeleinheit aufgrund der Nachführung im Tagesverlauf ausgeglichen werden und somit kann immer das Maximum an Sonnenstrahlen auf das Ziel reflektiert werden.

Dadurch, dass die erste Hauptachse A-A' stets auf den Brennpunkt der Spiegeleinheit ausgerichtet ist und die einfallenden und reflektierten Strahlen stets in der durch die Symmetrielinie und der Flächennormalen der Spiegeleinheit aufgespannten Fläche liegen, können die Einzelspiegel oder die Spiegelstreifen, die die konzentrierende Spiegeleinheit bilden, und deren individuelle Ausrichtung an der Spiegeleinheit im Tagesverlauf variabel sein kann, um eine parallel zur Symmetrielinie der Spiegeleinheit liegenden Achse fest eingestellt werden. Zum Ausgleich des Fokussierungsfehlers ist nur noch eine Drehung der Einzelspiegel oder Spiegelstreifen um die Spiegelreihenachse C-C' notwendig. Dementsprechend benötigt man zur Steuerung des Schwenkwinkels der Einzelspiegel und Spiegelstreifen nur jeweils einen Antrieb bzw. eine Steuerung, so dass auch hier Steuerungs- und Antriebsaufwand eingespart werden kann und dennoch in jeder Stellung der Spiegeleinheit eine optimale Fokussierung erzielt wird.

Bevorzugt umfasst der Heliostat ein zweites mechanisches Getriebe, wobei die Drehbewegung der Spiegelreihen um die Spiegelreihenachse C-C' mittels eines zweiten mechanischen Getriebes durch die Drehbewegung der Spiegeleinheit um die zweite Hauptachse B-B' definiert wird. Durch die Umsetzung der Bewegung der zweiten Hauptachse B-B' in die einzelnen Drehbewegungen der Spiegelreihen um deren Spiegelreihenachsen C-C' werden die beiden Bewegungen miteinander mechanisch gekoppelt und eine separate Steuerung für die Bewegung jeder einzelnen Spiegelreihe entfällt.

Bevorzugt weist das zweite mechanische Getriebe individuelle Kurvenbahnen zur Ansteuerung der einzelnen Spiegelreihen auf, die bezüglich der zweiten Hauptachse B-B' festgelegt sind und die sich mit der Spiegeleinheit um die erste Hauptachse A-A' mitdrehen. Durch die Kurvenbahnen können die einzelnen Spiegelreihen unabhängig voneinander mechanisch gesteuert drehen, um so im Tagesverlauf eine optimale Fokussierung auf das gewünschte Ziel zu gewährleisten. Durch diese Anordnung sind keine einzelnen Antriebe je Spiegelreihenachse C-C' erforderlich, sodass auch diese Einstellung der Spiegelreihen kostengünstig, robust und dennoch sehr genau ist.

Bevorzugt weist das Heliostat eine Nachführung auf, die im Tagesverlauf ausschließlich durch einen Antrieb der Drehung der Spiegeleinheit um die erste Hauptachse A-A' erfolgt. Durch die mechanische Kopplung insbesondere der Hauptachsen A-A' und B-B' aber auch C-C' kann die Nachführung des Heliostaten über einen einzigen Antriebsmotor erfolgen, der auf die erste Hauptachse A-A' wirkt, die im Betriebszustand räumlich festgelegt ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist ein Grundgerüst des Heliostaten drehbar und/oder schwenkbar gelagert, um unterschiedlich angeordnete Ziele mit einem einzigen Heliostaten anzustrahlen, wobei die Ausrichtung der Steuerfläche des ersten mechanischen Getriebes zur Sonnenbahn für alle unterschiedlichen Ziele beibehalten wird. Damit kann der Heliostat von einem beliebigen Ort aus mehrere im Abstand des Brennpunkts gelegene Ziele bestrahlen. Durch die beliebige Wahl des vom Heliostaten bestrahlten Ziels kann die Umwandlung der Solarenergie in Wärmeenergie direkt am Ort Verbrauchers geschehen und somit fällt kein Energieverlust durch einen Energietransport an. Die Wärme entsteht unmittelbar dort, wo sie benötigt wird, beispielsweise in einem Gebäude oder in einer bestimmten Wohnung eines Gebäudes. Damit ist es möglich für mehrere Gebäude oder mehrere Wohnungen eines Gebäudes nur einen gemeinsamen Heliostaten zu Solarenergiegewinnung zu verwenden.

Bevorzugt weist der Heliostat weiterhin einen Leistungsregelmechanismus auf, bei dem Spiegelreihen einzeln um ihre Spiegelreihenachse C-C' verschwenkbar sind, um die Sonnenstrahlen nicht mehr auf das ursprünglichen Ziel zu fokussieren. Durch diesen Leistungsregelmechanismus ist es möglich die vom Heliostaten reflektierte Sonnenstrahlung schnell zu regeln, ohne dass die Ausrichtung des Heliostaten auf das Ziel verändert werden muss. Dementsprechend kann die Leistung ohne signifikante Verzögerung geregelt werden und es muss keine Neupositionierung des gesamten Heliostaten erfolgen.

30

Insbesondere wird die oben genannte Aufgabe gelöst durch eine Empfangselement zum Empfang und zur Absorption von fokussierten Sonnenstrahlen, aufweisend einen Absorber, einen Einstrahlkanal und ringförmige Reflektionsflächen, die an der Wandung des Einstrahlkanals so angeordnet sind, dass sie vom Absorber

zurückreflektierte Strahlung wieder zum Absorber hin reflektieren. Durch die an der Wandung des Einstrahlkanals angeordneten Reflektionsflächen wird der Anteil der bevorzugt in Wärme umgewandelten Solarenergie optimiert und damit der Wirkungsgrad des Gesamtsystems.

5

Bevorzugt weist das Empfangselement einen Umlenkspiegel im Einstrahlkanal auf, welcher die Sonnenstrahlen in einem zum Einstrahlkanal nach oben abgewinkelten Solarkamin zum Absorber hin leitet. Ein abgewinkelter Einstrahlkanal mit einem Umlenkspiegel und einem nach oben verlaufenden Solarkamin verringert die

10 Wärmeverluste des Absorbers, da im nach oben verlaufenden Teil des Einstrahlkanals nahezu keine Konvektion stattfindet. Weiterhin ist es durch diese Anordnung möglich, unterschiedliche Absorber auf den Einstrahlkanal aufzusetzen, wie beispielsweise Flüssigkeitswärmetauscher, Wärmespeicherelemente, Backöfen, Kachelöfen, Schmelzöfen, etc.

15

Insbesondere wird die oben genannte Aufgabe auch gelöst durch ein System zur Wandlung von Solarenergie in Wärmeenergie aufweisend mindestens einen oben beschriebenen Heliostaten und mindestens ein oben beschriebenes Empfangselement. Dadurch, dass von dem Heliostaten die fokussierten

20 Sonnenstrahlen stets aus der gleichen Richtung einfallen kann das Empfangselement auf diese Einstrahlrichtung optimiert werden. Dadurch ist es möglich, Empfangselemente bereitzustellen deren Absorber tief innerhalb des Empfangselements angeordnet ist, wodurch Wärmeverluste stark minimiert werden. Insbesondere kann die vom Absorber zurückreflektierte Strahlung

25 minimiert werden. Das System aus Heliostat und daran angepasstem Empfangselement hat daher einen wesentlich höheren Wirkungsgrad als konventionelle Heliostatsysteme bei denen mehrere Heliostaten ein gemeinsames Ziel anstrahlen.

30 4. Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung anhand der begleitenden Zeichnungen beschrieben. In denen zeigt:

- Fig. 1: einen Schnitt in Seitenansicht einer dritten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Heliostaten beim Fokussieren von Sonnenstrahlen auf eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Empfangselements;
- 5 Fig. 2: eine dreidimensionale Gesamtansicht einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Heliostaten, mit bezüglich der Spiegeleinheit fixierten Achsen D-D' und nachgeführten Achsen C-C' zum Positionieren von Einzelspiegeln einer Spiegeleinheit;
- 10 Fig. 3: eine dreidimensionale Darstellung der Sonnenbahnen in Mitteleuropa bei der Sommersonnenwende, Wintersonnenwende und Tagundnachtgleiche relativ zur Neigung der Erdachse;
- Fig. 4: eine Seitenansicht des Heliostaten nach Fig. 2, mit Darstellung des
15 Neigungswinkels einer Steuerfläche eines ersten mechanischen Getriebes in Bezug zur Sonnenbahn;
- Fig. 5: eine dreidimensionale Gesamtansicht des Heliostaten nach Fig. 2 von der Rückseite der Spiegeleinheit;
- 20 Fig. 6: eine Seitenansicht des ersten mechanischen Getriebes zur Übertragung der Bewegungen einer ersten Hauptachse A-A' auf eine zweite Hauptachse B-B' des Heliostaten nach Fig. 2;
- 25 Fig. 7 und 8: dreidimensionale Detailansichten des ersten mechanischen Getriebes nach Fig. 6;
- Fig. 9: eine dreidimensionale Darstellung eines Steuerarms, ausgerichtet anhand der Sonnenbahn;
- 30 Fig. 10: dreidimensionale Darstellungen der Steuerfläche und eines entsprechenden Abnehmers des ersten mechanischen Getriebes;

Fig. 11: eine dreidimensionale Darstellung des Heliostaten mit einem zweiten mechanischen Getriebe zur Ansteuerung von einzelnen Spiegelreihen;

5 Fig. 12A-B: eine dreidimensionale Darstellung und eine Seitenansicht einer Kurvenbahn des zweiten mechanischen Getriebes aus Fig. 11;

Fig. 13: eine dreidimensionale Darstellung des zweiten mechanischen Getriebes und der damit angesteuerten Spiegelreihen von der Rückseite der Spiegeleinheit;

10

Fig. 14 und 15: schematische Seitenansichten der Winkelverhältnisse des Fokussiermechanismus des zweiten mechanischen Getriebes;

15 Fig. 16: eine schematische Seitenansicht des Fokussiermechanismus des zweiten mechanischen Getriebes zur Verdeutlichung des Strahlenganges;

Fig. 17: eine Seitenansicht einer zweiten bevorzugten Ausführungsform des Heliostaten mit einer Rotationsachse zur Fokussierung auf unterschiedliche Ziele;

20

Fig. 18: eine Aufsicht auf unterschiedlich positionierte Heliostate der zweiten Ausführungsform mit gemeinsamen Zielpunkt, zur Darstellung der Ausrichtung des ersten mechanischen Getriebes;

25 Fig. 19: eine dreidimensionale Detaildarstellung der zweiten Ausführungsform des Heliostaten;

30 Fig. 20: eine Seitenansicht einer dritten Ausführungsform des Heliostaten, mit einer Rotationsachse und einer dazu senkrechten Schwenkachse, zur Positionierung des Heliostaten auf unterschiedliche Ziele;

Fig. 21A-C: Seitenansichten des Heliostaten der dritten Ausführungsform für verschiedene Schwenkwinkel der Achse J-J';

Fig. 22: eine Seitenansicht des ersten mechanischen Getriebes der dritten Ausführungsform des Heliostaten, insbesondere die Einrichtung zur Parallelverschiebung der Kurvenbahn;

5 Fig. 23: eine dreidimensionale Darstellungsform der Einrichtung zur Parallelverschiebung der Kurvenbahn der dritten Ausführungsform des Heliostaten;

10 Fig. 24: eine Seitenansicht des ersten mechanischen Getriebes der ersten und zweiten Ausführungsform des Heliostaten, insbesondere die Einrichtung zur Parallelverschiebung der Kurvenbahn;

Fig. 25: eine dreidimensionale Darstellung der Spiegelreihen der Spiegeleinheit;

15 Fig. 26: eine Seitenansicht der Spiegelreihen der Spiegeleinheit, mit einzelnen Spiegelreihen im zu- und abgeschalteten Zustand;

Fig. 27 - 29: dreidimensionale Darstellungen eines Leistungsregelmechanismus für Spiegelreihen;

20

Fig. 30: eine Schnittansicht von der Seite einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Empfangselementes;

25 Fig. 31A-C: Schnittansichten eines Solarkamins und eines Absorbers für Flüssigkeiten eines Empfangselementes; und

Fig. 32: eine Schnittansicht von der Seite einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Empfangselementes.

30 5. Bevorzugte Ausführungsformen

Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung anhand der begleitenden Zeichnungen beschrieben. Merkmale einzelner Ausführungsformen lassen sich mit Merkmalen anderer Ausführungsformen kombinieren, auch wenn dies nicht ausdrücklich dargestellt ist.

Die Figur 1 zeigt ein thermisches Solarsystem 100 zur Nutzung von Solarenergie mit einem Heliostaten 1 und einem zugeordneten Empfangselement 3. Hierbei reflektiert und fokussiert der Heliostat 1 über eine reflektierende und gleichzeitig
5 fokussierende Spiegeleinheit 60 Sonnenstrahlen S, 2 auf einen Brennpunkt der sich im Empfangselement 3 befindet. Das Empfangselement 3 ist hierbei derart angeordnet, dass die reflektierten und fokussierten Sonnenstrahlen 2 über einen Umlenkspiegel 21 auf einen Absorber 22 gelenkt werden. Im Absorber 22 findet bevorzugt eine Umwandlung der Solarenergie in Wärme statt.

10

Eine erste Ausführungsform eines fokussierenden Heliostaten 1 zur Nutzung von Solarenergie ist in Fig. 2 dargestellt. Der Heliostat 1 umfasst eine Spiegeleinheit 60 aus einem Raster von kleinen Planspiegeln 7. Die Planspiegel 7 konzentrieren das einfallende parallele Sonnenlicht auf den Brennpunkt im Empfangselement 3.

15

Der Heliostat 1 umfasst weiterhin ein Wippengerüst 5, das um eine Achse A-A' schwenkbar an einem festen Lager dem Grundgerüst 4 befestigt ist. Die Achse A-A' ist auf das Empfangselement 3 ausgerichtet. An dem Wippengerüst 5 ist die Spiegeleinheit 60 befestigt und dreht daher bei einer Drehung um die Achse A-A'
20 mit dem Wippengerüst 5 mit.

Die Spiegeleinheit 60 ist weiterhin um eine Achse B-B' (vgl. Fig. 4 und 5), die senkrecht zur Achse A-A' ausgerichtet ist und bevorzugt die Achse A-A' schneidet, an dem Wippengerüst 5 schwenkbar befestigt. Damit kann die Spiegeleinheit 60
25 als Ganzes bezüglich des Wippengerüsts 5 um die Achse B-B' verschwenken. Die Bewegungen um die Achse A-A' und B-B' ermöglichen es, die Spiegeleinheit 60 als Ganzes im Tagesverlauf auf den unterschiedlichen Sonnenstand auszurichten.

Die einzelnen Planspiegel 7 sind an der Spiegeleinheit 60 schwenkbar um die
30 Spiegelreihenachse C-C' gelagert, um so im Tagesverlauf und im Vergleich zu den anderen Planspiegeln 7 variierende Winkel einzunehmen. Dabei können sich die Winkel zu den Winkeln der gleichen Zeit des Vortags unterscheiden. Mit dieser Einstellmöglichkeit der einzelnen Planspiegel 7 um die Spiegelreihenachse C-C' ist es möglich, eine perfekte Fokussierung der Spiegeleinheit 60 auf den gewünschten

Brennpunkt bei unterschiedlichen Stellungen der Spiegeleinheit 60 als Ganzes zu gewährleisten.

- Der fokussierende Heliostat 1 benutzt zur Nachführung auf den Sonnenstand im Tagesverlauf nur einen einzigen Antrieb zum Drehen des Wippengerüsts 5 um die Achse A-A' und zum gleichzeitigen Kippen des Rahmens 6 der Spiegeleinheit 60 um die Achse B-B' und zum Verschwenken der in Fig. 2 dargestellten Spiegelreihenachsen C-C'.
- Das Empfangselement 3 dient zum Empfang des konzentrierten Lichts mit einem hohen Wirkungsgrad. Es hat daher eine spezielle innere Geometrie. Das Empfangselement 3 hat einen adaptiven, bzw. wechselbaren oberen Teil 27, das mittels unterschiedlicher Absorber 22 auf verschiedene Anwendungsfälle und Wärmeträger (Wasser, Dampf, Gas), oder Wärmespeichermittel (massive Materialien, Stein, Ofenmaterial) angepasst werden kann. Die Temperatur der Absorberfläche kann, entsprechend dem jeweiligen Anwendungsfall, zwischen 50-2000 °C liegen. Aufgrund der speziellen gerichteten Einstrahlung durch einen erfindungsgemäßen Heliostaten 1 kann das Empfangselement 3 entsprechend optimal angepasst ausgeführt werden, was einen sehr hohen thermischen Wirkungsgrad ergibt. Insbesondere ergeben sich vorteilhafte Lichtprojektionsparameter, so dass vom fokussierenden Heliostaten 1 kommende Strahlen nur einen Konuswinkel unter 8-12° zur Grundprojektionsrichtung eines zentralen Referenzspiegels 111 einschließen.
- Diese vorteilhafte Projektionseigenschaft des Heliostaten 1 resultiert darin, dass er sich wie verkleinertes Sonnenkraftwerk verhält. Er projiziert und fokussiert in einem Schritt das auf die Spiegeleinheit 60 fallende Sonnenlicht S und projiziert die Strahlen 2 mit einer Konvergenz von 8-12° auf das Empfangselement 3.
- Das Empfangselement 3 kann weiterhin in Bodennähe oder sogar in den Boden versenkt sein. Ein Empfangselement an der Spitze eines exponierten Turms, wie bei konventionellen Anlagen ist daher nicht notwendig.

Die Gestaltung eines an einem fixen Punkt angeordneten Empfangselement 3 kann erfindungsgemäß räumlich tiefer und komplexer sein und es gibt quasi keine Beschränkung bzgl. Einlassöffnung, Größe, Isoliergrad, etc.. Ein wesentlicher Vorteil des entwickelten thermischen Solarsystems 100 ist es, dass bei weit
5 nördlich liegenden Orten, die niedrige Sonnenstände aufweisen, auch bei niedriger Außentemperatur insgesamt ein hoher Wirkungsgrad erzielt werden kann.

Die Spiegeleinheit 60 des Heliostaten 1 folgt im Tagesverlauf und über die Jahreszeiten der Sonnenbewegung mit Hilfe eines ersten mechanischen Getriebes
10 120, das im Folgenden anhand der Figuren 6 - 10 beschrieben wird. Das erste mechanische Getriebe 120 überträgt die Schwenkbewegung des Wippengerüsts 5 um die Achse A-A' auf die Schwenkbewegung der Spiegeleinheit 60 um die Achse B-B' bezüglich des Wippengerüsts 5.

15 Das Wippengerüst 5 besteht, wie in Fig. 5 dargestellt aus einer Anordnung von miteinander verschweißten Rohren. Das Wippengerüst 5 ist an seiner Unterseite mit zwei Drehlagern versehen, durch dies es an dem Grundgerüst 4 um die Achse A-A' um im Wesentlichen $\pm 90^\circ$ verschwenken kann.

20 Am in Fig. 5 linken Ende des Wippengerüsts 5 befindet sich das erste mechanische Getriebe 120. Kernelement des Getriebes 120 ist eine Steuerfläche 14, welche parallel zur Sonnenbahn ausgerichtet wird und dementsprechend in Neigung und Höhe einstellbar an dem Grundgerüst 4 befestigt ist. Wie in den Figuren 7 - 10 dargestellt, ist die Steuerfläche 14 als ein Steuerring ausgebildet, der parallel zur
25 Sonnenbahn ausgerichtet werden muss. Dazu ist der Steuerring mit Gewindestäben 62 oder anderen in der Länge veränderbaren Bauteilen an einem Trägerelement 16 befestigt. Durch eine Einstellung der Gewindestäbe 62 wird die Steuerfläche 14 je nach Aufstellungsort und Richtung des Ziels parallel zur Sonnenbahn ausgerichtet. Diese parallele Orientierung zur Sonnenbahn muss nur
30 einmal eingestellt werden.

Um die Steuerfläche 14 auf die maximale Sonnenhöhe des jeweiligen Tages einzustellen, ist ihr Trägerelement 16 über eine Parallelogrammlagerung 15, 16 mit vier gleich langen Stangen 15 am Grundgerüst 4 parallelverschieblich gelagert.

Jeden Tag einmal oder alle 2 – 3 Tage soll die Steuerfläche 14 auf eine neue Höhe eingestellt werden, die der jahreszeitlichen Höhe der Ebene der Sonnenbahn entspricht. Dies kann manuell oder auch mittels eines Antriebs mit Hilfe eines Solarsensors oder programmgesteuert erfolgen. Durch die
5 Parallelogrammlagerung 15, 16 wird die parallele Ausrichtung der Steuerfläche 14 zur Sonnenbahn beibehalten.

Die Steuerfläche 14 dient als Laufbahn für ein Wälzrad 13, welches drehbar an einem Bügel 12 gelagert ist, welcher wiederum an einem Steuerarm 11 schwenkbar
10 gelagert ist. Diese in Fig. 10 im Detail dargestellte Lagerungsart stellt sicher, dass das Wälzrad 13 immer im senkrecht auf dem Ring der Steuerfläche 14 abrollt, unabhängig davon in welcher Winkelstellung sich der Steuerarm 11 zur Steuerfläche 14 befindet. Damit kann das Wälzrad 13 die Steuerfläche 14 genau abfahren und der Ablesefehler ist sehr gering. Wie in Fig. 10 dargestellt, kann der
15 Bügel 12 zum Steuerarm 11 an der Sommer- bzw. Wintersonnenwende einen Winkel von $23,5^\circ$ einnehmen.

Der Steuerarm 11 besteht aus einer im Wesentlichen dreieckigen Konstruktion aus Stahlrohren an deren beiden Enden Schiebelager 10 drehbar gelagert sind. Ein
20 drehbares Schiebelager 10 ist exemplarisch in Fig. 6 zusätzlich einzeln dreidimensional dargestellt. Der Steuerarm 11 ist über eine Achse E-E' (vgl. Fig. 4 und 6) schwenkbar an der Spiegeleinheit 60 gelagert und dreht zusammen mit der Spiegeleinheit 60 um die Achse A-A' mit. Dabei rollt das Wälzrad 13 auf der feststehenden Steuerfläche 14 ab und bewegt dadurch den Steuerarm 11.

25 Der Steuerarm 14 überträgt seine Bewegung auf zwei Hebelstangen 9 die längsverschieblich in den beiden Schiebelagern 10 geführt sind. Die Hebelstangen 9 sind wiederum an einer Achse F-F' (vgl. Fig. 4 und 6) verschwenkbar an dem Wippenelement 5 gelagert und über Kurbelstangen 8 mit dem Traggerüst 6 der
30 Spiegeleinheit 60 verbunden.

Das Wälzrad 13 wird mittels Federdruck von zwei beidseitigen Zugfedern (nicht dargestellt), die zwischen den Hebelstangen 9 und dem Wippengerüst 5 angeordnet sind, an die Steuerfläche 14 gezogen.

Mit diesem mechanischen Getriebe 120 wird eine Schwenkbewegung des Wippgerüsts 5 um die Achse A-A' in eine Schwenkbewegung der Spiegeleinheit 60 um die mit dem Wippgerüst 5 mitschwenkende Achse B-B' umgesetzt. Durch die Ausrichtung und Höheneinstellung der Steuerkurve 14 wird dabei erreicht, dass die einfallenden Sonnenstrahlen S, die Flächennormale N der Spiegeleinheit 60 und die reflektierten Strahlen R der auf der Symmetrieachse liegenden Spiegel - beispielsweise des Referenzspiegels 111 - stets in einer Fläche a verlaufen, wie in Fig. 2 dargestellt. Dies hat den steuerungstechnischen Vorteil, dass die einzelnen Planspiegel 7 bei der Nachführung im Tagesverlauf zur optimalen Konzentration der Sonnenstrahlen nur um eine einzige Achse C-C' bezüglich der Spiegeleinheit 60 variiert werden müssen und die voreingestellte Verschwenkung der Planspiegel 7 um die Achse D-D' (vgl. Fig. 2) kann über den Tagesverlauf konstant gehalten werden. In anderen Worten muss die Spiegeleinheit 60 nur einen variablen Fokus parallel zur C-C' Achse aufweisen und der Fokus um eine Achse parallel zur D-D' Achse kann bei der Nachführung im Tagesverlauf konstant bleiben.

Wie in Fig. 4 dargestellt, bildet die Flächennormale N der Spiegeleinheit bevorzugt die Winkelhalbierende zwischen den einfallenden Sonnenstrahlen S und der reflektierten Strahlen R des Referenzspiegels 111. Um die präzise Winkelhalbierung zu verwirklichen sind bevorzugt die in Fig. 24 ersichtlichen geometrischen Verhältnisse erforderlich. Aus Fig. 24 ist ersichtlich, dass die Distanz x der parallel stehenden Achsen E-E' und G-G' sowie der Achsen E-E' und F-F' zueinander gleich ist. Die Position und Distanz der Achsen G-G' und E-E' zueinander ist auch aus Fig. 9 ersichtlich.

Im Falle eines klaren, sonnigen Himmels dreht ein Antriebmotor (nicht dargestellt) das Wippengerüst 5 bei Sonnenaufgang von der in Fig. 2 dargestellten Mittelstellung in die Richtung der Sonne mit einer Drehung um maximal $\pm 90^\circ$ um die Achse A-A'. Anhand von Signalen von auf der Spiegeleinheit 60 angeordneten Solarsensoren (nicht dargestellt) wird der Drehwinkel des Wippengerüsts 5 um die A-A' Achse so eingestellt, dass die Sonnenstrahlen stets in der Fläche a (vgl. Fig. 2) einfallen. Die Fläche a steht somit stets senkrecht zur C-C' Achse, der Schwenkachse der einzelnen Planspiegel 7. Ein Antriebsmotor schwenkt das

Wippengerüst 5 während des Tagesverlaufs kontinuierlich synchron zur Sonne. In Fig. 2 ist die Stellung des Heliostaten 1 zur Mittagszeit dargestellt, in der die Sonne am höchsten Punkt steht und das Wippengerüst 5 sich in der Mittelstellung befindet.

5

Synchron zur Bewegung des Wippengerüsts 5 um die Achse A-A' wird die Spiegeleinheit 60 im Tagesverlauf von dem mechanischen Getriebe 120 um die mitdrehenden Achse B-B' verschwenkt und zwar in der Ansicht der Fig. 4 von der dargestellten Mittelstellung (Mittag) für den Vormittag im Uhrzeigersinn und dann
10 im Tagesverlauf im Gegenuhrzeigersinn zurück. Das Folgen der Sonnenbewegung wird somit dadurch erreicht, dass die Sonnenstrahlen S in der Ebene a der Spiegeleinheit 60 gehalten werden. Der aktuellen Höhe der Sonneneinstrahlung gegenüber der Ebene a wird durch einen variablen Fokus der Spiegeleinheit 60 Rechnung getragen. Hierzu werden im Tagesverlauf die Planspiegel 7 um die
15 Spiegelreihenachse C-C' verschwenkt.

Die Parallelverschiebung der Steuerfläche 14 zur Anpassung an die Sonnenbahnen im Jahresverlauf ist in Fig. 3 bei Sommer- bzw. Wintersonnenwende und für die Tagundnachtgleiche skizziert. Die Winkелеinstellung der Steuerfläche 14 ist vom
20 Breitengrad des Aufstellungsortes und damit dem Winkel der Erdachse an dem Aufstellungsort abhängig. Die Parallelverschiebung der Steuerfläche 14 erfolgt so, dass sich aufgrund einer Mittelpunktsspiegelung durch das erste mechanische Getriebe 120 die Steuerfläche 14 bei der Sommersonnenwende an ihrem unteren Totpunkt, bei Tagundnachtgleiche in der Mittelstellung und bei der
25 Wintersonnenwende am oberen Totpunkt befindet. In der Mittelstellung bei der Tagundnachtgleiche fällt die Steuerfläche 14 bei waagerechten Stand des Wippengerüsts 5 zur Mittagszeit mit der E-E' Achse zusammen.

Die Einstellung des veränderlichen Fokus der Spiegeleinheit 60 im Tagesverlauf
30 erfolgt über ein Verschwenken der einzelnen Spiegelreihen 70 aus Planspiegeln 7 oder je einem gewölbten Spiegelstreifen 72 um jeweils die Achse C-C'. Dieses Verschwenken der Spiegelreihen 70 um die Achse C-C' erfolgt mittels eines zweiten mechanischen Getriebes 130 in Abhängigkeit der Schwenkbewegung der Spiegeleinheit 60 um die Achse B-B'. Durch das zweite mechanische Getriebe 130

werden beispielsweise einzeln elektrisch angetrieben C-C' Achsen der Spiegelreihen 70 und deren Steuerung überflüssig.

5 Eine Ausführungsform eines mechanischen Getriebes 130 ist in den Figuren 11 - 16 dargestellt. Die Spiegelreihen 70 sind an der Spiegeleinheit 60 um je eine Achse C-C' schwenkbar gelagert. Die Spiegelreihen 70 sind unabhängig voneinander verschwenkbar, um einen veränderlichen Fokus der Spiegeleinheit 60 bereitzustellen, der den Abbildungsfehler über den Tagesverlauf minimiert.

10 Wie in Fig. 11 in einer Seitenansicht dargestellt, sind auf der Achse B-B' bezüglich des Wippengerüsts 5 feststehende Kurvenscheiben 31 angebracht. Die Kurvenscheiben 31 drehen daher nicht mit der Spiegeleinheit 60 um die Achse B-B' mit. Auf dem Umfang dieser Kurvenscheiben 31 werden Hebelarme 64 geführt, die jeweils mit einer Spiegelreihe 14 verbunden sind. Durch eine Drehung der
15 Spiegeleinheit 60 um die Achse B-B' gleiten die Hebelarme 64 kontinuierlich auf der entsprechenden bezüglich der Achse B-B' feststehenden Kurvenscheibe 31 und übertragen diese Bewegung auf die Schwenkbewegung der Spiegelreihe 14 um die Achse C-C'. Die freien Enden der Hebelarme 64 werden durch Zugfedern (nicht dargestellt) auf den entsprechenden Steuerkurven der Kurvenscheiben 31 gehalten.

20

Die Form der Steuerkurven der Kurvenscheiben 31 bestimmt sich aus der Länge des entsprechenden Hebelarms 64 und des gewünschten Verschwenkwinkels der Spiegelreihe 14 um die Achse C-C' bei einer vorgegebenen Verschwenkung der Spiegeleinheit um die Achse B-B'. Grundsätzlich gilt, dass die am weitesten von der
25 Schwenkachse B-B' entfernten Spiegelreihen 14 eine größere Verschwenkung erfahren, als die weiter innen gelegenen Spiegelreihen 14. Eine zentral gelegene Spiegelreihe braucht im Tagesverlauf gar nicht oder nur wenig um die Spiegelreihenachse C-C' verschwenkt zu werden.

30 Die sich ergebenden Winkelverhältnisse bei einer Verschwenkung der Spiegeleinheit 60 um die Achse B-B' sind in den Figuren 14 und 15 skizziert. Man erkennt, dass durch die Verschwenkung der Spiegelreihen 14 um die Achse C-C' (Winkel Y_1 und Y_2) trotz unterschiedlicher Neigung der Spiegeleinheit 60 um die Achse B-B'

(Differenzwinkel β_1) die reflektierten Strahlen R sich im gleichen Fokus konzentrieren.

Das Fokussieren der Spiegelreihen 14 benötigt dank des zweiten mechanischen
5 Getriebes 130 keinen gesonderten Energiebedarf. Die Fokussierung erfolgt nach
Installation und Einstellung zudem vollautomatisch und jahreszeitlich unabhängig.
Zusätzlich wird eine perfekte Fokussierung erzielt, ohne dass die Flachspiegel 7 um
eine weitere Spiegelachse (Achse D-D') nachgeführt werden müssen. Dies
verringert den Steuer- bzw. Regelungsaufwand des Gesamtsystems in erheblichem
10 Maße.

Bei der Ausführungsform des Heliostaten 1 der Figuren 4 - 11 lag der Fokus, bzw.
die Richtung des Ziels auf der Achse A-A' die im Wesentlichen waagrecht und
nach Süden ausgerichtet war. Dann zeigt bei kontinuierlicher Fokussierung die
15 Achse H-H' des Steuerarms 11 immer genau in Richtung Sonne (vgl. Fig. 9).

In einer zweiten Ausführungsform des Heliostaten 1 nach den Figuren 17 - 19 kann
die Richtung des Fokus bzw. des Ziels verändert werden. Dabei brauchen keine
weiteren Einstellungen am Heliostaten 1, insbesondere am ersten mechanischen
20 Getriebe 120 vorgenommen werden. In dieser Ausführungsform ist das
Grundgerüst 36, und damit die Achse A-A' in Richtung des Ziels, um die Achse I-I'
verschwenkbar. Dabei bleibt die Fokussierungsfunktion vollständig erhalten.

Das Grundgerüst 36 und die daran befestigte Spiegeleinheit 60 kann über ein
25 vertikales Lager an einer Achse 38 so gedreht werden, dass die Achse A-A' in die
gewünschte Richtung zeigt. Dabei wird jedoch die Position der Steuerfläche 14
bezüglich des Aufstellorts beibehalten. Dies erfolgt dadurch dass, die die
Steuerfläche über die Parallelogrammanordnung 15, 16 und einem Lagerarm 37 an
der Achse 38 gelagert ist, die mit der Erde feststeht und sich nicht mit dem
30 Grundgerüst 36 um die Achse I-I' mitdreht. Damit werden die oben beschriebenen
Winkelverhältnisse bezüglich der Fläche a der Spiegeleinheit ebenfalls eingehalten.

Dies wird dadurch erreicht, dass die Achse I-I' so gewählt wird, dass sie den
gemeinsamen Kreuzungspunkt der Achsen A-A', E-E', H-H' schneidet.

Weitere Anpassungen des ersten mechanischen Getriebes 120 sind nicht notwendig. Die übrigen Komponenten des Heliostaten 1 entsprechen jenen der oben beschriebenen ersten Ausführungsform.

5

Im Laufe einer ununterbrochenen Sonnennachführung kann die Projektionsrichtung des Heliostaten 1 um die Achse I-I' gedreht werden. Wie in den Figuren 18 und 19 dargestellt, verbleibt die Steuerfläche 14 jedoch in festem Abstand und fester Richtung bezüglich des gemeinsamen Kreuzungspunkts der
10 Achsen A-A', E-E', H-H' und I-I'. Dementsprechend ist eine optimale Nachführung der Spiegeleinheit 60 um die Achsen A-A', B-B' und C-C' erhalten.

Wie in der ersten Ausführungsform wird mittels eines Solarfühlers (nicht dargestellt) auf der Spiegeleinheit 60 die Achse A-A' gesteuert angetrieben, so dass
15 die Achse H-H' des Steuerarmes 11 ständig in Richtung Sonne zeigt. Bei einer Drehung der Anlage um die Achse I-I', wird die Achse H-H' des Steuerarms 11 in geringem Maß bezüglich der in Lage und Position verbleibenden Steuerfläche 14 verdreht. Weil aber die Abbildung nur dann erfolgt, wenn die Achse H-H' in auf die Sonne ausgerichtet ist, wird das Wippengerüst 5 bezüglich der Achse A-A' etwas
20 nachjustiert. Die Nachkorrektur um die Achse A-A' kann automatisch erfolgen, weil diese Nachkorrektur der üblichen Sonnenverfolgung der Spiegeleinheit 60 entspricht. D.h. die Solarfühler, die die Bewegung der Anlage steuern, können diese Korrektur bezüglich der Umdrehung um die Achse A-A' ebenfalls automatisch durchführen. Dementsprechend sind für die Nachkorrektur keine
25 zusätzlichen Einrichtungen erforderlich.

Fig. 18 verdeutlicht, dass mit der zweiten Ausführungsform des Heliostaten 1 unterschiedlich angeordnete Ziele beleuchtet werden können. Dabei dreht das Wippengerüst 5 um die Achse I-I' in die gewünschte Richtung (Achse A-A'), wobei
30 die Steuerfläche 14 feststeht und bezüglich der Sonne ausgerichtet bleibt. Damit können mit einem einzigen Heliostaten 1 voneinander verschiedene Ziele angestrahlt werden, die in einer Ebene angeordnet sind. Daneben ist es auch möglich, wie dargestellt, mit mehreren baugleichen Heliostaten 1 ein gemeinsames Ziel anzustrahlen.

In den Figuren 20 - 24 und in Fig. 1 ist eine dritte Ausführungsform eines Heliostaten 1 dargestellt, bei dem die Projektionsrichtung um zwei Achsen einstellbar ist. Damit ist es möglich, mit einem Heliostaten 1 unterschiedlich
5 angeordnete Ziele zu beleuchten, die nicht in einer Ebene angeordnet sein müssen. Beispielsweise können mit einem Heliostaten 1 Empfangselemente 3 einzelner Wohnungen eines mehrstöckigen Gebäudes bestrahlt werden.

In Fig. 20 ist eine geschnittene Seitenansicht des um zwei Achsen schwenkbaren
10 Heliostaten 1 dargestellt. Das Grundgerüst 36 kann in dieser Ausführungsform um eine im Wesentlichen vertikale Achse I-I' gedreht werden und um eine dazu senkrecht angeordnete horizontale Achse J-J' verschwenkt werden. Hierbei wird die Lagerung 39 der Achse I-I' an einem Lager 39 schwenkbar gelagert. Somit ist es möglich, die Achse A-A' des Wippengerüst 5 auf beliebige unterschiedliche Ziele
15 auszurichten, auch übereinander angeordnete Ziele.

Wie bei der zweiten Ausführungsform muss auch hier die Steuerfläche (14) bezüglich Position und Richtung an die Sonnenbahn ausgerichtet sein. Weiterhin wird die Steuerfläche 14 wiederum im gemeinsamen Kreuzungspunkt der Achsen
20 A-A', E-E', H-H' und I-I' gehalten. Wenn das Grundgerüst 36 um die Achse J-J' verschwenkt wird, wie in den Figuren 21A - 21C dargestellt, wird die Steuerfläche 14 mitbewegt. Dabei stellt eine Parallelogrammmechanik aus schwenkbar miteinander verbunden Haltestabpaaren 41, 44 und 45 sicher, dass die Ausrichtung der Steuerfläche 14 auf die Sonnenbahn beibehalten wird.

25

Wie in Fig. 22 dargestellt, ist die Steuerfläche 14 wiederum über eine Parallelogrammanordnung 15, 16 parallel verschieblich gelagert. Die Parallelogrammanordnung 15, 16 ist über einen Haltebogen 42 mit einem Lagerarm 37 verbunden, der an der Achse 39 gelagert ist, die mit dem Grundgerüst
30 36 um die Achse J-J' verschwenken kann, sich jedoch nicht mit dem Grundgerüst 36 um die Achse I-I' mitdreht. Durch den Haltebogen 42 ist es möglich, dass die Steuerfläche 14 ihre Ausrichtung zur Sonnenbahn beibehält, obwohl das Grundgerüst 36 des Heliostaten 1 sich bezüglich der Achse J-J' verschwenkt.

Dabei ist, die in Fig. 20 linksseitige Lagerung 43 der Parallelogrammanordnung 15, 16 in dem Haltebogen 42 verschieblich gelagert und kann von einem oberen Haltestabpaar 45 bezüglich des Haltebogens 42 in gebogenen Lagernuten 66 (vgl. Fig. 23) verschoben werden. Hierzu ist der Hebel 45 mit der Lagerung 43 um eine
5 Achse M-M' verschwenkbar verbunden.

Das obere Haltestabpaar 45 ist an seinen unteren Enden schwenkbar jeweils mit einem mittleren Haltestabpaar 44 verbunden, das in seiner Mitte über ein Lager um die Achse K-K' schwenkbar mit der Achse 39 verbunden ist. An seinen zweiten
10 Enden ist das mittlere Haltestabpaar 44 mit einem unteren Haltestabpaar 41 verbunden, das parallel zur Achse 39 schwenkbar an einer ortsfesten Lagerung 40 gelagert ist.

Der konstante Abstand zwischen den Achsen L-L' und M-M' des ersten Hebels 45
15 entspricht dem konstanten Abstand zwischen den Achsen K-K' und E-E'. Der konstante Abstand zwischen den Achsen K-K' und E-E' wird in der waagerechten Mittelstellung des Wippengerüsts 5 durch eine Verbindung mit entsprechend dimensionierten steifen Teilen des Grundgerüsts 36 und des Wippengerüsts 5 sichergestellt.

20

Die Achsen J-J', K-K' und E-E' sind zueinander parallel und jede von ihnen steht senkrecht auf der Achse I-I'. Der Abstand zwischen den Achsen K-K' und L-L' entspricht dem Abstand zwischen den Achsen E-E' und M-M'. Die Achsen J-J', K-K', E-E', L-L' und M-M' sind in jeder Stellung parallel zueinander. Der
25 Abstand zwischen den Achsen K-K' und L-L' entspricht dem Abstand zwischen den Achsen L-L' und M-M'.

Bei einer Verschwenkung des Heliostaten 1 um die Achse J-J', nehmen die Längsachsen des unteren Haltestabpaares 41 und des oberen Haltestabpaares 45
30 eine stets parallele Stellung zur Achse I-I' ein. Die Längsachse des mittleren Haltestabpaares 44 bleibt immer in einer waagerechten Lage. Im Laufe der Drehung um die Achse J-J', bleiben die Achsen K-K' und L-L' immer in der selben Höhe zueinander, genau wie die Achsen M-M' und E-E'.

Bei einer Drehung um die Achse J–J' werden vier Wellenzapfen 68 der Lagerung 43 in den bogenförmigen Nuten 66 des Haltebogens 42 verschoben. Wie in Fig. 23 dargestellt, entspricht die Lage und der Kreisbogen der bogenförmigen Nuten 66 des Haltebogens 42 einem Kreisbogen um die Achse E–E'. Der Radius des

5 Kreisbogens entspricht dem Abstand zwischen den Wellenzapfen 68 und der Achse E–E'.

Die Wellenzapfen 68 der Lagerung 43 werden somit in den bogenförmigen Nuten 66 des Haltebogens 42 durch die Bewegung des Halterstabpaares 45 so

10 verschoben, als wenn sie auf der Achse E – E' drehbar befestigt wären. In der Steuerung entsteht somit kein Winkelfehler. Die Projektionsrichtung stimmt bei einer Drehung des Heliostaten 1 um die Achse J–J' stets mit der Richtung der Achse A–A' überein.

15 Wird nun der Heliostat 1, wie in Fig. 21A dargestellt, aus seiner senkrechten Stellung der Fig. 21B im Gegenuhrzeigersinn um die Achse J–J' verschwenkt (z.B. Winkel 98°), dann schiebt der Hebel 45 die Lagerung 43 bezüglich des Haltebogens 42 in den gebogenen Nuten 66 nach oben, so dass die Ausrichtung der Steuerfläche 14 zur Sonnenbahn beibehalten wird.

20 Wird der Heliostat 1 wie in Fig. 21C dargestellt aus seiner senkrechten Stellung der Fig. 21B im Uhrzeigersinn um die Achse J–J' verschwenkt (z.B. Winkel 82°), dann zieht der Hebel 45 die Lagerung 43 bezüglich des Haltebogens 42 in den gebogenen Nuten 66 nach unten, so dass die Ausrichtung der Steuerfläche 14 zur

25 Sonnenbahn wiederum beibehalten wird.

Es ist aus Fig. 22 gut ersichtlich, dass die Winkelstellung der Steuerfläche 14 unverändert bleibt, und von der Richtung der Achse I–I' der Anlage unabhängig ist. Es ist außerdem ersichtlich, dass folglich auch die Richtung der Achse H–H'

30 ständig zur Sonne ausgerichtet bleibt. Bei dieser Drehung der Anlage um die Achse J–J' braucht daher keine Nachstellung der Spiegeleinheit 60 durchgeführt werden, weil das erste mechanische Getriebe 120 diese Bewegung kompensiert und die Steuerfläche 14 in der richtigen Position hält.

Weitere Anpassungen des ersten mechanischen Getriebes 120 der dritten Ausführungsform sind nicht notwendig. Die übrigen Komponenten des Heliostaten 1 entsprechen jenen der oben beschriebenen Ausführungsformen.

- 5 In einer weiteren, in Fig. 25 dargestellten Ausführungsform werden die in Fig. 2 dargestellten Flachspiegel 7 der Spiegelreihen 70 durch spezielle für jede Spiegelreihe 70 vorgesehene gebogene reflektierende Metallblechbänder 72 ersetzt. Ihre Krümmung entspricht der durchschnittlichen Fokaldistanz. Die Verwendung der Metallblechbänder 72 verbessert den Wirkungsgrad der Fokussierung. Die
- 10 Metallblechbänder 72 haben je nach Spiegelreihe 70 eine unterschiedliche Krümmung und werden wie die Flachspiegel 7 auf Spiegelreihenachsen C-C' mittels einer Achse 17 an der Spiegeleinheit 60 gelagert.

- In einer weiteren Ausführungsform, die in den Figuren 26 - 29 dargestellt ist, kann
- 15 das Heliostat 1 eine Leistungsregelung durch ein- und ausschalten der Spiegelreihen 70 durchführen. Dementsprechend kann das Heliostat 1 schnell auf die aktuell benötigte Wärme- oder Lichtmenge eingestellt werden ohne die Fokussierungsrichtung der Spiegeleinheit 60 zu verändern.

- 20 Durch Verstellen eines Hebelsystems kann die Leistung des Heliostaten 1 stufenweise von 100% bis sogar 0% reduziert werden, was durch einen Leistungsregelmechanismus ermöglicht wird.

- Der Leistungsregelmechanismus umfasst Wipparme 52 für jede Spiegelreihe 60.
- 25 Die Wipparme 52 sind auf den Achsen 17 der auf der Spiegeleinheit 60 befestigten Spiegelreihen 70 drehbar gelagert. Ein Verbindungsstab 51 ist mit den Wipparmen 52 drehbar verbunden und verbindet die Wipparme 52 und zugleich die Spiegelreihen 60 miteinander. Der Hebelarm 64 ist im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Ausführungsformen drehbar auf die Achse 17 der Spiegelreihe 70
- 30 befestigt. Der Leistungsregelmechanismus kann mit einem Hauptbewegungsarm 57 angetrieben werden, um Spiegelreihen 70 um die Achse C-C' so zu verschwenken, dass sie das einfallende Sonnenlicht nicht mehr in Richtung Ziel fokussieren.

Wie in den Figuren 28 und 29 zu sehen, ist an jeder Achse 17 ein T-förmiger Halter 54 drehfest befestigt, über den die Schwenkbewegung auf die Spiegelreihe 70 eingeleitet wird. In den Halter 54 sind zwei Stellschrauben 56 eingeschraubt, mit denen das Verkippen der Spiegelreihe 70 feinjustiert werden kann.

5

In Fig. 29 ist der normale Betriebszustand dargestellt. Hier wird der Halter 54 über eine Schaltfläche 55 des Hebelarms 64 bewegt, die an der rechten Stellschraube 56 ansteht. Die Spiegelreihe 70 wird zu diesem Zweck mittels einer Feder (nicht dargestellt) in den Figuren 28 und 29 im Uhrzeigersinn gespannt.

10 Dementsprechend liegt die Stellschraube 56 des Halters 54 an der Schaltfläche 55 an und die Spiegelreihe 70 kann entsprechend der Stellung des Hebelarms 64 wie oben im Detail beschrieben um die Achse C-C' auf das Ziel fokussiert werden.

15 In Fig. 29 ist der Zustand dargestellt, bei dem die Spiegelreihe 70 aus dem Fokus herausgedreht wurde. Durch eine Verschwenkung des Hauptbewegungsarms 57 nach unten (vgl. Fig. 26) wird der Verbindungsstab 51 nach unten bewegt und die Wipparme 52 nach unten verschwenkt. Dementsprechend berührt nun die Schaltfläche 53 des Wipparms die linke Einstellschraube 56 des Halters 56 und verdreht die Achse 17 im Gegenuhrzeigersinn um die Achse C-C'. Dadurch wird
20 auch die Spiegelreihe 70 im Gegenuhrzeigersinn aus dem Fokus herausgedreht. Dieser Zustand ist für die obersten drei Spiegelreihen 70 in Fig. 26 dargestellt. Die auf diese Spiegelreihen 70 einfallenden Sonnenstrahlen werden nicht zum Ziel reflektiert und somit verringert sich die Leistung des Heliostaten 1.

25 Ein wesentlicher Vorteil des Leistungsregelmechanismus ist es, dass das Wippengerüst 5 und die Spiegeleinheit 60 in der eingestellten Sonnenfolgeposition verbleiben, auch während einzelne oder alle Spiegelreihen 70 ausgeschaltet werden. Dadurch kann die volle Leistung des Heliostaten 1 ohne Verzögerung wieder zugeschaltet werden. Der fokussierende Heliostat 1 kann durch diesen
30 Mechanismus schnell und sicher ein- und ausgeschaltet, sowie für jede Teilbelastung eingestellt werden.

Die Komponenten des Empfanglements 3 sind im Detail in den Figuren 30 - 32 dargestellt. Ein trichterförmiger Einstrahlkanal 25 lässt das einfallende Licht ins

Empfangelement 3 einfallen. Ein flacher Umlenkspiegel 21 befindet sich in dem Einstrahlkanal 25, der das vorkonzentrierte Licht vor der Fokusdistanz in einen nach oben verlaufenden Solarkamin 24 hochreflektiert. Das einfallende Licht wird im oberen Teil des Solarkamins 24, immer dichter und konzentrierter und erreicht
5 im Bereich eines Schulterteils 28 seinen Fokus.

Oben am Solarkamin 24 befindet sich das eingeschnürte Schulterteil 28, das sich nach oben wieder tellerförmig erweitert. Im Bereich des Fokus selbst ist ein Absorber 22 angeordnet. In der in den Figuren 30 und 31A - 31C dargestellten
10 Ausführungsform ist der Absorber 22 ein hohlkörperförmiger RohrabSORber zur Erwärmung von Flüssigkeiten. Bevorzugt hat der RohrabSORber die Form eines Bienenkorbs. Wie in Fig. 32 dargestellt, kann der Absorber 22 auch aus einem gemauerten Ofen 29, 30 oder sonstigen Wärmespeichermitteln bestehen.

15 Die inneren Oberflächen des Solarkamins 24 sind verspiegelt. Die Absorberfläche 22 befindet sich am höchsten Punkt des Solarkamins 24, wodurch dieser nach oben hin geschlossen wird. Das konzentrierte Licht kommt durch das Schulterteil 28 hindurch und wird im Absorber 22 zu 93-95% absorbiert. Nur 5-7% des Lichts werden reflektiert.

20

Ein kleiner Teil der Sonnenstrahlen (5-7%) wird von der Fläche des Absorbers 22 reflektiert und zwar teilweise wieder auf die Fläche des Absorbers 22 und teilweise auf die speziell gestalteten inneren Spiegelflächen des Solarkamins 24, von wo die Mehrheit der Sonnenstrahlen wieder auf die Absorberfläche 22 reflektiert wird.

25 Nur ein kleiner Teil des Lichtes wird durch das Schulterteil 28 des Solarkamins 24 zurückgeworfen, welches die einzige Ausstrahlrichtung darstellt.

Unter dem Schulterteil 28 befinden sich eine Anzahl ringförmigen Spiegelflächen 23 die einen Teil der vom Absorber 22 zurückreflektierten Sonnenstrahlen wieder
30 hin zur Absorberfläche 22 reflektieren.

Die Fig. 31A zeigt die möglichen Licht- bzw. Strahlungsrichtungen für die Zurückreflektion vom Mittelpunkt und Fig. 31B von einem allgemeinen Punkt des Absorbers 22 aus. Die Mehrheit des von einem beliebigen Punkt des Absorbers 22

zurückreflektierten Lichts wird entweder wieder unmittelbar auf die Fläche des Absorbers 22 gelenkt oder von den inneren Spiegelflächen 23 auf den Absorber 22 zurückgeworfen.

- 5 Innerhalb des Kegelwinkels X und außerhalb des Kegelwinkels Y liegende, in ringförmiger Richtung zurückgeworfene Sonnenstrahlen werden von den Spiegelflächen 23 nach einer oder nach mehreren Spiegelungen wieder auf die Absorberfläche 22 zurückreflektiert. Innerhalb des Kegelwinkels Y liegende Strahlen treffen auf den Umlenkspiegel 21 und verlassen das Empfangselement 3.

10

Durch das dargestellte Empfangselement 3 treten nur 3-5% des vom Absorber 22 zurückgeworfenen Lichts, das nur 5-7% der Gesamteinstrahlung ausmacht, aus dem Empfangselement 3 wieder aus. Dies bedeutet, dass nur ein sehr geringer Teil (beispielsweise max. 0,35%) der einfallenden Gesamtstrahlung verloren geht.

15

Der Wärmeverlust wird zudem durch den kaminförmigen, geschlossenen Aufbau des Solarkamins 24 minimiert, da dieser Aufbau die innere Luftzirkulation reduziert. Dabei stimmt die Schichtung der Lufttemperatur im Innern des Solarkamins 24 mit der Wärmeschichtung der am höchsten Punkt befindlichen

20 Wärmquelle (dem Absorber 22) überein. In der unmittelbaren Nähe des am höchsten Punkt gelegenen Absorbers 22 ist die Lufttemperatur am höchsten, so dass die Wärmeabgabe bzw. der Wärmeverlust des Absorbers 22 minimiert wird.

Im Solarkamin 24 abwärts wird die Lufttemperatur rasch kleiner.

- 25 Dementsprechend wird der konvektive Temperaturverlust auch in Richtung des Einstrahlkanals 25 des Empfangselements 3 minimiert.

Da das Empfangselement sich an einem festen Ort befindet, ist die Dicke der Isolierung um den Absorber 22 und um den Solarkamin 24 nicht beschränkt.

- 30 Bevorzugt hat das Empfangselement 3 ein sehr gut isoliertes Gehäuse 26, 27. Der Wärmeverlust durch die Isolierung ist daher durch eine entsprechende Isolierung oder durch ein wetterbeständiges Gehäuse vollkommen reduzierbar.

Das Empfangselement 3 ist in der Hinsicht adaptiv, dass der Absorber 22 wechselbar ist. Es ist daher einfach zu produzieren, umzubauen, zu liefern und zu montieren.

- 5 Die Geometrie des Empfangselements 3 zielt darauf ab eine quasi perfekte Licht- und Temperaturfalle zu bilden. Mit der speziellen geometrischen Gestaltung und mit Spiegelflächen 23 von entsprechender Qualität kann das konzentrierte Licht den Absorber oder einen Ofen abhängig von der Konzentration des Lichtes bei minimalem Temperaturverlust bis auf 2000°C hochheizen. Das Empfangselement
10 3 kann also auch als speziell ausgebauter Backofen, Schmelzofen, Brennofen oder ähnliches eingesetzt werden.

- Im Fall der Verwendung als Ofen kann sowohl eine innere als auch eine äußere Beheizung verwirklicht werden. Figur 32 zeigt eine Version einer inneren
15 Beheizung, wobei die Sonnenstrahlung unmittelbar auf die innere Wand 29 des Ofens auftrifft. So kann der Ofen am schnellsten, bei niedrigstem Verlust, direkt beheizt werden.

- Durch die Erwärmung des Materials 29, 30, das die Wand des Ofens bildet, kann
20 der Ofen ohne ständige Einstrahlung ständig auf einer eher niedrigen Temperatur gehalten werden. Öfen hingegen, die eine Temperatur nahe 1000°C benötigen, brauchen eine ständige Lichteinstrahlung.

- Das Empfangselement 3 kann mit beliebigen Wärmeträgern arbeiten, die den
25 Wirkungsgrad des Empfangselements 3 erhalten. Das Empfangselement 3 kann unmittelbar auf Bodenniveau (innen oder außen) oder sogar unter der Erde angeordnet werden. Eine innere oder die unterirdische Platzierung des Empfangselements 3 verlängert dessen Lebensdauer, da die typischen Witterungseinflüsse der Umwelt wie UV Strahlung, Frost, Regen, Tau nicht so
30 intensiv auf das Empfangselement 3 einwirken können. Zudem kann hierbei der Wärmeträger leicht frostsicher gehalten werden.

Patentansprüche

1. Heliostat (1) aufweisend:

5

a) eine Spiegeleinheit (60), zur Reflektion und Fokussierung von Sonnenstrahlen (S) auf ein Ziel (3);

10

b) wobei die Spiegeleinheit (60) um eine erste Hauptachse (A-A') drehbar gelagert ist, die stets in Richtung des Ziels (3) ausgerichtet ist; und

15

c) wobei die Spiegeleinheit (60) um eine zweite Hauptachse (B-B') drehbar gelagert ist, die senkrecht zur ersten Hauptachse (A-A') und senkrecht zur Flächennormalen (N) der Spiegeleinheit (60) angeordnet ist und mit der Spiegeleinheit (60) um die erste Hauptachse (A-A') mitdreht; wobei

20

d) die Drehbewegung der Spiegeleinheit (60) um die zweite Hauptachse (B-B') mittels eines ersten mechanischen Getriebes (120) durch die Drehbewegung der Spiegeleinheit (60) um die erste Hauptachse (A-A') bewirkt wird.

25

2. Heliostat gemäß Anspruch 1, wobei die erste Hauptachse (A-A') so angeordnet ist, dass bei einer Drehung der Spiegeleinheit (60) um die erste Hauptachse (A-A') Sonnenstrahlen (S), die auf eine Symmetrielinie (L) der Spiegeleinheit (60), die senkrecht zur zweiten Hauptachse (B-B') verläuft, einfallen und von dort reflektiert werden, stets in einer Fläche (a) liegen, die von der Symmetrielinie (L) und von der Flächennormalen (N) der Spiegeleinheit (60) aufgespannt wird.

30

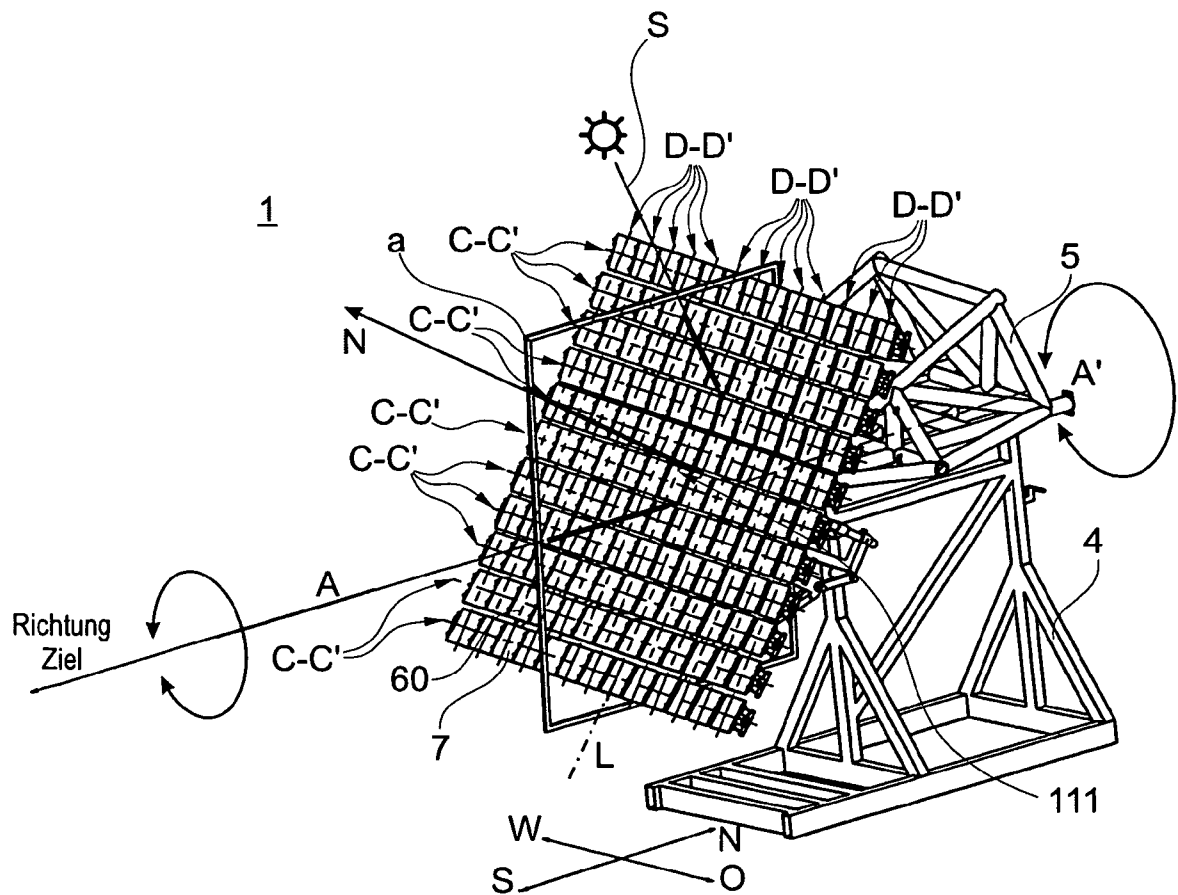
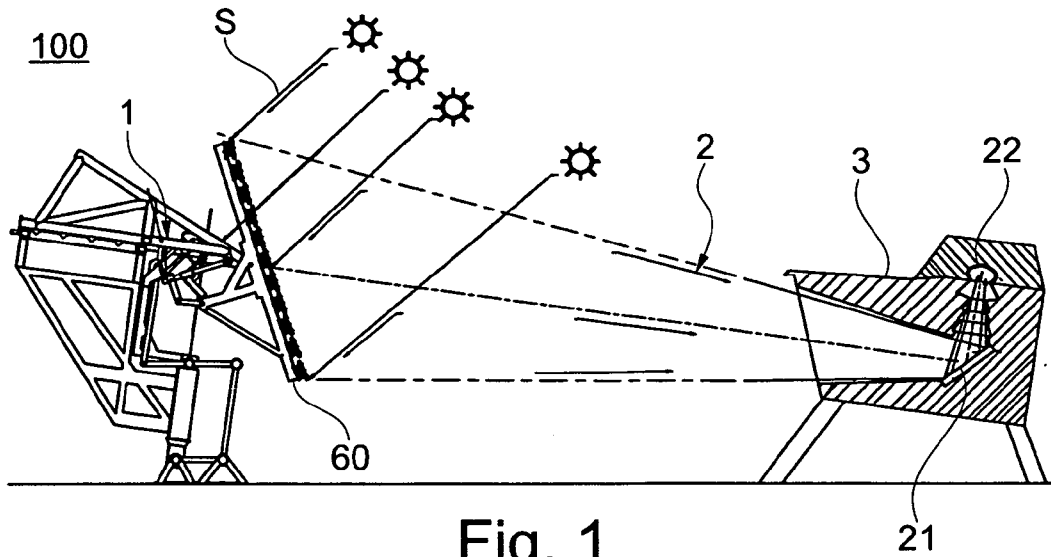
3. Heliostat gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei das erste mechanische Getriebe (120) eine bezüglich der ersten Hauptachse (A-A') festgelegte Steuerfläche (14) aufweist, die ein an der Spiegeleinheit (60) angelenkter Abnehmer (11, 12 13) abgreift, um
5 mechanisch die Drehung der Spiegeleinheit (60) um die zweite Hauptachse (B-B') zu bewirken.
4. Heliostat gemäß Anspruch 3, wobei die Steuerfläche (14) in ihrer Ausrichtung einstellbar ist, um parallel zur Ebene der Sonnenbahn
10 ausgerichtet zu werden.
5. Heliostat gemäß einem der Ansprüche 3 - 4, wobei die Steuerfläche (14) parallelverschiebbar ist, um ihre Lage der jahreszeitlichen Höhe der Ebene der Sonnenbahn anzupassen.
15
6. Heliostat gemäß einem der Ansprüche 1 - 5, wobei die Spiegeleinheit (60) Spiegelreihen (70) aufweist, die jeweils aus mehreren planen Einzelspiegeln (7) oder einem gebogenen Spiegelstreifen (72) bestehen, wobei die Spiegelreihen (70) individuell um eine
20 Spiegelreihenachse (C-C'), die parallel zur zweiten Hauptachse (B-B') angeordnet ist, drehbar an der Spiegeleinheit (60) gelagert sind.
7. Heliostat gemäß Anspruch 6, wobei die Drehbewegung der Spiegelreihen (70) um die Spiegelreihenachse (C-C') mittels eines
25 zweiten mechanischen Getriebes (130) durch die Drehbewegung der Spiegeleinheit (60) um die zweite Hauptachse (B-B') definiert wird.
8. Heliostat gemäß Anspruch 7, wobei das zweite mechanische Getriebe (130) individuelle Kurvenbahnen (31) zur Ansteuerung der einzelnen
30 Spiegelreihen (70) aufweist, die bezüglich der zweiten Hauptachse

(B-B') festgelegt sind und die sich mit der Spiegeleinheit (60) um die erste Hauptachse (A-A') mitdrehen.

9. Heliostat gemäß einem der Ansprüche 1 - 8, wobei die Nachführung
5 des Heliostaten (1) im Tagesverlauf ausschließlich durch einen Antrieb der Drehung der Spiegeleinheit (60) um die erste Hauptachse (A-A') erfolgt.
10. Heliostat gemäß Anspruch 9, weiterhin aufweisend ein Wippgerüst
10 (5) welches die Drehung der Spiegeleinheit (60) um die erste Hauptachse (A-A') ausführt.
11. Heliostat gemäß einem der Ansprüche 1 - 10, wobei ein Grundgerüst
15 (36) des Heliostaten (1) drehbar und/oder schwenkbar gelagert ist, um unterschiedlich angeordnete Ziele mit einem einzigen Heliostaten (1) anzustrahlen, wobei die Ausrichtung der Steuerfläche (14) des ersten mechanischen Getriebes (120) zur Sonnenbahn für alle unterschiedlichen Ziele beibehalten wird.
- 20 12. Heliostat gemäß einem der Ansprüche 6 - 11, weiterhin aufweisend einen Leistungsregelmechanismus, bei dem Spiegelreihen (70) einzeln um ihre Spiegelreihenachse (C-C') verschwenkbar sind, um die Sonnenstrahlen (S) nicht mehr auf das ursprüngliche Ziel (3) zu fokussieren.
- 25 13. Empfangselement (3) zum Empfang und zur Absorption von fokussierten Sonnenstrahlen (2), aufweisend:
- a) einen Absorber (22, 29);
- 30 b) einen Einstrahlkanal (25); und

- 5 c) ringförmige Reflektionsflächen (23), die an der Wandung des Einstrahlkanals (25) so angeordnet sind, dass sie vom Absorber (22, 29) zurückreflektierte Strahlung wieder zum Absorber (22, 29) hin reflektieren.
- 10 14. Empfangselement (3) gemäß Anspruch 13, weiterhin aufweisend einen Umlenkspiegel (21) im Einstrahlkanal (25), welcher die Sonnenstrahlen in einem zum Einstrahlkanal (25) nach oben abgewinkelten Solarkamin (24) zum Absorber (22, 29) hin leitet.
- 15 15. System (100) zur Wandlung von Solarenergie in Wärmeenergie aufweisend mindestens einen Heliostaten (1) gemäß einem der Ansprüche 1-12 und mindestens ein Empfangselement (3) gemäß einem der Ansprüche 13 oder 14.

1/19



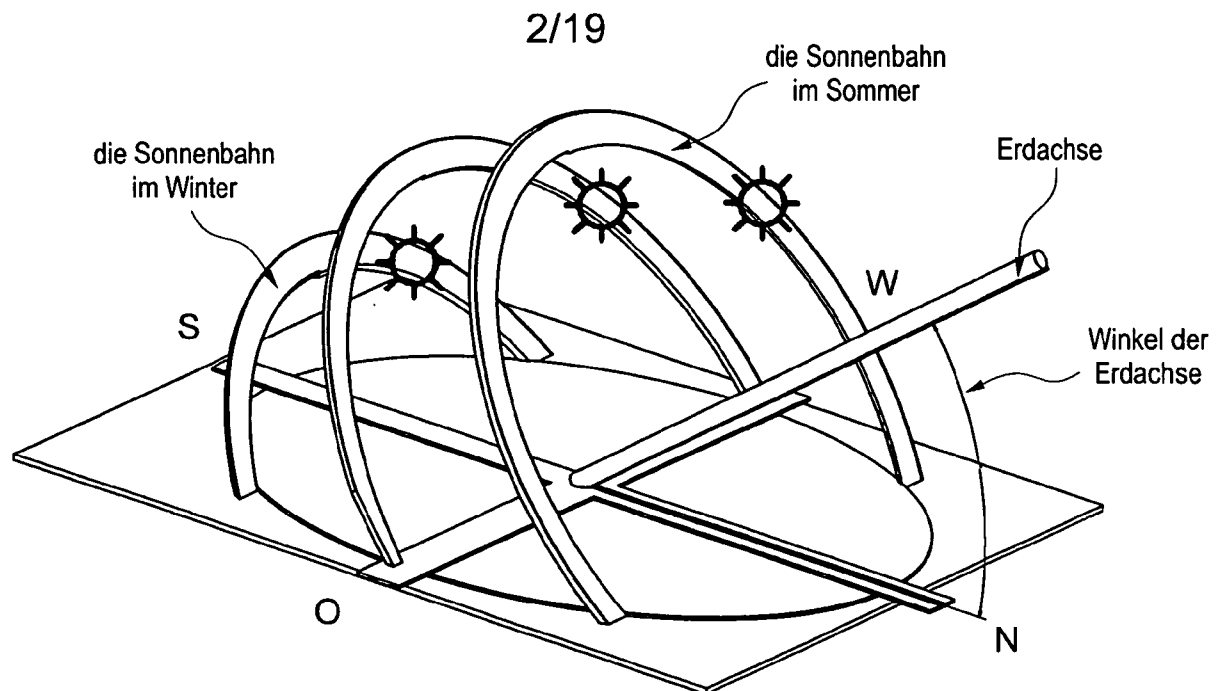


Fig. 3

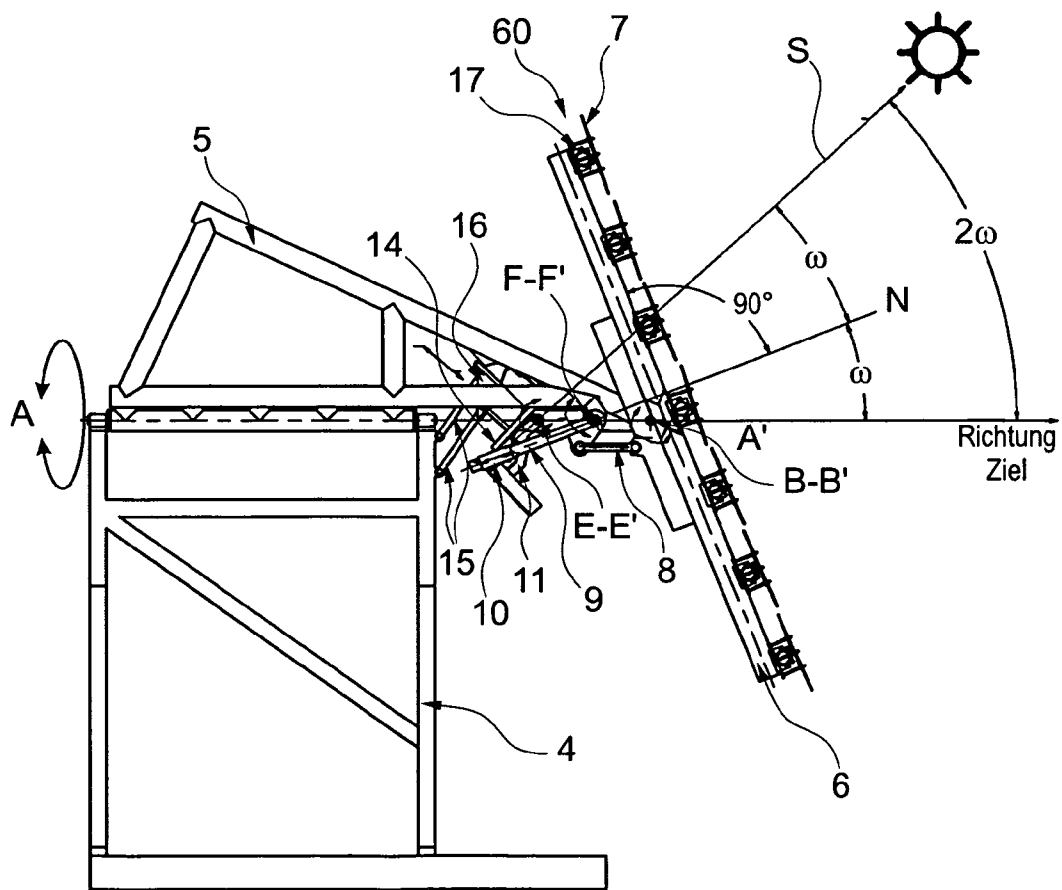


Fig. 4

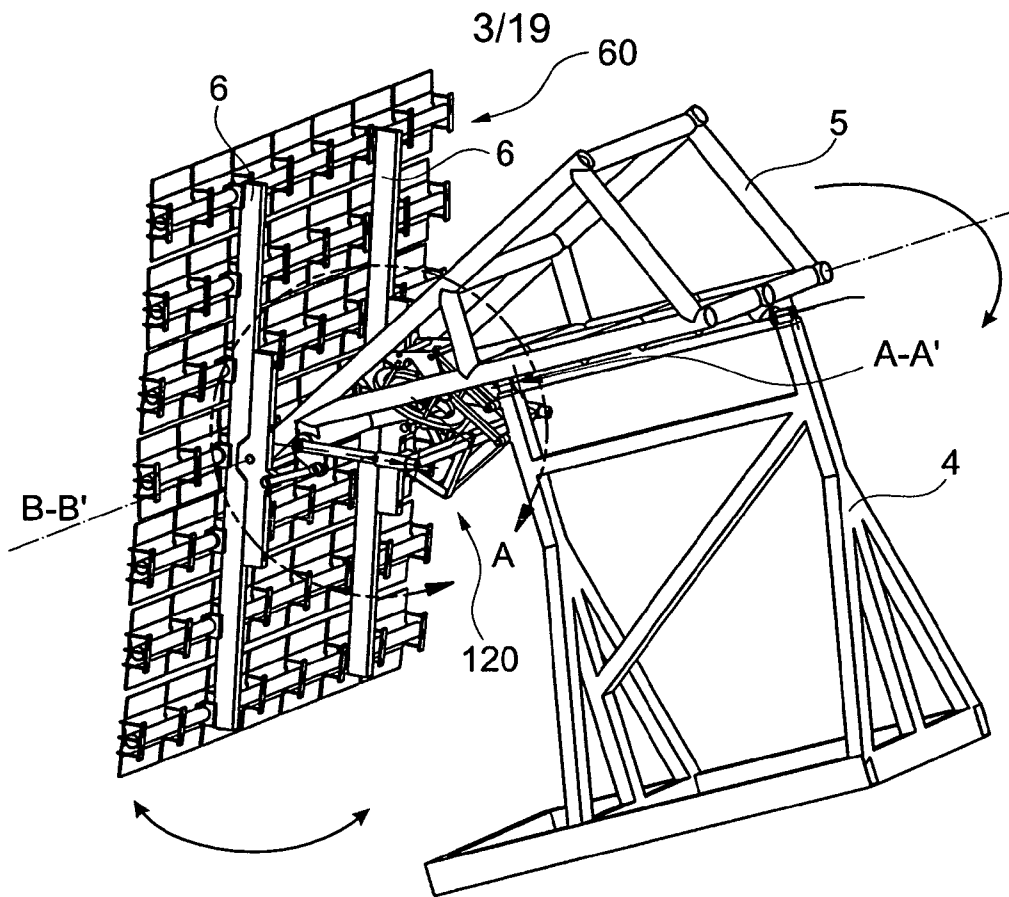


Fig. 5

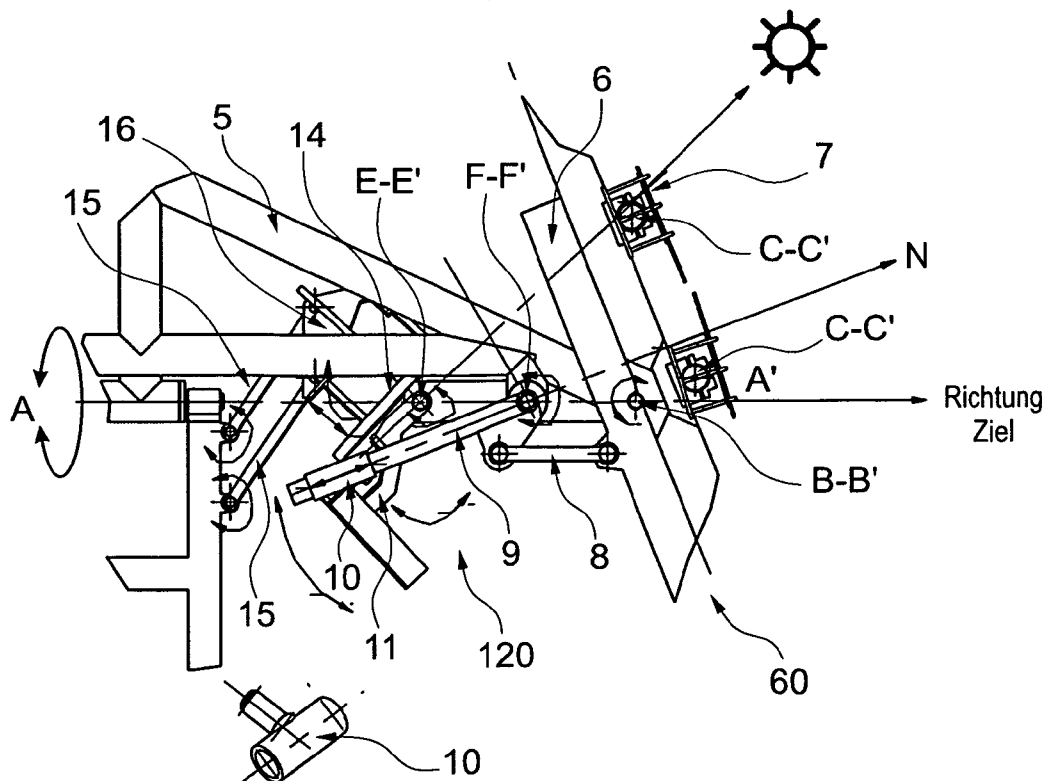


Fig. 6

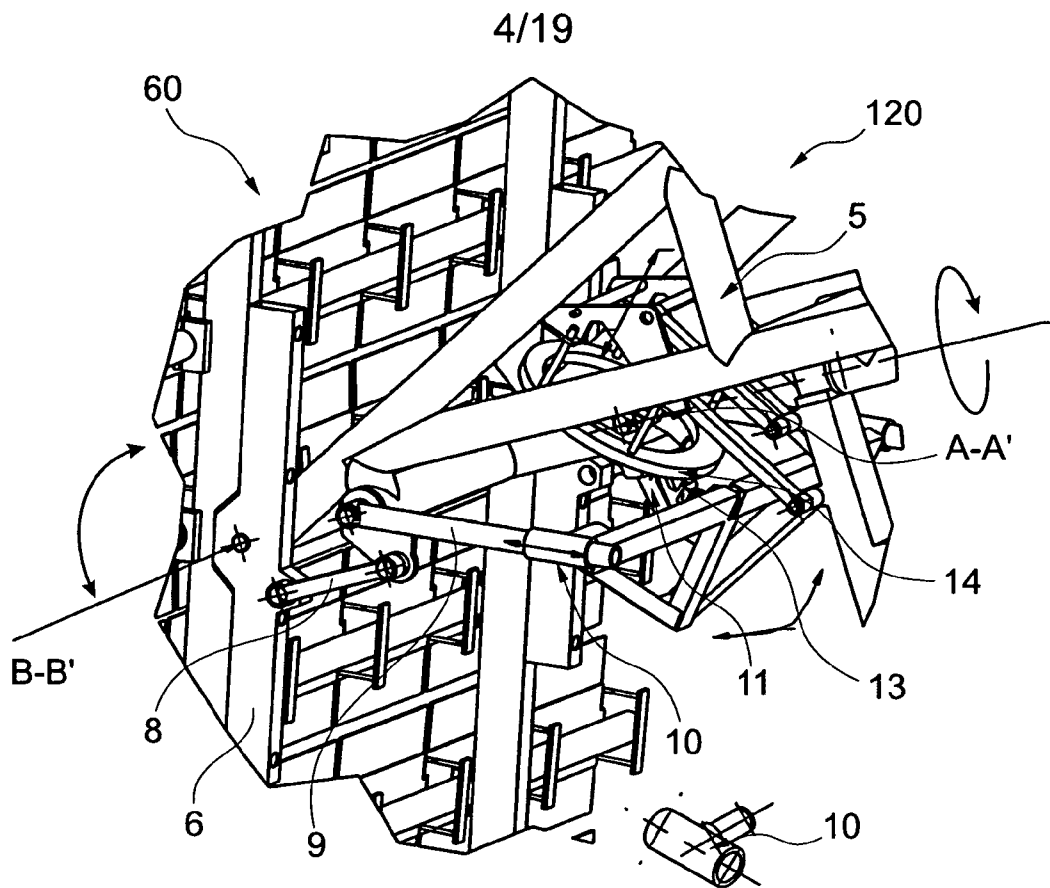


Fig. 7

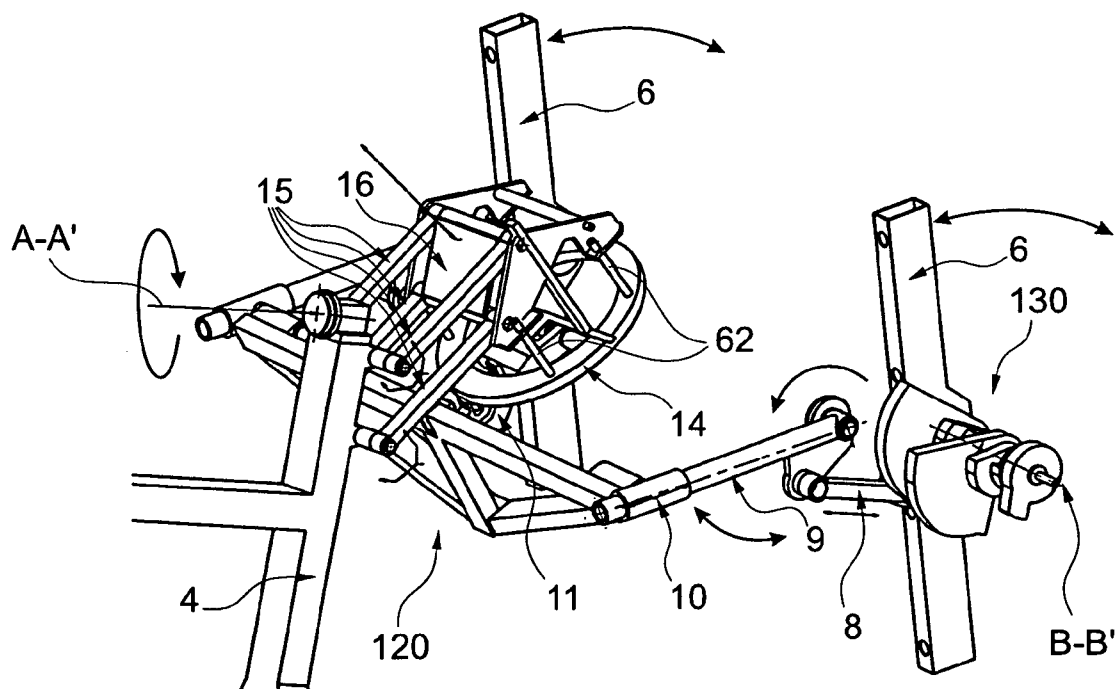


Fig. 8

5/19

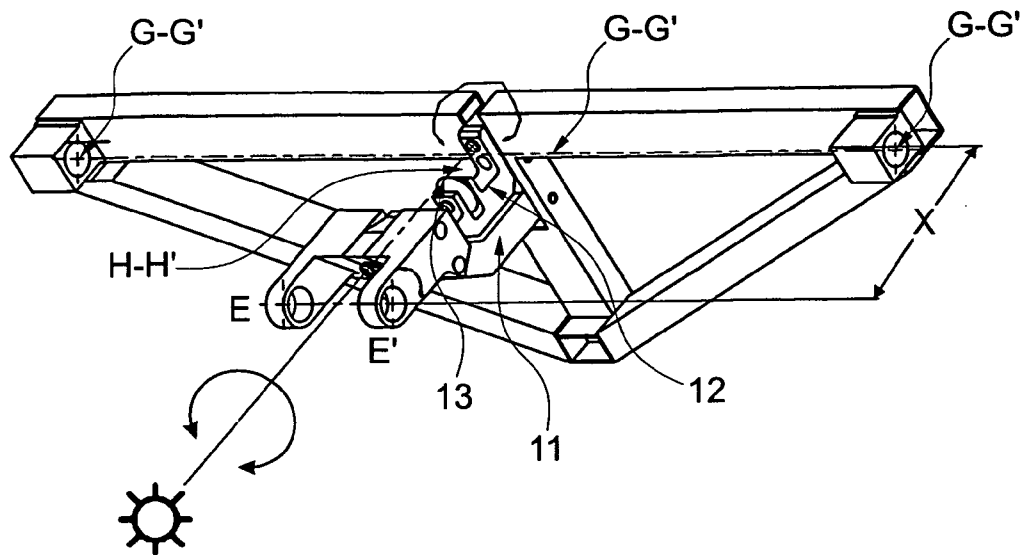


Fig. 9

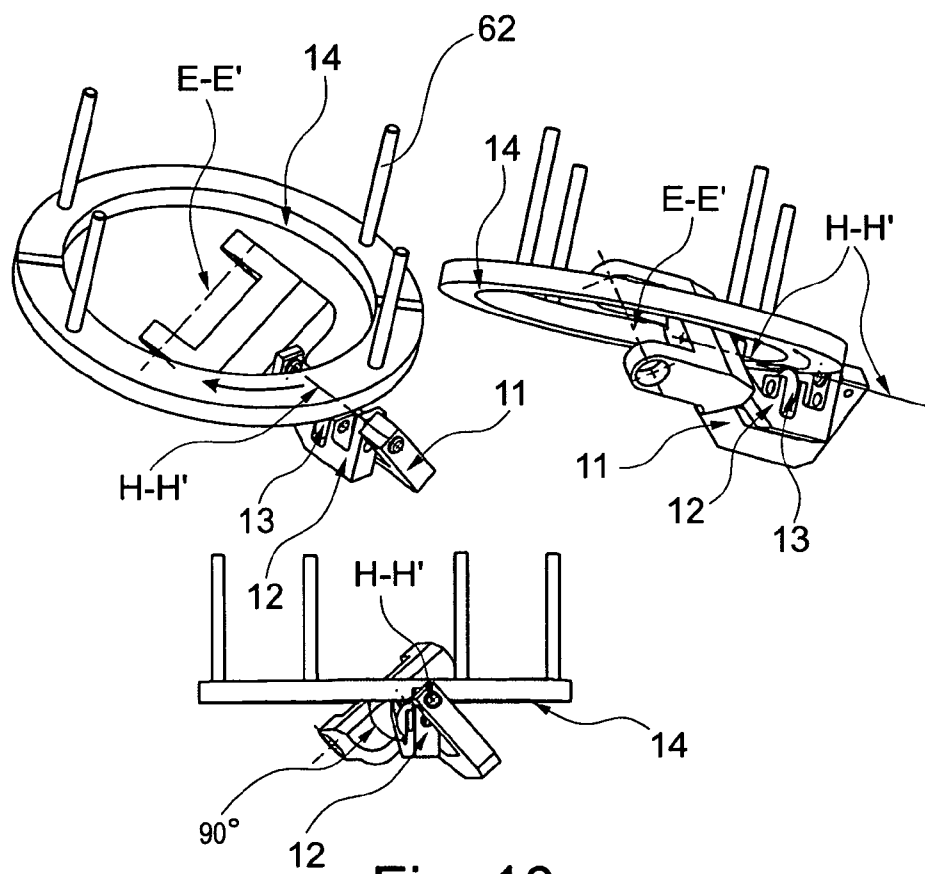


Fig. 10

6/19

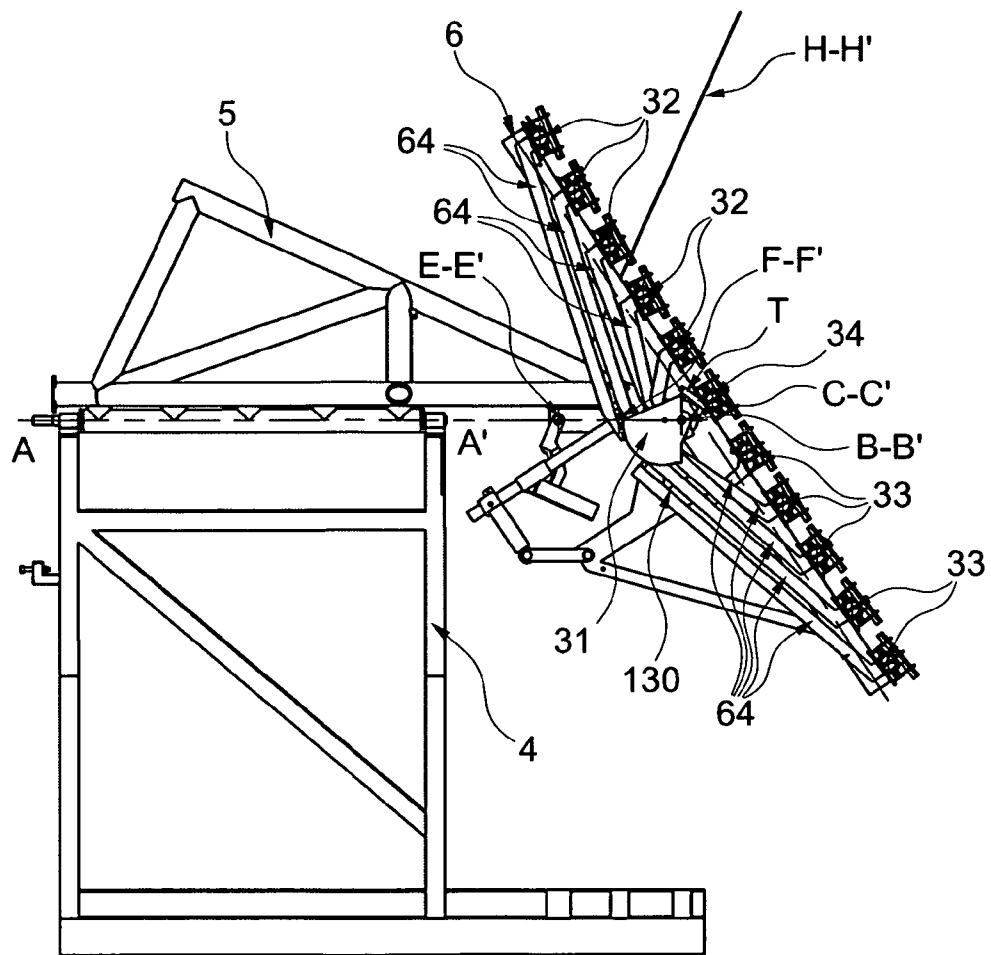


Fig. 11

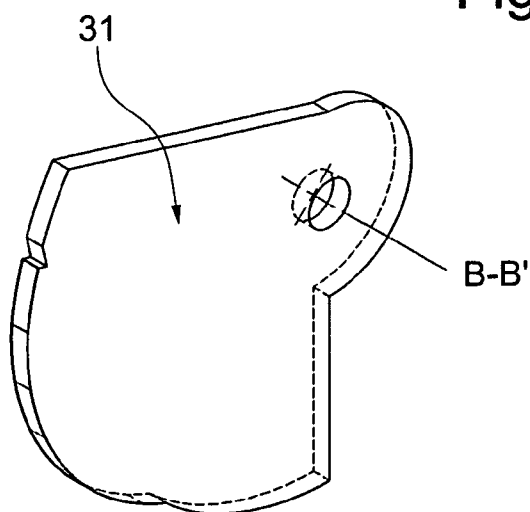


Fig. 12A

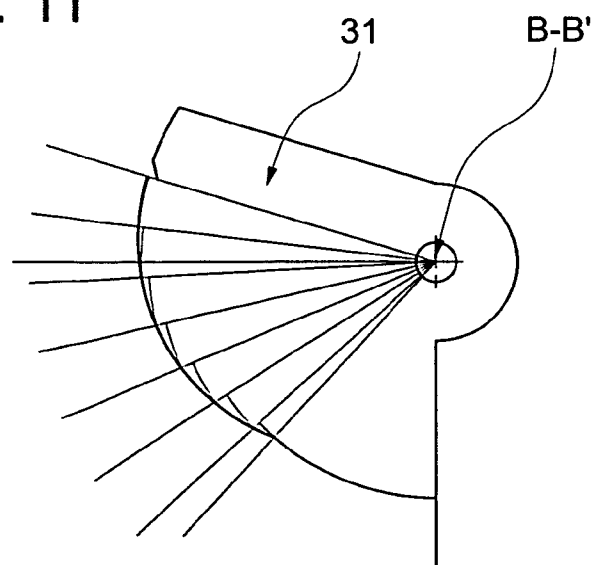


Fig. 12B

7/19

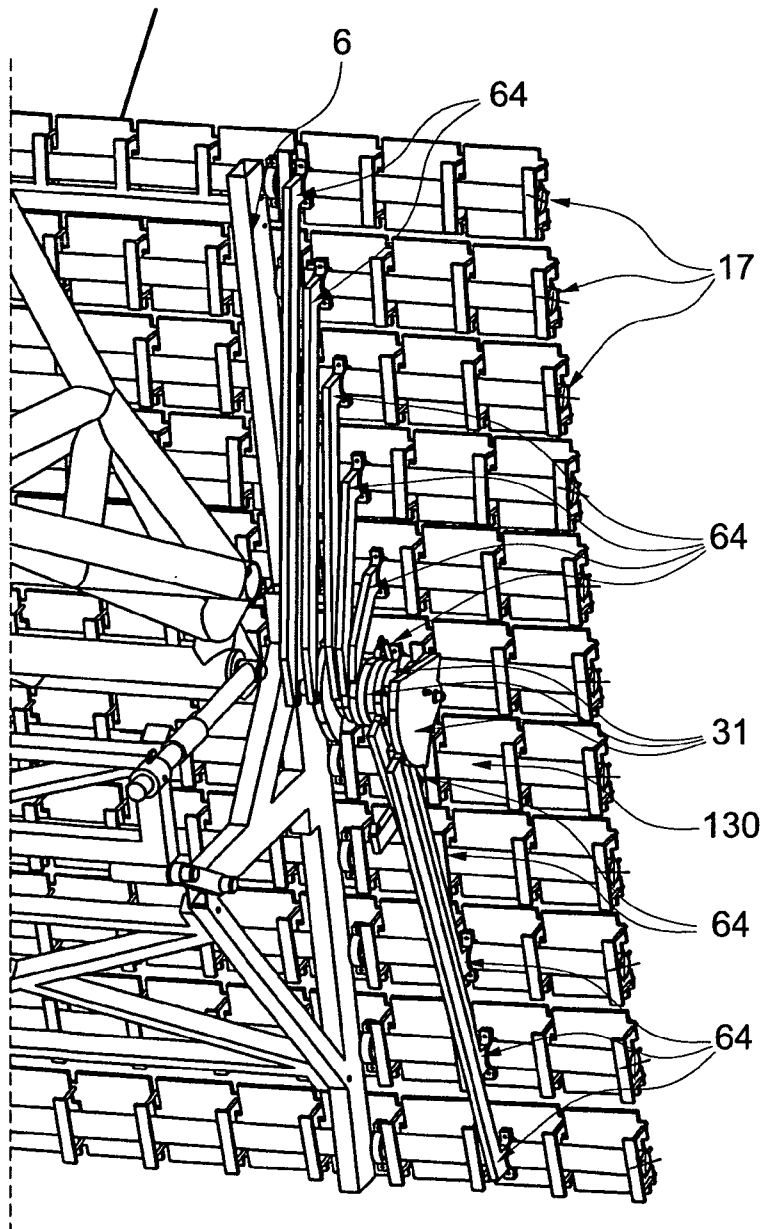


Fig. 13

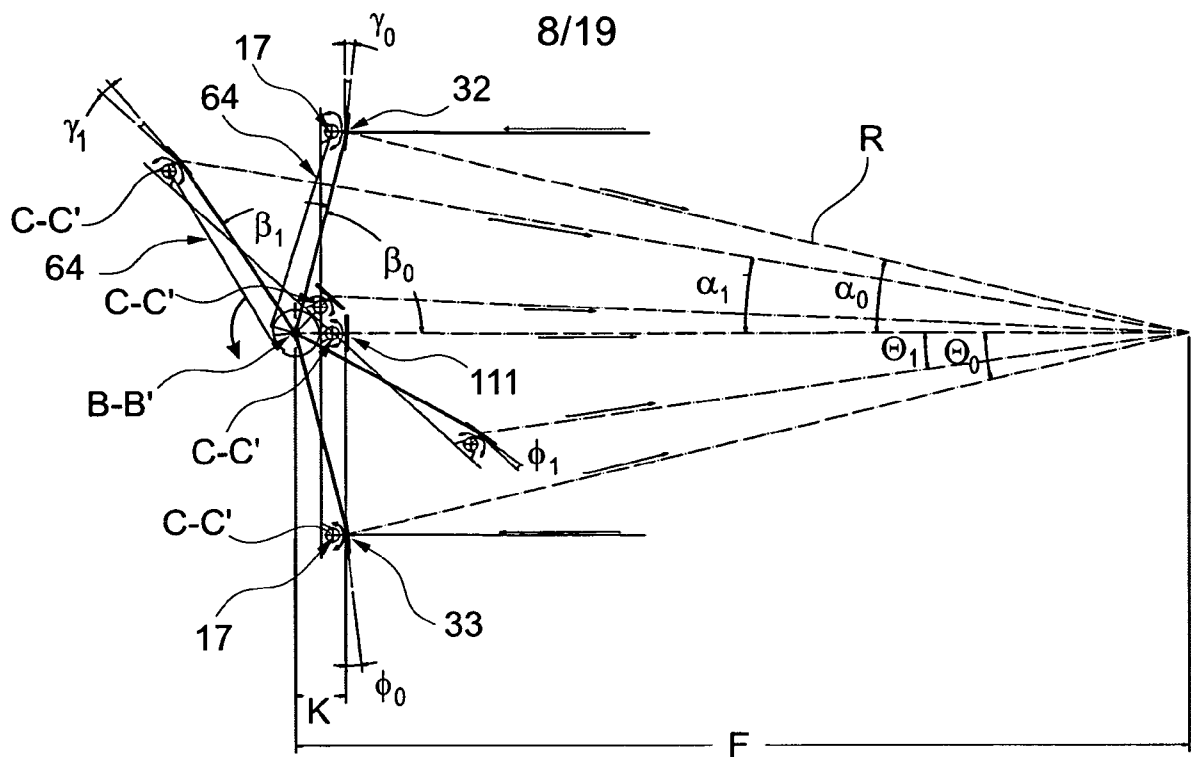


Fig. 14

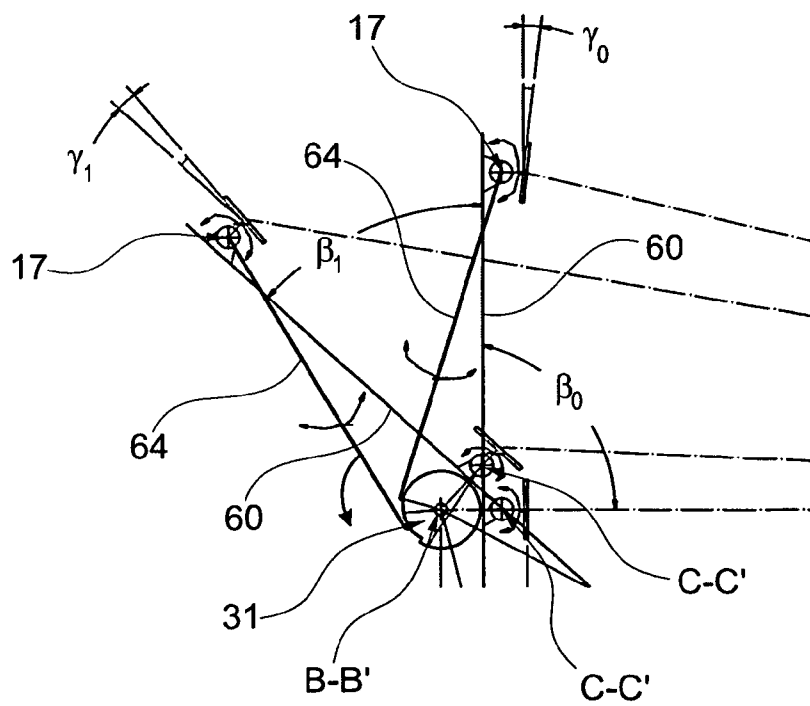


Fig. 15

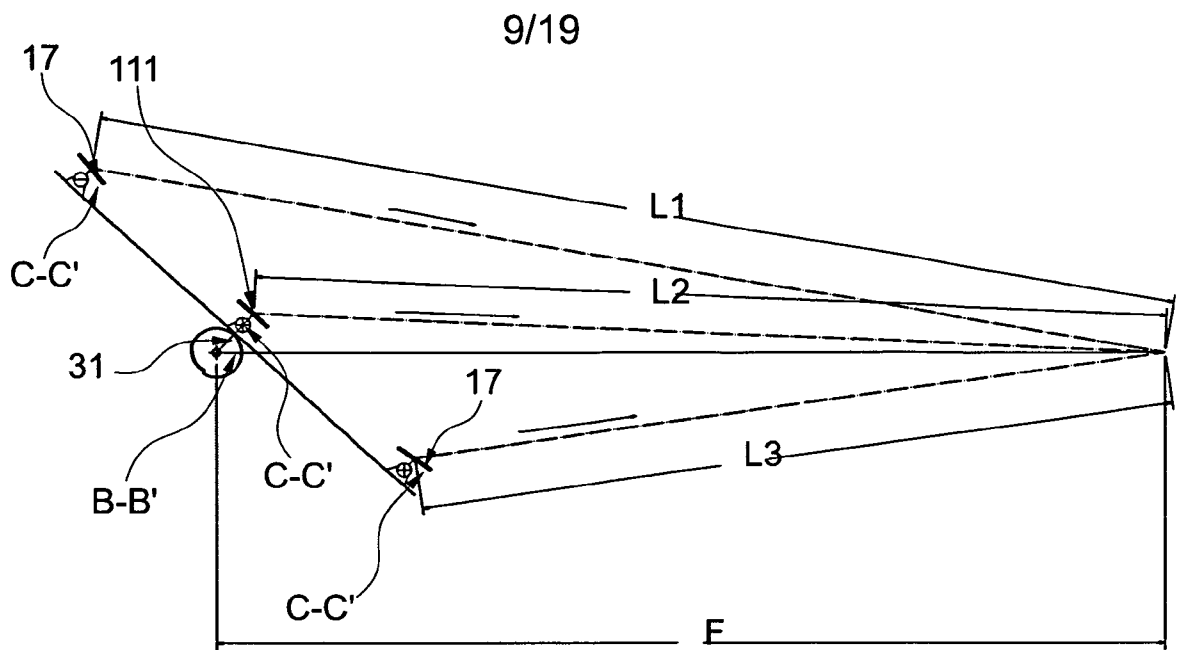


Fig. 16

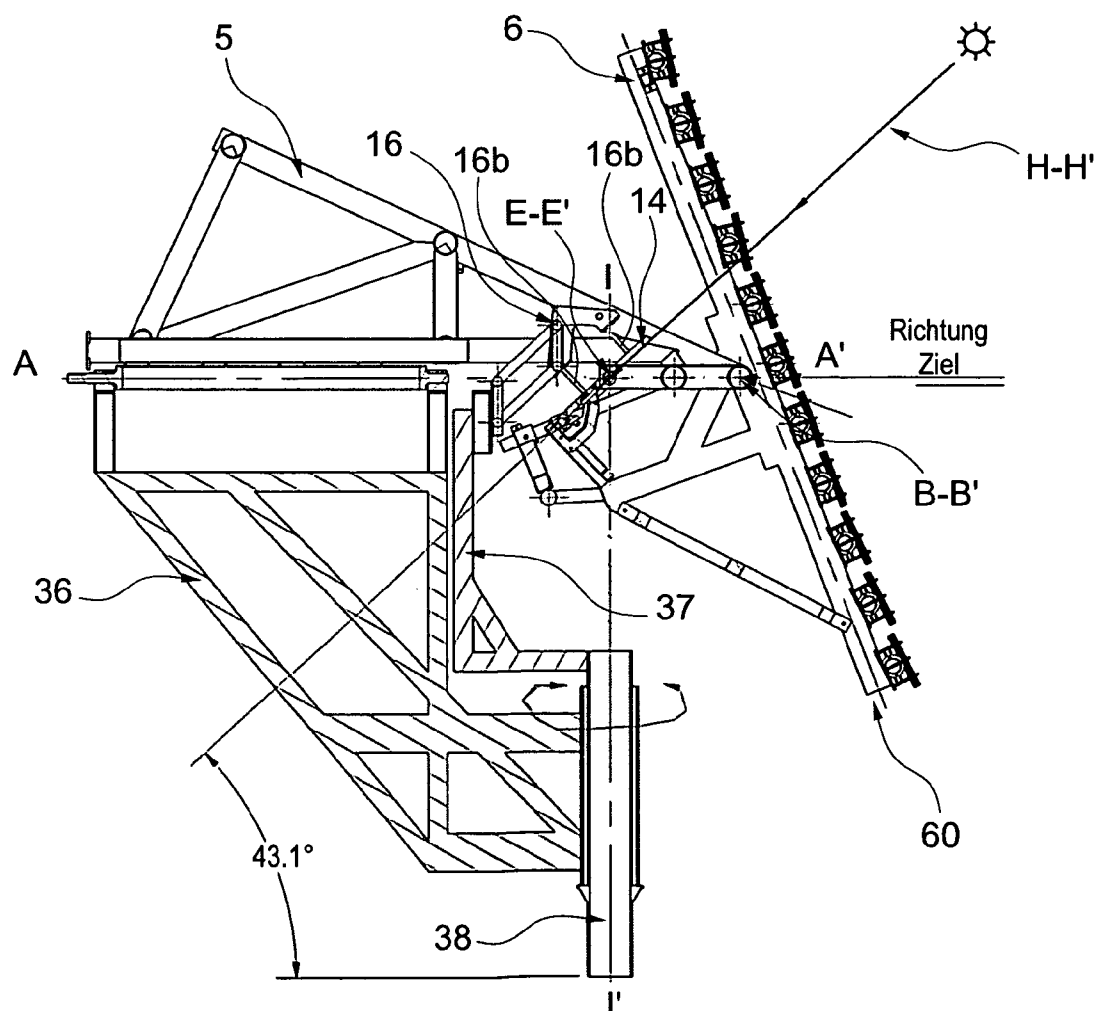


Fig. 17

10/19

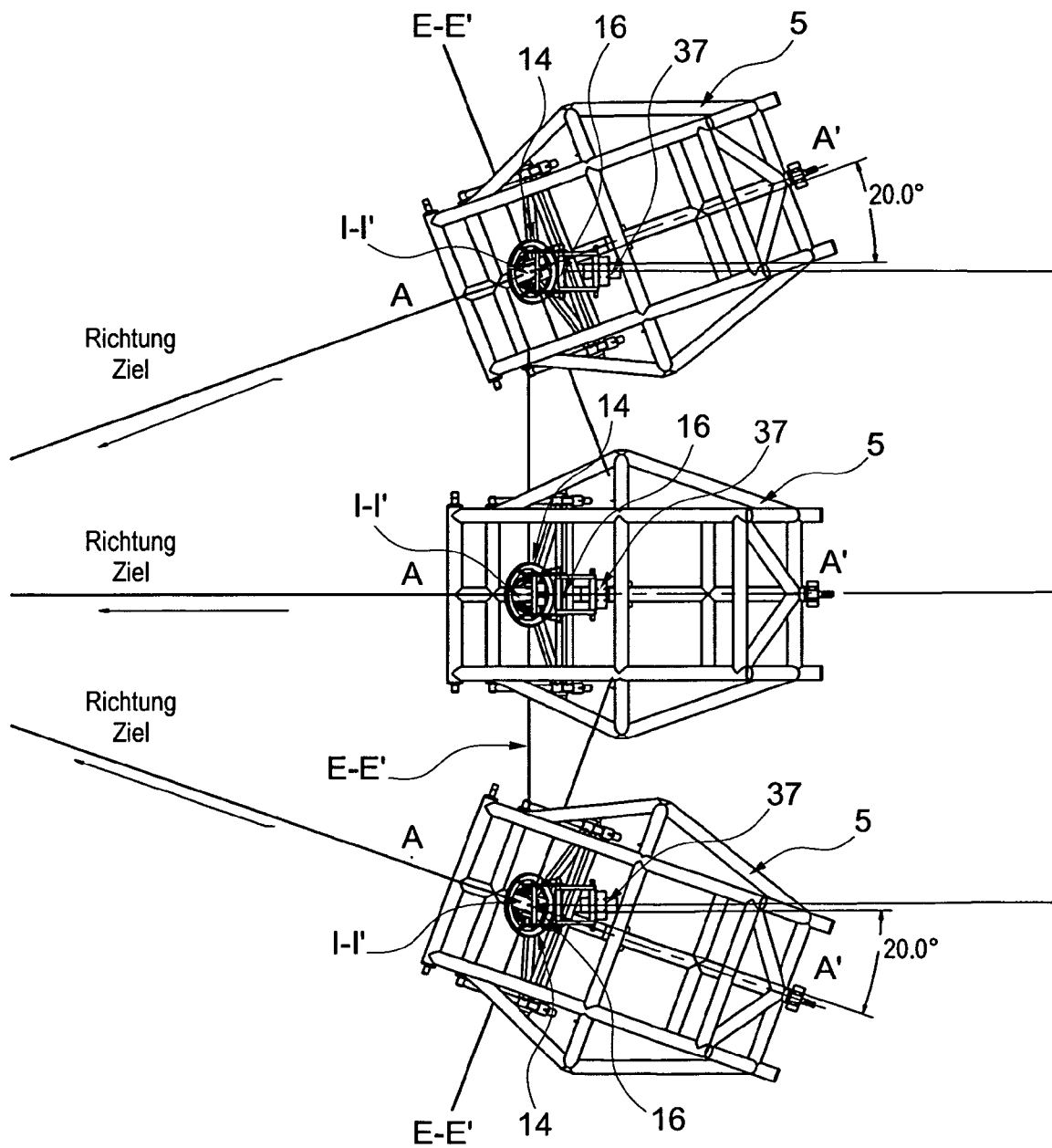


Fig. 18

11/19

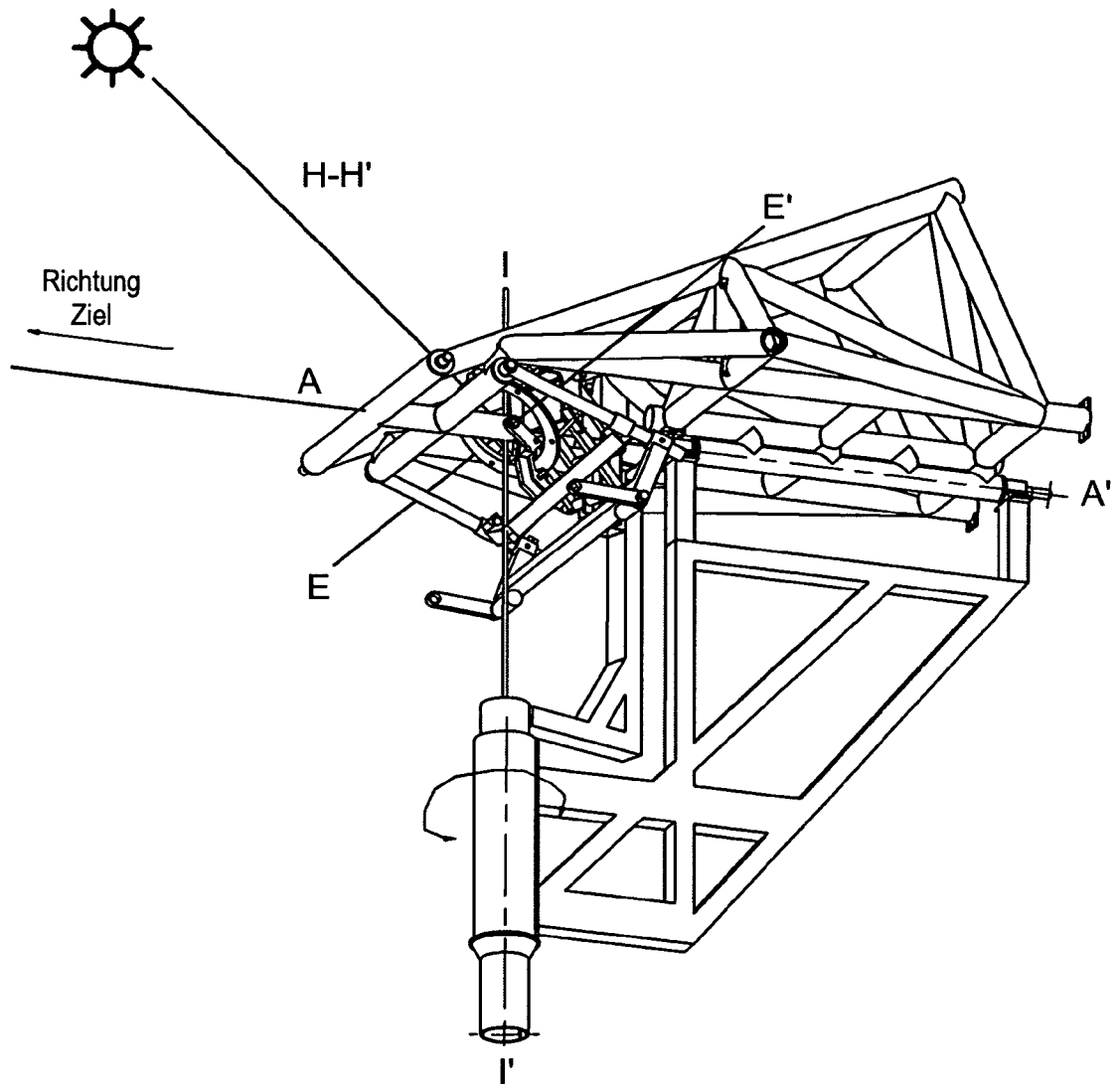


Fig. 19

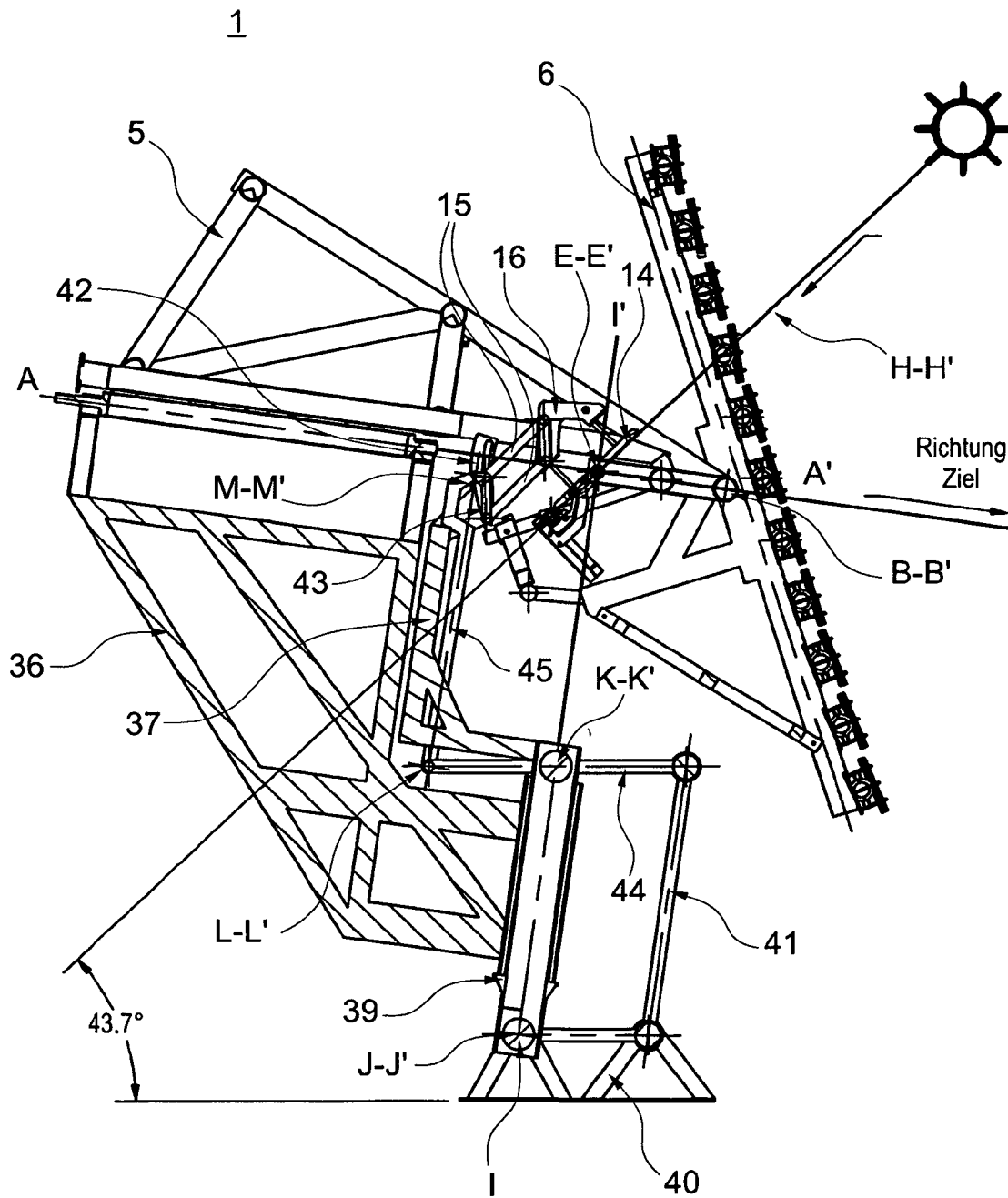


Fig. 20

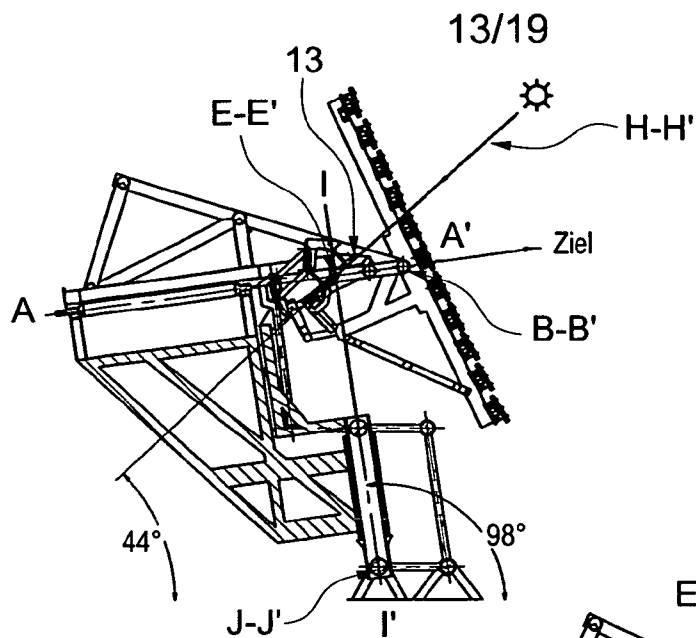


Fig. 21A

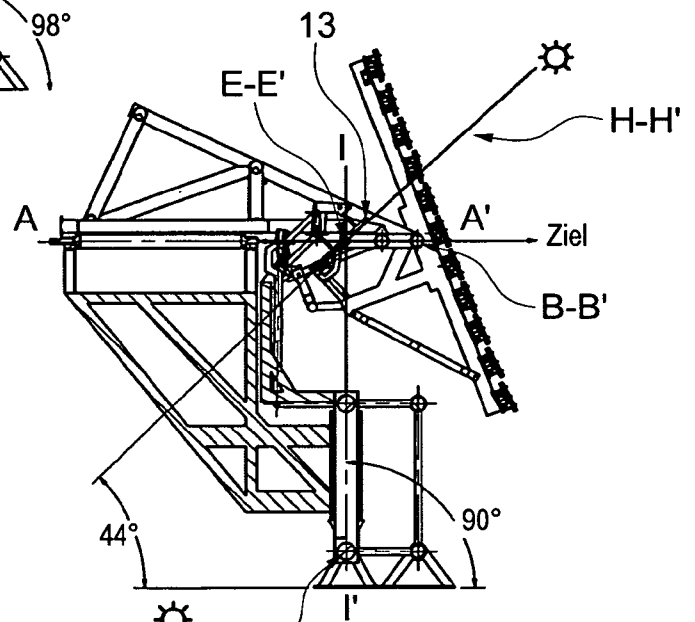


Fig. 21B

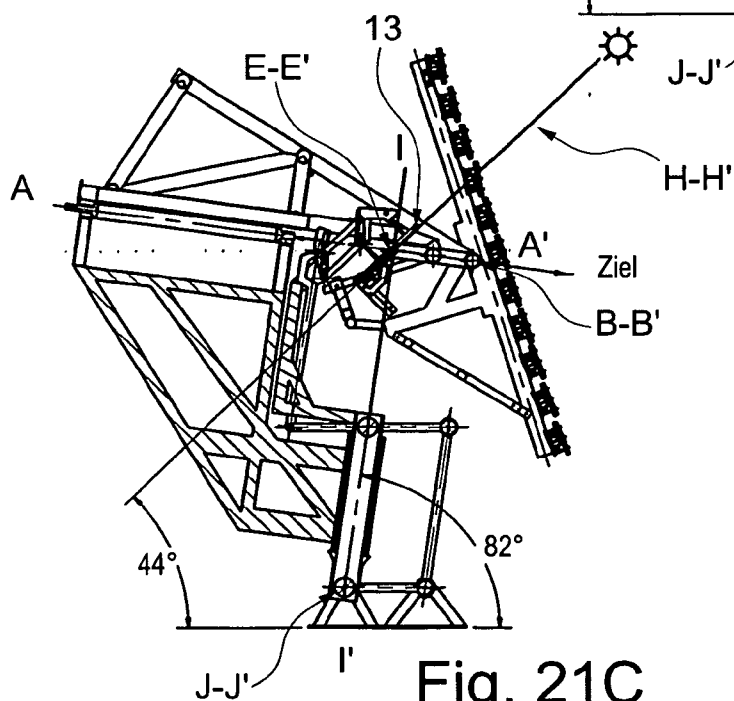
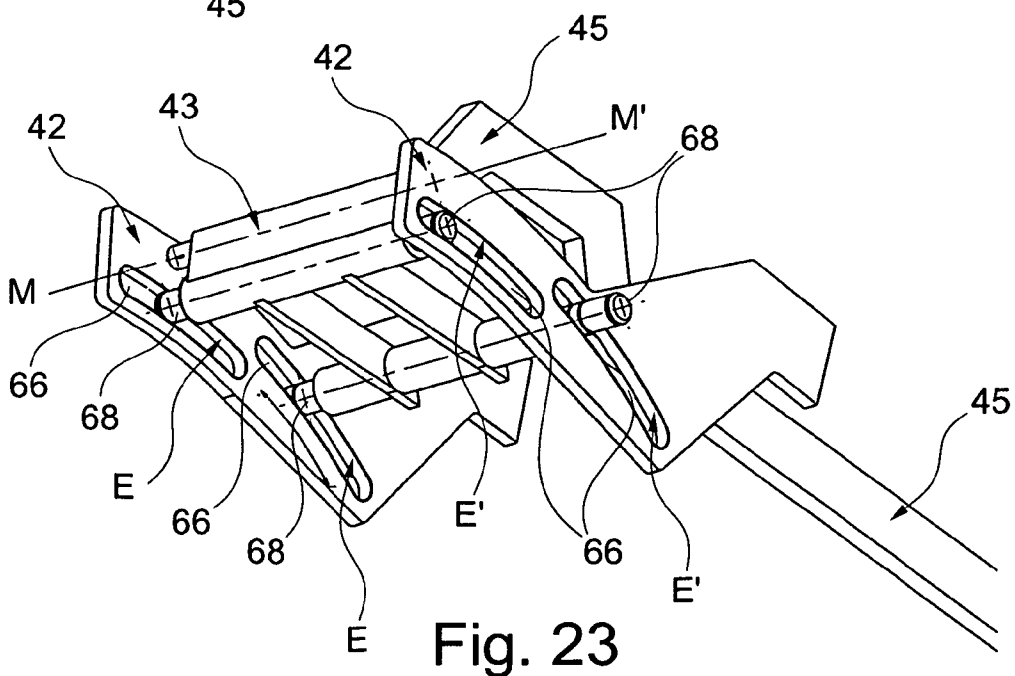
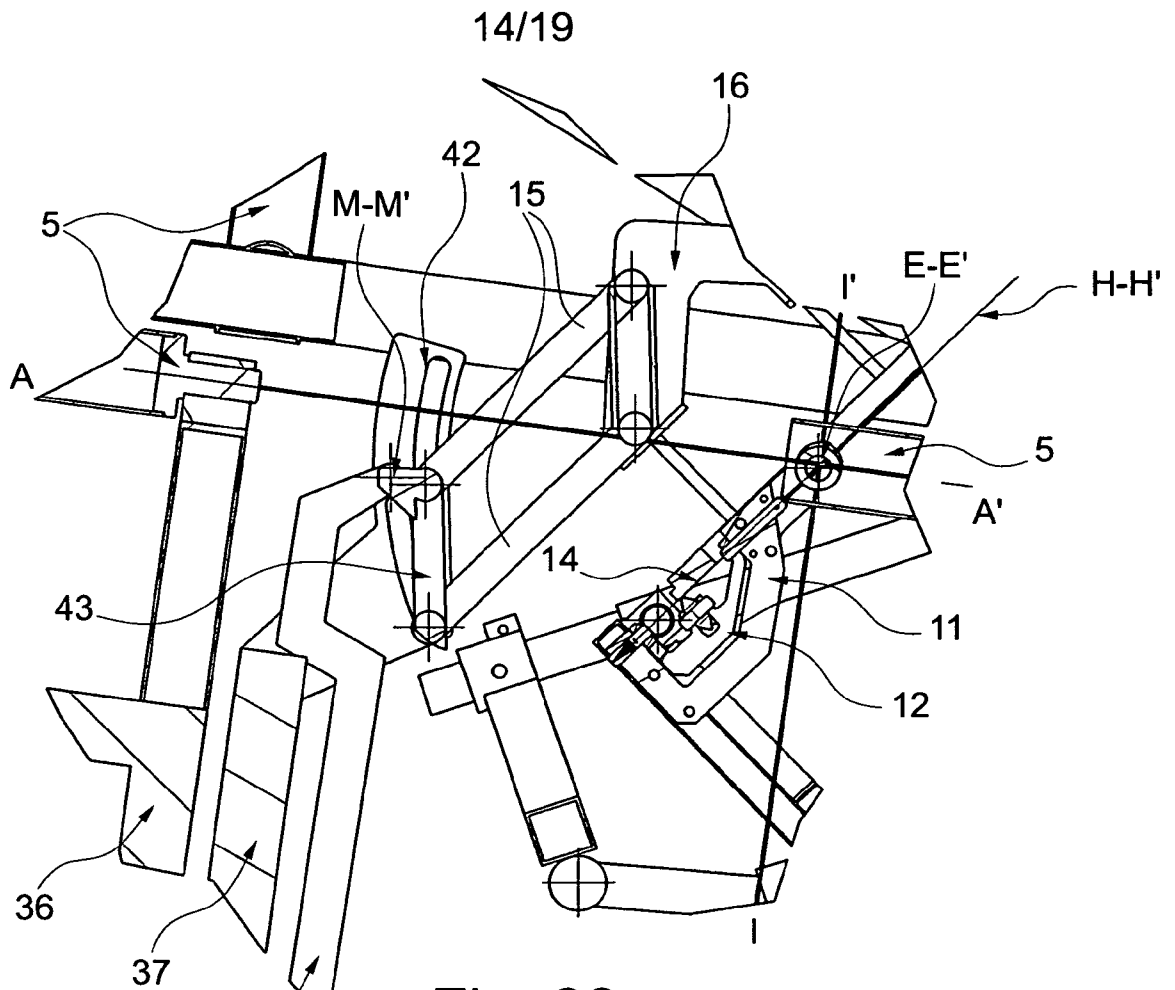


Fig. 21C



15/19

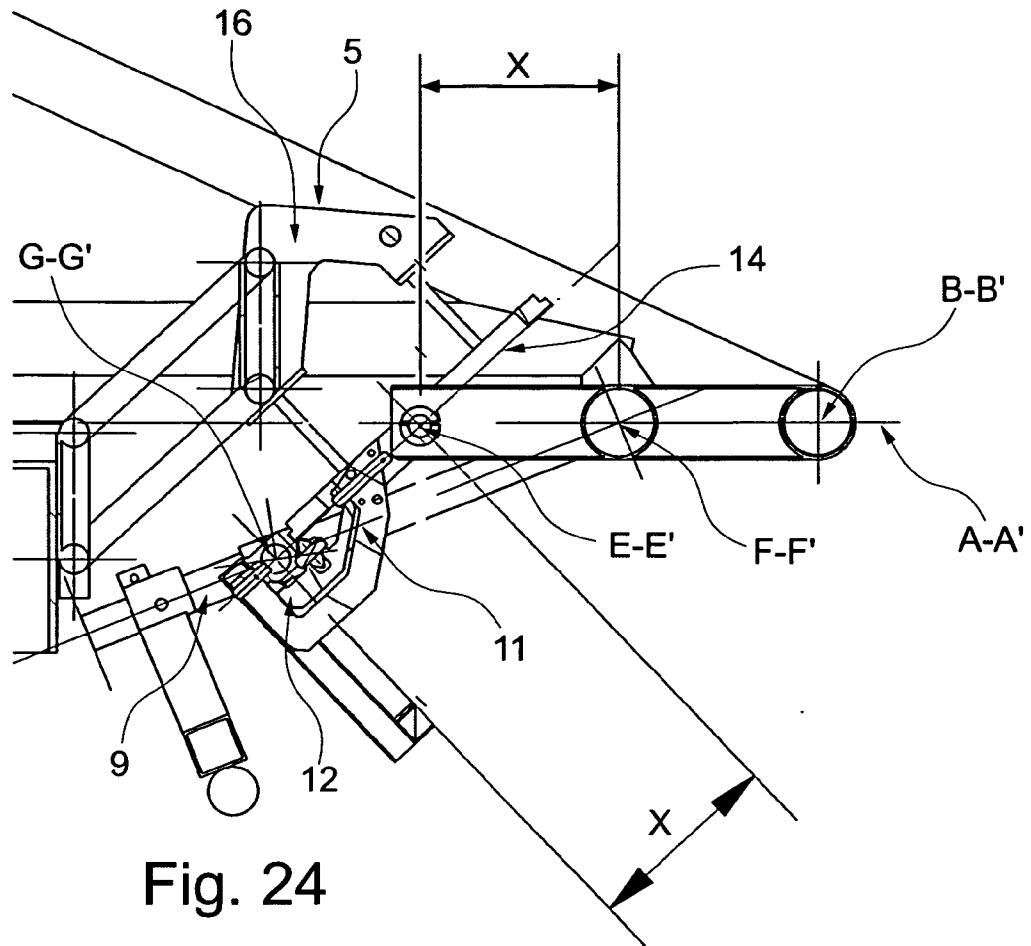


Fig. 24

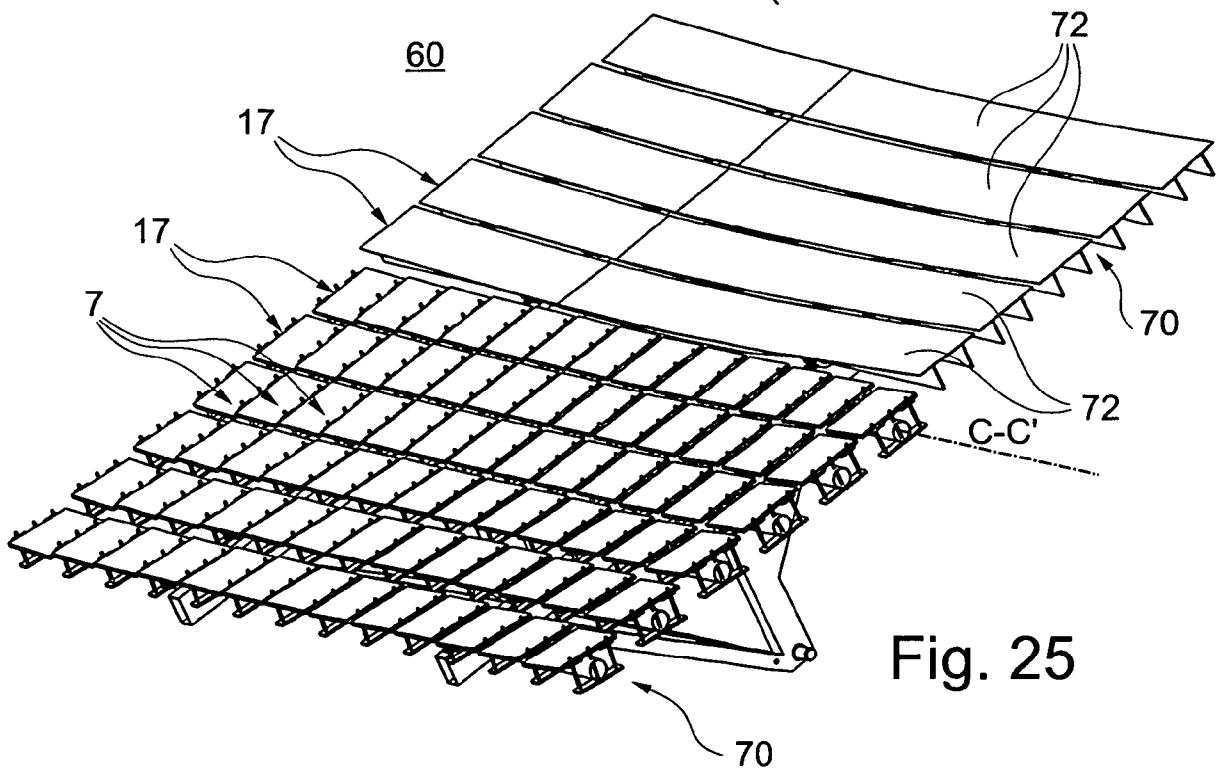


Fig. 25

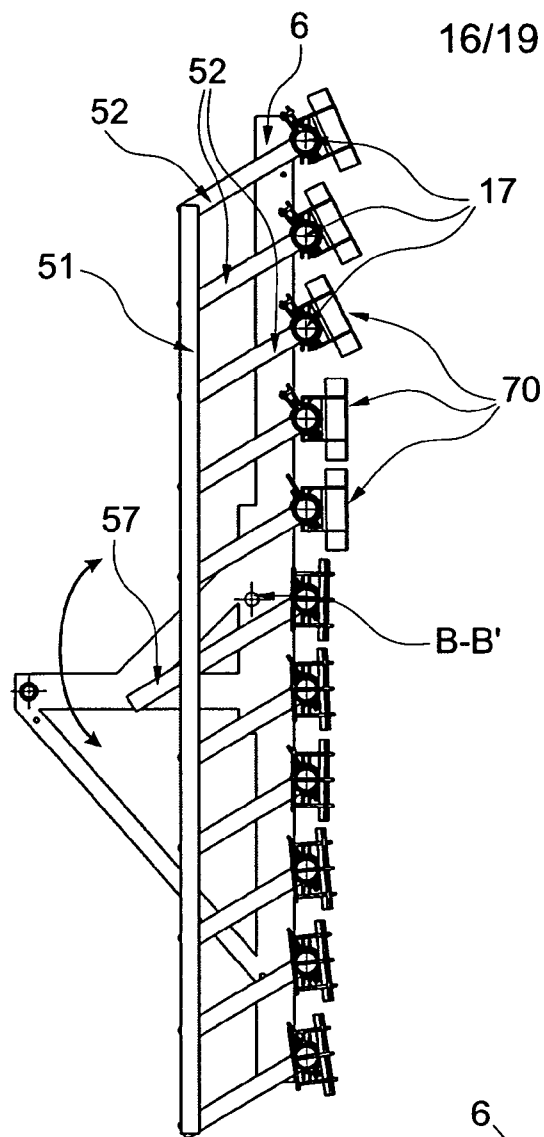


Fig. 26

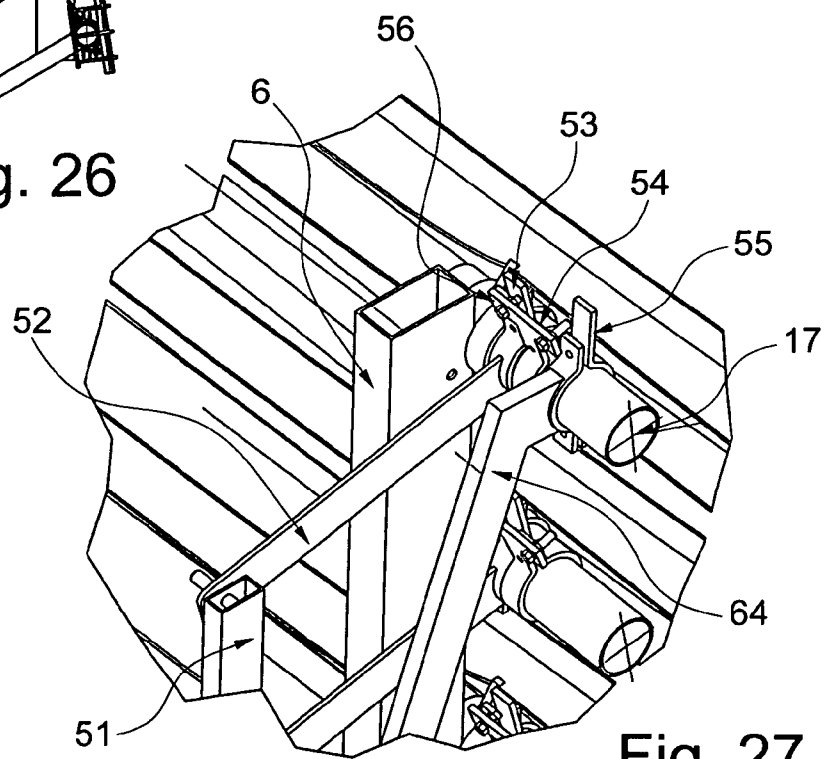


Fig. 27

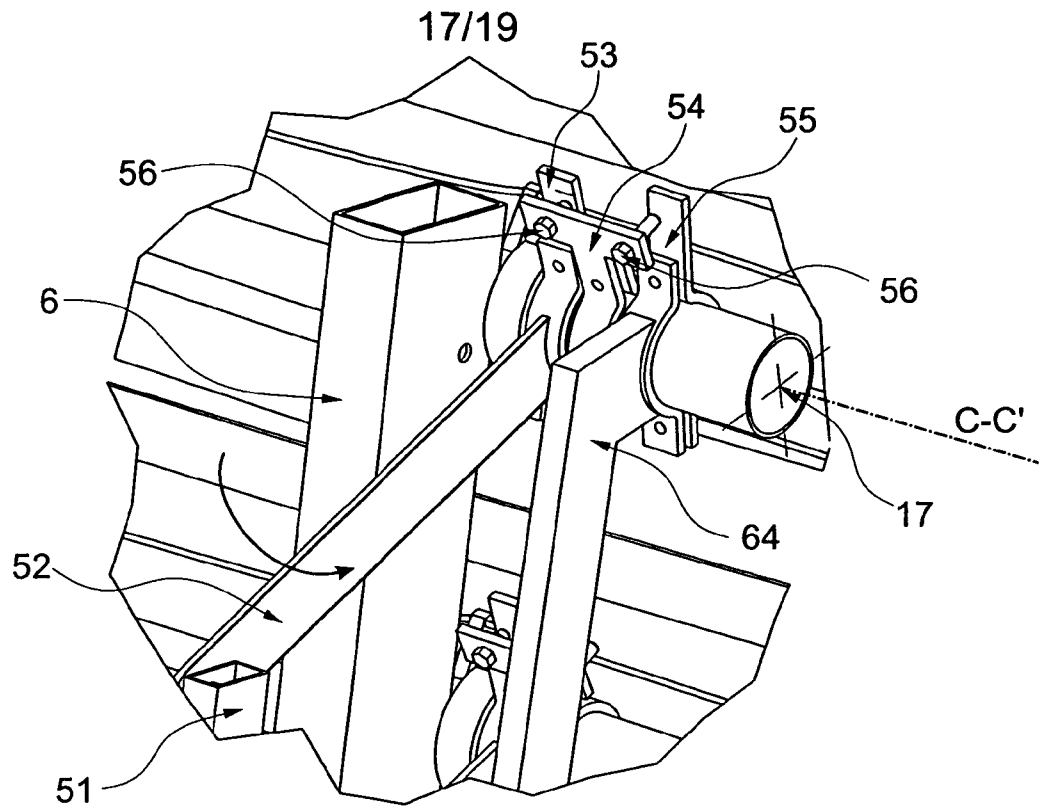


Fig. 28

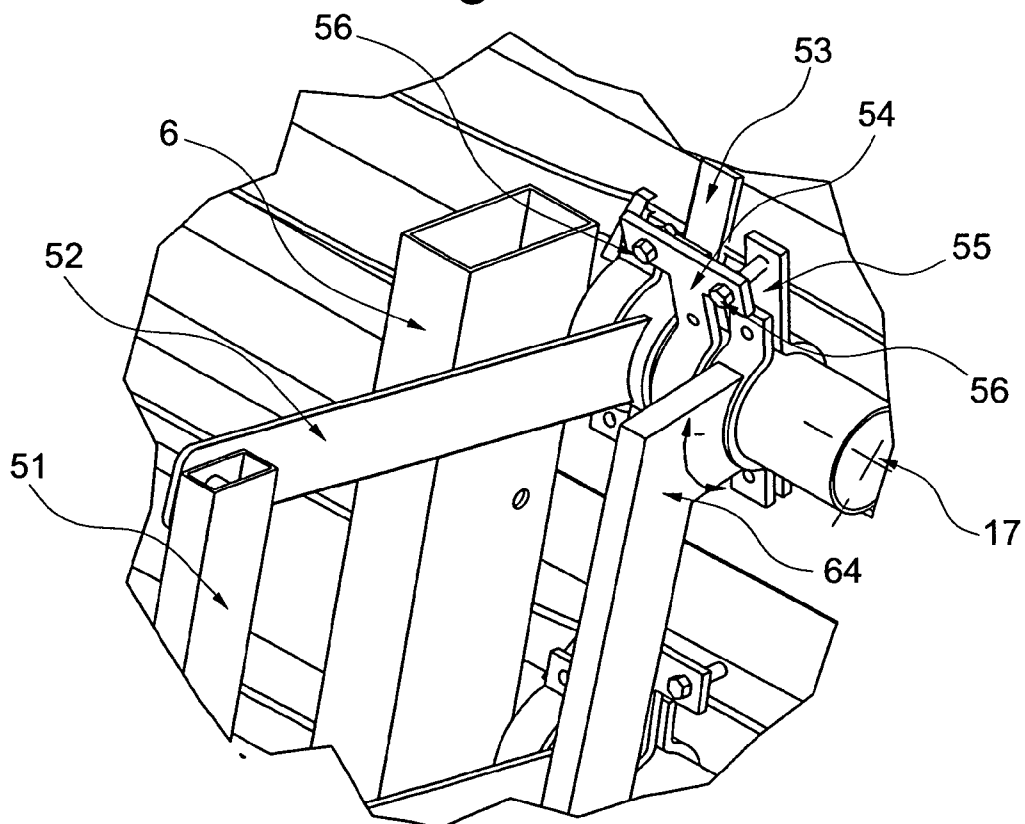


Fig. 29

18/19

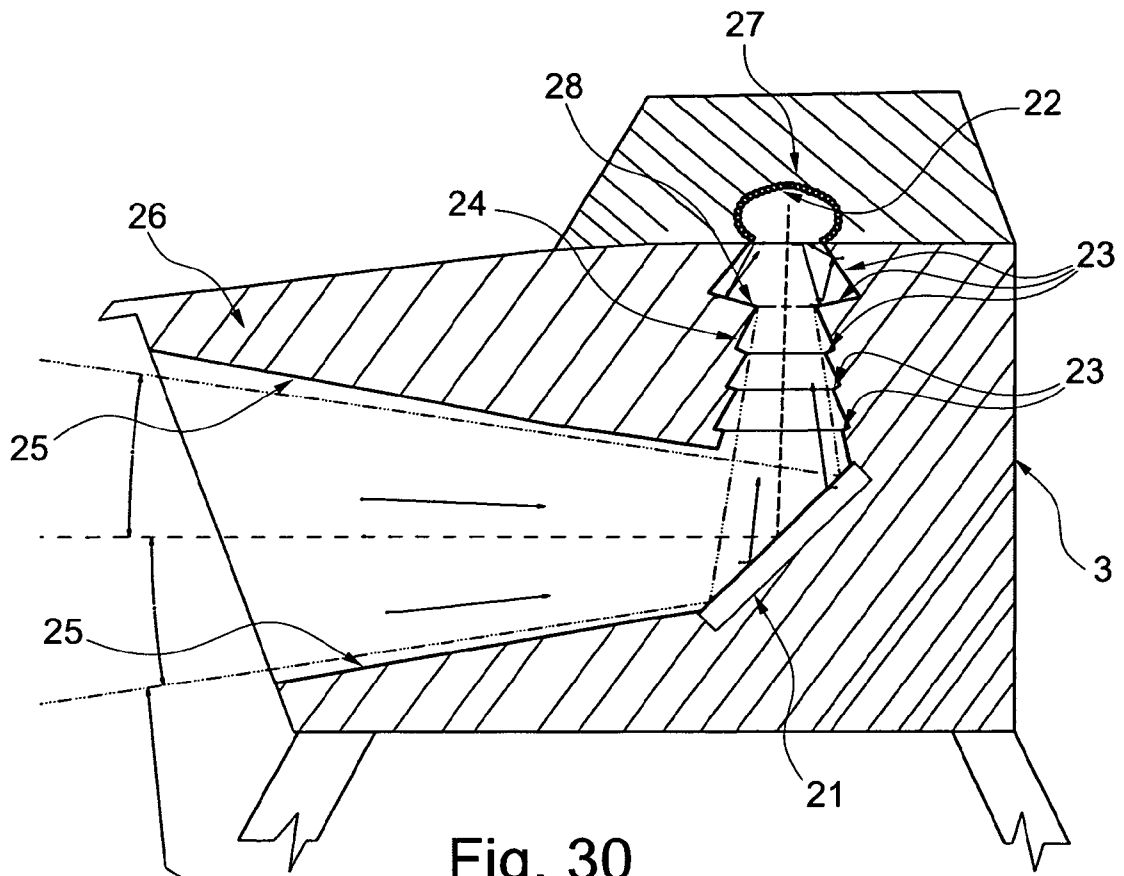


Fig. 30

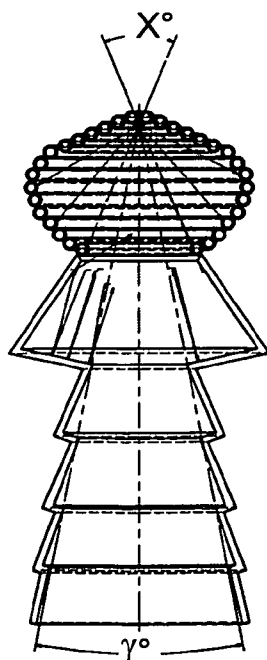


Fig. 31A

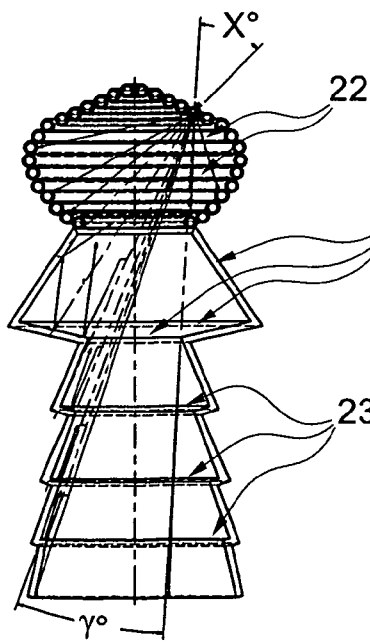


Fig. 31B

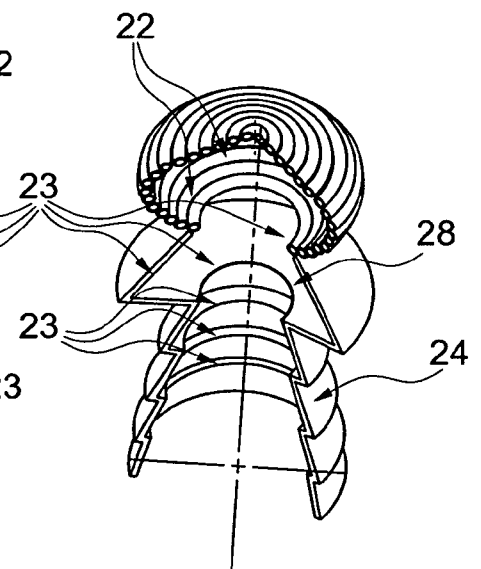


Fig. 31C

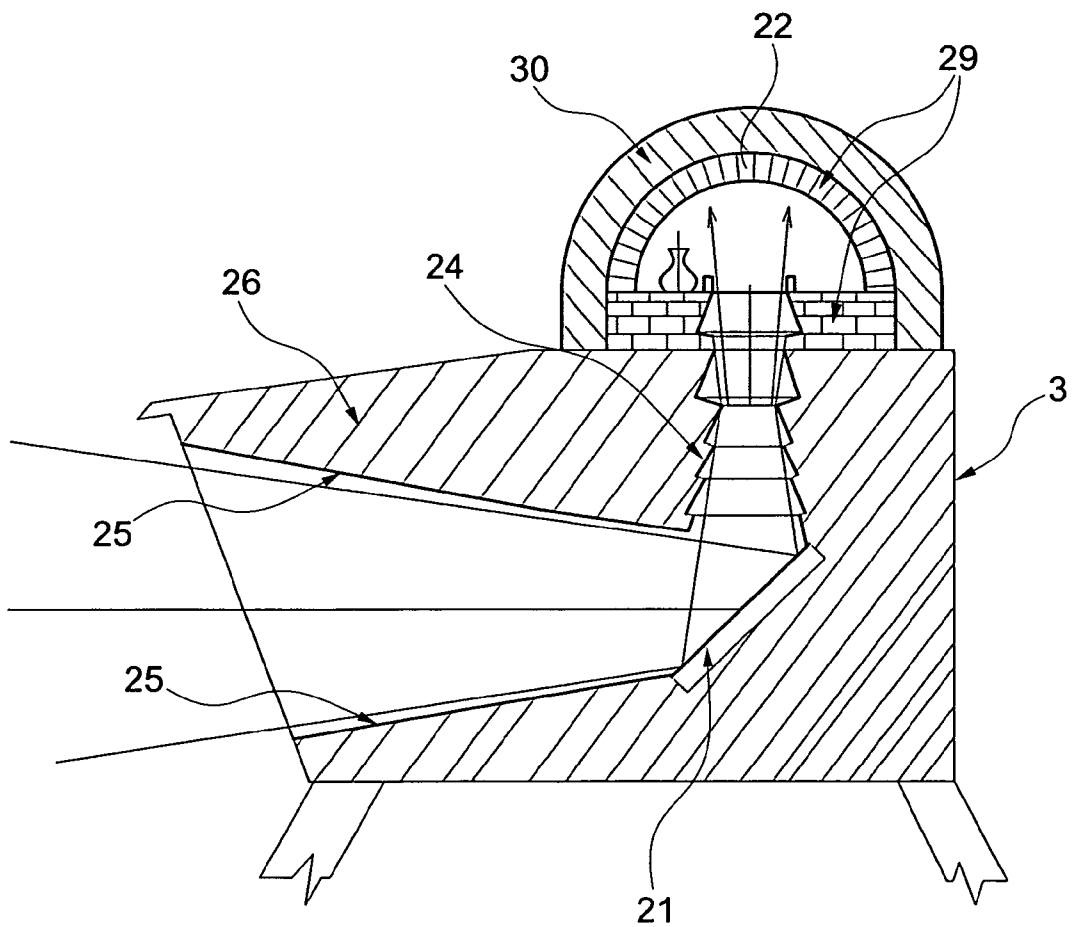


Fig. 32