



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 055 258 B4 2009.12.24**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 055 258.7**

(22) Anmeldetag: **19.11.2005**

(43) Offenlegungstag: **24.05.2007**

(45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **24.12.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 31/042 (2006.01)**

F24J 2/54 (2006.01)

G05D 3/00 (2006.01)

Innerhalb von drei 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).

(73) Patentinhaber:
Goldbeck Solar GmbH, 69493 Hirschberg, DE

(74) Vertreter:
TER MEER STEINMEISTER & Partner GbR
Patentanwälte, 33617 Bielefeld

(72) Erfinder:
Goldbeck, Joachim, 69469 Weinheim, DE

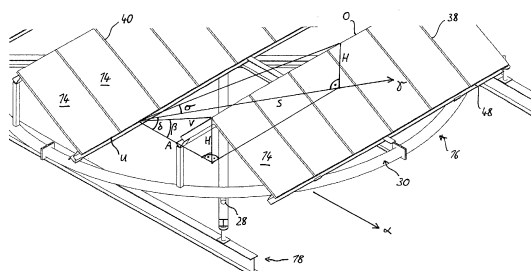
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 10 2004 018151 A1
DE 29 35 071 A1
DE 203 05 124 U1
DE 690 08 391 T2
WO 2005/0 28 969 A1
WO 02/0 97 341 A1
US 41 09 638 A

Patent Abstracts of Japan: JP 61-194 511 A

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Steuerung einer Montierung für eine Gruppe von Solarmodulen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Steuerung einer Montierung (10) für eine Gruppe (12) von Solarmodulen (14), die auf einer gemeinsamen Montagefläche (52) montiert sind und deren Modulflächen in mindestens zwei verschiedenen Ebenen liegen, die gegenüber der Montagefläche (52) geneigt sind, welche Solarmodule (14) in voneinander beabstandeten Reihen (38, 40, 42) auf der Montagefläche (52) derart angeordnet sind, dass alle Solarmodule (14) der Gruppe (12) den gleichen Neigungswinkel mit der Montagefläche (52) einschließen und im gleichen Azimut ausgerichtet sind, welche Montagefläche (52) durch ein Drehgestell (16) gebildet wird, das durch einen Antrieb drehbar auf einer Basis (18) angeordnet ist, wobei die Solarmodule (14) als Photovoltaikmodule ausgebildet sind, und das Drehgestell (16) einen kreisförmigen Schienenkranz (30) umfasst, über welchen sich Querstreben (48, 50) erstrecken, von denen jeweils zwei parallele, auf unterschiedlichen Höhen über dem Schienenkranz (30) angeordnete Querstreben (48, 50) eine Reihe (38, 40, 42) von Solarmodulen (14) tragen, wobei das Drehgestell (16) in...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer Montierung für eine Gruppe von Solarmodulen.

[0002] Solarmodule zur Nutzung der Sonnenenergie haben in den letzten Jahren weite Verbreitung gefunden, insbesondere in Form von Photovoltaik-Modulen, welche die Strahlungsenergie der Sonne in elektrischen Strom umwandeln. Solche Solarmodule lassen sich als flache Paneele in größerer Zahl auf einer Montagefläche montieren, beispielsweise auf dem Dach eines Gebäudes, das mit der erzeugten elektrischen Energie versorgt werden soll. Zur Verbesserung der Energieausbeute lassen sich die Solarmodule in einem geeigneten Neigungswinkel in bezug auf die Montagefläche anbringen, so dass die Modulflächen in verschiedenen Ebenen liegen, die jeweils gegenüber der Montagefläche geneigt sind.

[0003] Die DE 29 35 071 A1 offenbart eine Gruppe von Solarmodulen, die auf einer gemeinsamen Montagefläche montiert sind und deren Modulflächen in verschiedenen Ebenen liegen, die gegenüber der Montagefläche geneigt sind. Die Solarmodule sind in beabstandeten Reihen derart auf der Montagefläche angeordnet, dass alle Module der Gruppe den gleichen Neigungswinkel zur Montagefläche einschließen und im gleichen Azimut ausgerichtet sind. Die Montagefläche selbst wird durch ein Drehgestell gebildet, das durch einen Antrieb drehbar auf einer Basis angeordnet ist.

[0004] Ferner offenbart DE 690 08 391 T2 eine vergleichbare Sonnenkollektorrückführung mit Photovoltaikmodulen, die auf einem Drehgestell in Form eines kreisförmigen Schienenkranzes angeordnet sind, über welchen sich Querstreben erstrecken. Auf unterschiedlichen Höhen angeordnete Querstreben tragen jeweils eine Reihe von Solarmodulen, so dass die Module schräg stehen.

[0005] Weitere Montierungen für Solarmodule sind in den Druckschriften DE 203 05 124 U1, WO 2005/028969 A1, DE 10 2004 018 151 A1, dem Patent Abstract of Japan JP 61194511 A, WO 02/097341 A1 sowie in US 4 109 638 A offenbart.

[0006] Die Energieausbeute der Solarmodule ist von ihrer Orientierung in bezug auf die Richtung der Sonneneinstrahlung abhängig, also nicht nur vom Neigungswinkel, sondern auch von ihrer Drehrichtung in Bezug auf den Horizont, dem sog. Azimut. Es existieren daher Nachführungen, durch welche sich einzelne Module durch Drehen um eine oder zwei Achsen optimal auf die Sonne ausrichten lassen. Für Anlagen der oben genannten Art, die eine große Zahl von Solarmodulen umfassen, wäre jedoch eine entsprechend große Anzahl solcher Nachführungen erforderlich, so dass eine solche Lösung zur Steigerung der Ausbeute unwirtschaftlich und nicht praktikabel ist. Die Montagefläche einer Anlage mit individuell nachgeführten Solarmodulen läßt sich lediglich mit einer Bestückungsdichte belegen, die etwa einem Drittel der Leistung einer vergleichbaren Anlage mit fest installierten Modulen entspricht, so daß die Dachfläche nicht optimal genutzt wird. Ferner stellt sich in diesem Fall das Problem, dass mit zunehmender Bestückungsdichte die Gefahr einer gegenseitigen Abschattung der Module steigt, insbesondere bei sehr niedrigem Sonnenstand. Ebenfalls bekannte Nachführungen zur synchronen Ausrichtung einer relativ kleinen Zahl von Solarmodulen lassen sich hingegen aus architektonischen und statischen Gründen nicht ohne weiteres auf Hausdächern montieren, da aufgrund der Höhe des entstehenden Aufbaus die auftretenden Windlasten auf das Gebäude zu groß wären.

[0007] Aus den zuvor genannten Gründen wurde daher bisher zugunsten einer dichten Bestückung der Montagefläche auf eine Nachführbarkeit verzichtet, wobei in Kauf genommen werden muß, dass die Energieausbeute der einzelnen Module bei ungünstiger Ausrichtung zur Sonne gering bleibt.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Steuerung einer Montierung für eine Gruppe von Solarmodulen zu schaffen, das bei hoher Bestückungsdichte auf der Montagefläche eine Steigerung der Energieausbeute der einzelnen Module der Gruppe erlaubt.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0010] Die erfindungsgemäße Verfahren dient zur Steuerung einer Montierung mit einem Drehgestell, das durch einen Antrieb drehbar auf einer Basis angeordnet ist, die fest auf dem Untergrund der Anlage montiert sein kann. Das Drehgestell bildet die Montagefläche, auf der die Solarmodule montiert sind, so dass bei einer Drehung des Drehgestells auf der Basis die gesamte Gruppe von Solarmodulen gleichzeitig gedreht wird.

[0011] Durch diese Anordnung, bei welcher eine synchrone Drehung der Solarmodule erfolgt, ist eine Nach-

führung der gesamten Solarmodul-Gruppe möglich. Hierbei können die Module verhältnismäßig dicht auf der Montagefläche angeordnet sein, beispielsweise in hintereinander liegenden Reihen, während das Drehgestell durch den Antrieb in eine Position drehbar ist, in der beim augenblicklichen Sonnenstand eine maximale Ausbeute der Solarmodule erzielt wird. Bei relativ hohen Sonnenständen lassen sich die Module beispielsweise unmittelbar auf die Sonne ausrichten, während es bei sehr niedrigem Sonnenstand vorgezogen wird, das Drehgestell so zu orientieren, dass eine Abschattung hintereinander liegender Reihen vermieden wird.

[0012] Durch dieses Verfahren wird es ermöglicht, trotz einer hohen Besetzungsdichte der Montagefläche Abschattungseffekte weitgehend zu vermeiden, während zu Tageszeiten mit hohem Sonnenstand eine Nachführung der Solarmodul-Gruppe der Montierung ohne weiteres möglich ist, was zur Steigerung der Effizienz der Anlage beiträgt.

[0013] Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen 2 und 3.

[0014] Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert.

[0015] [Fig. 1](#) u. [Fig. 2](#) sind perspektivische Ansichten einer Ausführungsform einer Montierung für eine Gruppe von Solarmodulen, welche durch das erfindungsgemäße Verfahren steuerbar ist;

[0016] [Fig. 3](#) ist eine Detailansicht von [Fig. 1](#) zur Erläuterung geometrischer Winkelbeziehungen;

[0017] [Fig. 4](#) u. [Fig. 5](#) sind Diagramme zur Erläuterung der Funktionsweise der Montierung aus den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#);

[0018] [Fig. 6](#) ist eine Draufsicht auf eine Solaranlage, die eine Anzahl von Montierungen umfaßt;

[0019] [Fig. 7](#) ist eine Draufsicht auf eine zweite Ausführungsform einer Solaranlage mit derartigen Montierungen;

[0020] [Fig. 8](#) ist eine Draufsicht auf eine Solaranlage mit Montierungen, deren Winkelstellung gegenüber den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) verändert ist; und

[0021] [Fig. 9](#) ist ein Diagramm zur Erläuterung der Funktionsweise der Anordnung aus [Fig. 8](#).

[0022] Die in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gezeigte Montierung **10** für eine Gruppe **12** von Solarmodulen **14** umfaßt ein Drehgestell **16**, das drehbar auf einer feststehend montierten Basis **18** angeordnet ist. Bei den Solarmodulen **14** handelt es sich um bekannte Photovoltaik-Module in Form von rechteckigen flachen Solarpaneelen, die dazu vorgesehen sind, auf die Solarmodul-Fläche fallende Sonneneinstrahlung in elektrische Energie umzuwandeln. Die Module **14** sind zu diesem Zweck auf nicht dargestellte Weise an elektrische Einrichtungen zur Erzeugung, Umwandlung, Weiterleitung und Speicherung der elektrischen Energie angeschlossen, die im wesentlichen bekannt sind, so dass auf ihre Beschreibung an dieser Stelle verzichtet wird.

[0023] Die Basis **18** umfaßt zwei parallel angeordnete, fest montierte Stahlschienen **20**, **22**, die beispielsweise auf einem Flachdach angebracht sein können. Vorteilhafterweise können jedoch auch ohnehin vorhandene Konstruktionsteile eines Dachs bzw. Gebäudes wie etwa die Dachbinder als Schienen **20**, **22** genutzt werden, so dass die Zahl der zu montierenden Teile sowie die statische Last verringert wird. Auf den Oberseiten der Schienen **20**, **22** sind vier Konsolen **24** angeordnet, die zwei einander senkrecht kreuzende Diagonalträger **26** tragen, die jeweils mit den Schienen **20**, **22** einen Winkel von 45° einschließen. Bei der vorstehend beschriebenen Nutzung der Dachbinder als Schienen **20**, **22** können die Konsolen **24** die Dachhaut durchdringen, welche die Dachbinder verdeckt. Die beiden Diagonalträger **26** tragen an jedem ihrer Enden ein Rollenlager **28**. Auf diesen vier Rollenlagern **28** liegt das Drehgestell **16** auf.

[0024] Das Drehgestell **16** umfaßt einen kreisförmigen Schienenkranz **30**, der aus vier viertelkreisförmig gebogenen, an ihren Enden miteinander verschweissten Rohrsegmenten **32** zusammengesetzt ist. Ein Mittelträger **34**, der sich zwischen zwei gegenüberliegenden Umfangspunkten des Schienenkranzes **30** erstreckt und dessen Mittelpunkt schneidet, stabilisiert den Schienenkranz **30**. Ein nicht dargestellter Antrieb, der einen am Kreuzungspunkt **36** (siehe [Fig. 2](#)) der Diagonalträger **26** fest angebrachten Motor umfaßt, kann mittels einer durch den Motor angetriebenen Welle am Mittelträger **34** angreifen und ein Drehmoment auf diesen übertra-

gen, so dass der Schienenkranz **30** auf den Rollenlagern **28** gleitend in eine Drehung um eine Achse versetzt wird, die den Kreuzungspunkt **36** senkrecht schneidet. Gegebenenfalls kann eine Stabilisierung dieser Drehbewegung durch zusätzliche Führungsrollen erfolgen, die seitlich oder von oben an dem Schienenkranz **30** anliegen. Alternativ zu einem Antrieb im Schienenkranz-Mittelpunkt sind auch Antriebe denkbar, die über geeignete Drehmoment-Übertragungsmittel wie Rollen, Ketten oder dergleichen am Schienenkranz **30** selbst angreifen.

[0025] Auf dem Schienenkranz **30** des Drehgestells **16** sind drei Reihen **38, 40, 42** von Solarmodulen **14** befestigt. Die Solarmodule **14** einer Reihe **38, 40, 42** werden von zwei parallelen Querstreben **48, 50** getragen, von denen die vordere untere Querstrebe **48** unmittelbar auf dem Schienenkranz **30** befestigt ist, während die obere hintere Querstrebe **50** von senkrechten Stützen **44** getragen wird, die auf dem Schienenkranz **30** aufragen. Auf den Querstreben **48, 50** liegen die Solarmodule **14** nebeneinanderliegend auf, so dass sie an ihren vorderen Unterkanten von der Querstrebe **48** und ihren hinteren Oberkanten von der Querstrebe **50** getragen werden. Somit haben alle Solarmodule **14** einer Reihe **38, 40, 42** die gleiche Neigung und liegen in einer gemeinsamen Ebene. Da die Stützen **44** aller drei Reihen **38, 40, 42** gleich hoch sind, ergibt sich auch für die Solarmodule **14** unterschiedlicher Reihen **38, 40, 42** der gleiche Neigungswinkel, so dass die Modulflächen in drei unterschiedlichen Ebenen liegen, die im hier gezeigten Fall parallel zueinander stehen.

[0026] Die Reihen **38, 40, 42** von Solarmodulen **14** sind somit unmittelbar auf einer Montagefläche **52** montiert, in der der Schienenkranz **30** liegt. Die Drehachse des Drehgestells **16** fällt im vorliegenden Fall mit der Flächennormalen der Montagefläche **52** zusammen, so dass letztere eine Rotationsebene bildet, in bzw. auf welcher die Solarmodule **14** synchron gedreht werden. Wenngleich die Reihen **38, 40, 42** von Solarmodulen **14** hier auf dem Schienenkranz **30** selbst befestigt sind, kann die Montagefläche **52** durch eine Montageplatte gebildet werden, auf der die Reihen **38, 40, 42** an bestimmten Befestigungspunkten montiert sein können, oder weitere konzentrische Schienenkreise können zur Unterstützung der Reihen **38, 40, 42** innerhalb oder ausserhalb des Schienenkranzes **30** angeordnet sein. Wenngleich bei der hier gezeigten Montierung **10** die Neigungswinkel aller Solarmodule **14** der Gruppe **12** gegenüber der Montagefläche **52** gleich sind, ist es denkbar, dass die Solarmodule **14** unterschiedlicher Reihen **38, 40, 42** einen voneinander abweichenden Neigungswinkel aufweisen oder dass auch die Neigungswinkel innerhalb einer Reihe individuell verstellbar sind. Zu diesem Zweck sind die Reihen **38, 40, 42** mit einem geeigneten Stellantrieb zu versehen, der die Solarmodule **14** um eine horizontale Achse parallel zu den Querstreben **48, 50** schwenkt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auf eine Darstellung einer solchen Abwandlung in den Figuren verzichtet.

[0027] Durch die Anordnung der Solarmodule **14** einer Reihe in einer gemeinsamen Ebene und durch die parallele Anordnung der beabstandeten Reihen **38, 40, 42** haben alle Solarmodule **14** der Gruppe **12** den gleichen Azimut, d. h. die gleiche Winkelausrichtung auf den Horizont. Der Azimut entspricht der Richtung der Projektion der Flächennormalen der Solarmodule **14** auf die Horizont-Ebene.

[0028] Das Drehgestell **16** kann mit Hilfe des Antriebs so zur Sonne gedreht werden, dass eine optimale Ausbeute bei der Energieumwandlung erreicht wird. Steht die Sonne so hoch, dass keine Beschattung der einzelnen Modulreihen untereinander auftreten kann, so wie es beispielsweise der Fall ist, wenn die Richtung der Sonneneinstrahlung mit der Blickrichtung des Betrachters in [Fig. 1](#) zusammenfällt, ist eine optimale Winkelstellung des Drehgestells **16** erreicht, wenn der Azimut der Solarmodule **14** genau mit der Einfallrichtung der Sonneneinstrahlung zusammenfällt. Durch eine geeignete Steuerung des Antriebs kann das Drehgestell **16** dem Lauf der Sonne während des Tages nachgeführt werden. Dies kann kontinuierlich durch ständige langsame Drehung der Antriebswelle erfolgen oder auch stufenweise in Intervallen, so dass ein ständiger Betrieb des Antriebsmotors vermieden wird. Es versteht sich, dass eine ähnliche Nachführung auch in Bezug auf die Neigung der Solarmodule **14** denkbar ist. Zu diesem Zweck kann auf die Konstruktionsprinzipien bekannter Nachführungen zurückgegriffen werden, wonach die Neigung der Modulfläche ebenfalls an den Sonnenstand anpaßbar ist.

[0029] Bei extrem niedrigen Sonnenständen ist das oben beschriebene Nachführungsprinzip, nach welchem der Azimut der Solarmodule **14** in Übereinstimmung mit der Sonnen-Einfallrichtung gebracht wird, nicht mehr optimal, da eine Abschattung der beiden hinteren Reihen **40, 42** eintritt und lediglich die Solarmodule **14** der vorderen Reihe **38** optimal ausgerichtet sind. Die Effizienz der Montierung **10** läßt sich steigern, indem in einer derartigen Situation von diesem Prinzip abgewichen wird, wie im folgenden anhand von [Fig. 3](#) erläutert werden soll.

[0030] In [Fig. 3](#) fällt der Azimut α der Solarmodule **14** nicht mit der Richtung γ der Sonneneinstrahlung zusammen, sondern zwischen der Richtung der Sonneneinstrahlung γ und dem Azimut α wird in der Hori-

zont-Ebene ein Differenzwinkel δ aufgespannt, der im folgenden als Ausrichtungswinkel bezeichnet wird. Die Solarmodule **14** der Gruppe **12** sind somit auf dem Drehgestell **16** um den Ausrichtungswinkel δ im Uhrzeigersinn aus der Sonne "herausgedreht". Hier und in der folgenden Beschreibung wird von einem Standort auf der Nordhalbkugel der Erde ausgegangen, so daß die Situation in [Fig. 3](#) einer Stellung des Drehgestells **16** am Morgen entspricht. Der Winkel des Sonnenstandes über dem Horizont wird durch σ bezeichnet, während ein Schatten-Grenzwinkel β definiert ist als der Winkel zwischen der Horizontebene und einer Verbindungslinie V zwischen der Oberkante O der vorderen Reihe **38** und der Unterkante U der hinteren Reihe **40** in der Azimut-Ebene, d. h. der senkrechten Ebene, die sich in Richtung des Azimut α der Solarmodule **14** erstreckt und die die Modul-Flächen senkrecht schneidet.

[0031] Ist der Sonnenstand σ über dem Horizont höher als der Schatten-Grenzwinkel β , kann keine Abschattung der hinteren Modulreihe durch die vorderen Solarmodule **14** auftreten, da die Schattenlinie der Oberkante O der vorderen Reihe **38** vor die Unterkante U der hinteren Reihe **40** fällt. In dieser Situation ist eine Stellung der Solarmodule **14** optimal, in welcher der Azimut α des Drehgestells **16** mit der Sonneneinfallrichtung γ zusammenfällt. Wird der Sonnenstand σ niedriger als der Schatten-Grenzwinkel β , so läßt sich durch den Antrieb ein Ausrichtungswinkel δ einstellen, bei welchem das Drehgestell **16** gerade so weit aus der Sonne herausgedreht ist, dass die Schattenlinie der vorderen Oberkante O die hintere Unterkante U verfehlt, entsprechend der in [Fig. 3](#) gezeigten Situation.

[0032] Mit H als der Höhendifferenz zwischen der Oberkante O und der Unterkante U , A als dem kürzesten horizontalen Abstand zwischen O und U in Richtung des Azimuts α und S als dem horizontalen Abstand zwischen O und U in der Sonneneinfallrichtung γ ergeben sich nach [Fig. 3](#) die folgenden trigonometrischen Beziehungen:

$$\begin{aligned}\tan\beta &= H/A \\ \tan\sigma &= H/S \\ \cos\delta &= A/S = \tan\sigma/\tan\beta \\ \delta &= \arccos(\tan\sigma/\tan\beta)\end{aligned}\tag{1}$$

[0033] Zur Erreichung einer optimalen Energieausbeute über den Tagesverlauf hinweg läßt sich die Anlage so steuern, dass bei Tagesanbruch, wenn die Sonne unmittelbar über dem Horizont steht, das Drehgestell **16** um einen Ausrichtungswinkel δ aus der Richtung der Sonneneinstrahlung nach Süden herausgedreht wird, so dass keine Abschattung der Reihen von Solarmodulen **14** eintritt. Überschreitet die Höhe des Sonnenstandes σ den Schatten-Grenzwinkel β , wird zu einer Nachführung übergegangen, bei welcher ein Hineindreuen in die Sonnenrichtung erfolgt, bis der Azimut α mit der Sonneneinfallrichtung γ zusammenfällt und $\delta = 0$ wird. Im Tagesverlauf erfolgt die Nachführung so, dass stets die Richtung des Azimuts α der Solarmodule **14** an die Veränderung der Sonneneinfallrichtung γ angepaßt wird. Sinkt die Sonne so weit, dass die Grenzbedingung $\sigma < \beta$ eintritt, erfolgt wieder ein "Herausdrehen" nach dem oben beschriebenen Schema. Nach Erreichen des Ausrichtungswinkels δ kann gegebenenfalls auf eine Nachführung verzichtet werden, da diese bei dem extremen seitlichen Einfall auf die Solarmodule **14** nicht mehr effizient ist. Die gesamte Steuerung kann zeitlich vorprogrammiert sein und gegebenenfalls durch einen Sensor, der die Sonnenstandsrichtung überprüft, korrigiert werden. Ferner kann die Elektronik eine Diagnoseeinheit umfassen, die Fehlfunktion detektiert und meldet oder dokumentiert.

[0034] Die oben beschriebene Betriebsweise der Montierung **10** ist in [Fig. 4](#) anhand eines Diagramms dargestellt, in welchem die zeitliche Veränderung des Sonnenhöhenwinkels σ , der Sonneneinfallrichtung γ (mit $\gamma = 0$ in Richtung des Meridians) und des Azimut α der Solarmodule **14** dargestellt sind, und zwar für den 21. Dezember. Die Tageszeit ist in der horizontalen Achse aufgetragen, während an der senkrechten Achse der jeweilige Winkel in Grad ablesbar ist. Da die Sonne sich an diesem Tag nicht weit über den Horizont erhebt und der Sonnenhöhenwinkel σ stets kleiner bleibt als der Schatten-Grenzwinkel β , wird das Drehgestell **16** zwischen zwei extremen Stellungen gedreht, wobei in der ersten Extremstellung am Vormittag der Azimut α des Drehgestells **16** erheblich größer ist als der Winkel γ , bis bei Überschreiten des Meridians im Süden die Stellung durch Drehen des Antriebs gewechselt wird (zu erkennen an dem Nulldurchgang der durchgezogenen Linie zur Bezeichnung des Verlaufs von α).

[0035] Am 21. Juni (siehe [Fig. 5](#)) herrscht eine völlig andere Situation, da sich die Sonne hier sehr bald steil über den Horizont erhebt und der Schatten-Grenzwinkel überschritten wird. Dann wird das Drehgestell **16** so gedreht, dass der Anlagen-Azimut α mit der Sonnen-Einstrahlungsrichtung γ zusammenfällt. Diese "hineingedrehte" Stellung wird über einen längeren Tagesverlauf beibehalten, bis kurz vor Sonnenuntergang ein Ausrichtungswinkel δ nach Gleichung (1) durch Herausdrehen des Drehgestells **16** eingestellt wird, der eine Ab-

schattung der Solarmodule vermeidet. Flache Teilstücke im Kurvenverlauf des Anlagen-Azimum α (in [Fig. 5](#) etwa zwischen 7:00 und 8:30 morgens) ergeben sich bei der Ansteuerung der nachfolgend beschriebenen Anlagen, die mehrere Drehgestelle **16** umfassen und auf eine bestimmte Art und Weise aufeinander ausgerichtet werden, wie insbesondere im Zusammenhang mit [Fig. 9](#) noch näher erläutert werden wird.

[0036] Mehrere der zuvor beschriebenen Montierungen **10** lassen sich zu einer Solaranlage **60** zusammenfassen, wie sie in [Fig. 6](#) gezeigt ist. Diese Solaranlage **60** umfaßt acht Montierungen **10** für Gruppen von Solarmodulen **14** gemäß [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#), die hier in der Draufsicht zu erkennen sind, wobei die Diagonalträger **26** der Basen **18** und die Mittelträger **34** der Drehgestelle **16** der Übersichtlichkeit halber nicht eingezeichnet sind. Jeweils vier Drehgestelle **16** sind auf einer gemeinsamen Basis **18** angeordnet, wobei die vier Stahlschienen **20**, **22** der beiden Basen **18** genau parallel liegen und die Drehgestelle **16** der beiden Basen **18** auf solche Weise benachbart sind, dass die Drehgestelle **16** auf den Schnittpunkten eines Rechteckrasters angeordnet sind. Alle Drehgestelle **16** können synchron miteinander durch ihre jeweiligen Antriebe gedreht werden, oder es kann auch einziger Antrieb zur Drehung aller Drehgestelle **16** vorgesehen sein. In diesem Fall müssen die Drehgestelle **16** durch geeignete Mittel wie etwa Zugorgane oder dergleichen mechanisch gekoppelt sein.

[0037] [Fig. 7](#) zeigt eine von [Fig. 6](#) abweichende Anordnung von Montierungen **10** in einer Solaranlage **62**. In dieser dienen ebenfalls vier parallele Stahlschienen **64**, **66**, **68**, **70** als Basen **18**. Jede der Montierungen **10** benutzt jeweils zwei Schienen **64**, **66**, **68**, **70** als ihre Basis **18**, und zwar auf solche Weise, dass die beiden Drehgestelle **16** der obersten Reihe in [Fig. 7](#) jeweils auf den beiden linken und rechten Schienenpaaren **64**, **66** sowie **68**, **70** als Basen **18** angebracht sind, während das darunter angeordnete Drehgestell **16** um den halben Abstand der beiden obersten Drehgestelle **16** gegenüber diesen versetzt ist, d. h., in der Breitenrichtung mittig zwischen ihnen angeordnet ist und die beiden mittleren Schienen **66**, **68** als Basis **18** nutzt. Diese Anordnung wiederholt sich in der dritten und vierten Reihe in [Fig. 7](#) und kann nach oben und unten auf den Schienen **64**, **66**, **68**, **70** wiederholt werden.

[0038] Zu den Zeiten, an denen die Sonne so niedrig steht, daß eine Verschattung von Solarmodulen **14** droht, insbesondere auch eine Abschattung benachbarter Drehgestelle **16**, läßt sich die Anlage so steuern, daß Reihen von Solarmodulen **14** verschiedener Drehgestelle **16** miteinander fluchten, wie im folgenden erläutert werden soll. [Fig. 8](#) zeigt eine Solaranlage **80**, die sechs Drehgestelle **16** umfaßt, die in zwei Reihen nebeneinanderliegend auf zwei Basen **18** angeordnet sind. Alle Drehgestelle **16** sind im gleichen Azimut ausgerichtet, also in der gleichen Winkelstellung in der horizontalen Ebene. Im Gegensatz zu den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) ist der Azimut hier jedoch so gewählt, dass Reihen von Solarmodulen **14** einander benachbarter Drehgestelle **16** miteinander fluchten, also auf einer gemeinsamen Geraden liegen. Betrachtet man beispielsweise die obere Basis **18**, so liegen die unterste, d. h. vordere Reihe **38** des linken Drehgestells **16**, die mittlere Reihe **40** des mittleren Drehgestells **16** und die hintere (obere) Reihe **42** des rechten Drehgestells **16** auf einer gemeinsamen Geraden L1, die in [Fig. 7](#) gestrichelt markiert ist und durch die Unterkanten U der drei Reihen **38**, **40**, **42** von Solarmodulen **14** verläuft. Das gleiche gilt für die obere (hintere) Reihe **42** des linken Drehgestells **16** der unteren Basis **18**, die vordere Reihe **38** des mittleren Drehgestells **16** der oberen Basis **18** und die mittlere Reihe **40** des rechten Drehgestells **16** der oberen Basis **18**, die auf der zu L1 parallelen Geraden L2 liegen. Durch dieses Fluchten der Anordnung der Reihen von Solarmodulen **14** läßt sich auf vorteilhafte Weise eine Abschattung vermeiden.

[0039] Es sind weitere Stellungen möglich, in denen verschiedene Reihen miteinander fluchten, wie beispielsweise eine Stellung, in der eine vordere Reihe **38** mit der hinteren Reihe **42** des auf der gleichen Basis **18** benachbarten Drehgestells **16** fluchtet. Die Drehgestelle **16** lassen sich so steuern, dass aus einer ersten fluchtenden Stellung, wie sie in [Fig. 8](#) gezeigt und weiter oben beschrieben ist, unmittelbar die nächste fluchtende Stellung angefahren wird, bis wiederum eine weitere Stellung in Bezug auf den Sonnenstand günstiger ist. Diese Art der Ansteuerung bestimmter Stellungen ist in [Fig. 9](#) für den Zeitraum von ca. 4:00 Uhr bis 7:00 Uhr morgens dargestellt.

[0040] Im einzelnen hängt die Steuerung des Fahrwegs der Drehgestelle **16** durch den Antrieb stets von geometrischen Faktoren ab, die durch die Anlagenkonstruktion bedingt sind, wie insbesondere der Höhe und dem Neigungswinkel der Solarmodule **14**, dem Abstand der Reihen, der sich daraus ergebene Schatten-Grenzwinkel β , den Abständen der Drehachsen der Drehgestelle **16**, einer gegebenenfalls vorhandenen Neigung der Dachfläche und deren Ausrichtung zum Horizont.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Montierung (**10**) für eine Gruppe (**12**) von Solarmodulen (**14**), die auf ei-

ner gemeinsamen Montagefläche (52) montiert sind und deren Modulflächen in mindestens zwei verschiedenen Ebenen liegen, die gegenüber der Montagefläche (52) geneigt sind, welche Solarmodule (14) in voneinander beabstandeten Reihen (38, 40, 42) auf der Montagefläche (52) derart angeordnet sind, dass alle Solarmodule (14) der Gruppe (12) den gleichen Neigungswinkel mit der Montagefläche (52) einschließen und im gleichen Azimut ausgerichtet sind, welche Montagefläche (52) durch ein Drehgestell (16) gebildet wird, das durch einen Antrieb drehbar auf einer Basis (18) angeordnet ist, wobei die Solarmodule (14) als Photovoltaikmodule ausgebildet sind, und das Drehgestell (16) einen kreisförmigen Schienenkranz (30) umfasst, über welchen sich Querstreben (48, 50) erstrecken, von denen jeweils zwei parallele, auf unterschiedlichen Höhen über dem Schienenkranz (30) angeordnete Querstreben (48, 50) eine Reihe (38, 40, 42) von Solarmodulen (14) tragen, wobei das Drehgestell (16) in Abhängigkeit vom gegenwärtigen Sonnenstand in einen zwischen dem Azimut (α) der Solarmodule (14) und der Richtung der Sonneneinstrahlung (γ) aufgespannten Ausrichtungswinkel (δ) gedreht wird, der sich aus den folgenden Beziehungen ergibt:

$$\delta = \arccos (\tan \sigma / \tan \beta) \quad (1) \quad \text{für } \sigma < \beta, \text{ und}$$

$$\delta = 0 \quad \text{für } \sigma > \beta.$$

mit: σ = Höhenwinkel des Sonnenstandes über dem Horizont, und

β = Schatten-Grenzwinkel,

wobei der Schatten-Grenzwinkel (β) definiert ist als der Winkel zwischen der Horizont-Ebene und der Verbindungslinie (V) zwischen der Oberkante (O) einer vorderen Reihe von Solarmodulen (14) und der Unterkante (U) einer dahinter angeordneten Reihe von Solarmodulen (14) in der Ebene des Azimuts (α) der Solarmodule (14).

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Drehgestell (16) kontinuierlich durch ständige Drehung in den Ausrichtungswinkel (δ) nachgeführt wird.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Drehgestell (16) schrittweise in zeitlichen Intervallen in den Ausrichtungswinkel (δ) nachgeführt wird.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

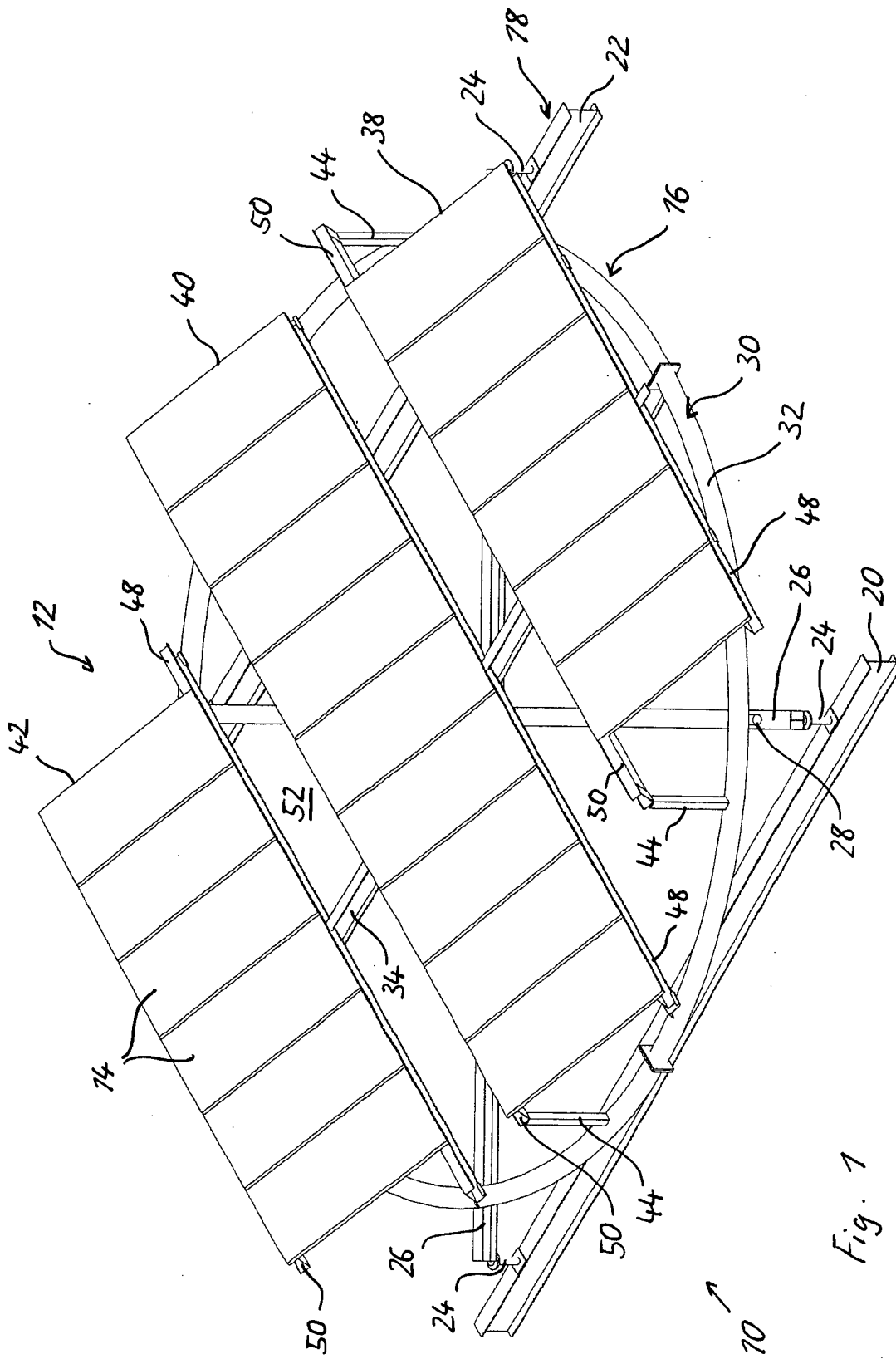


Fig. 1

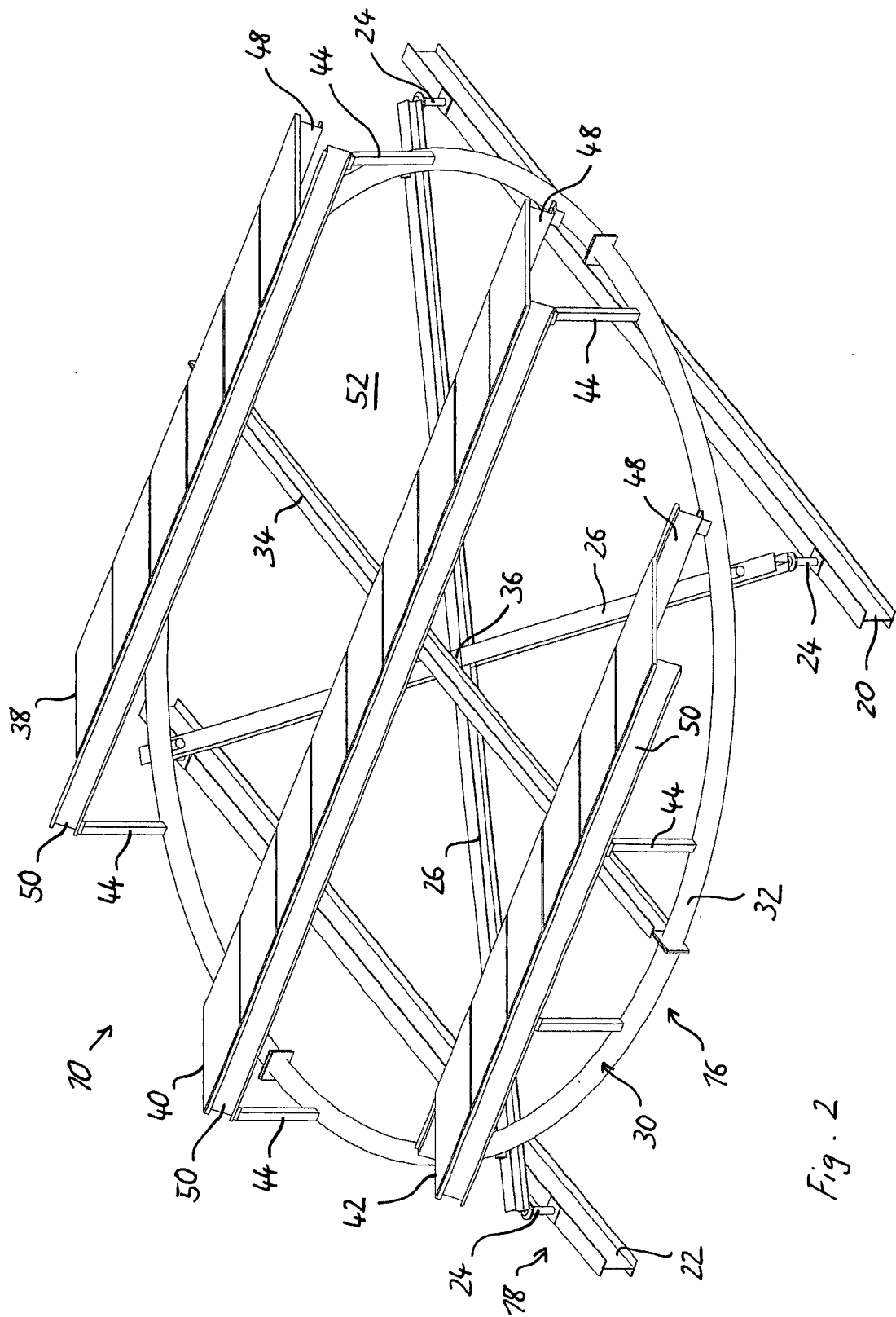


Fig. 2

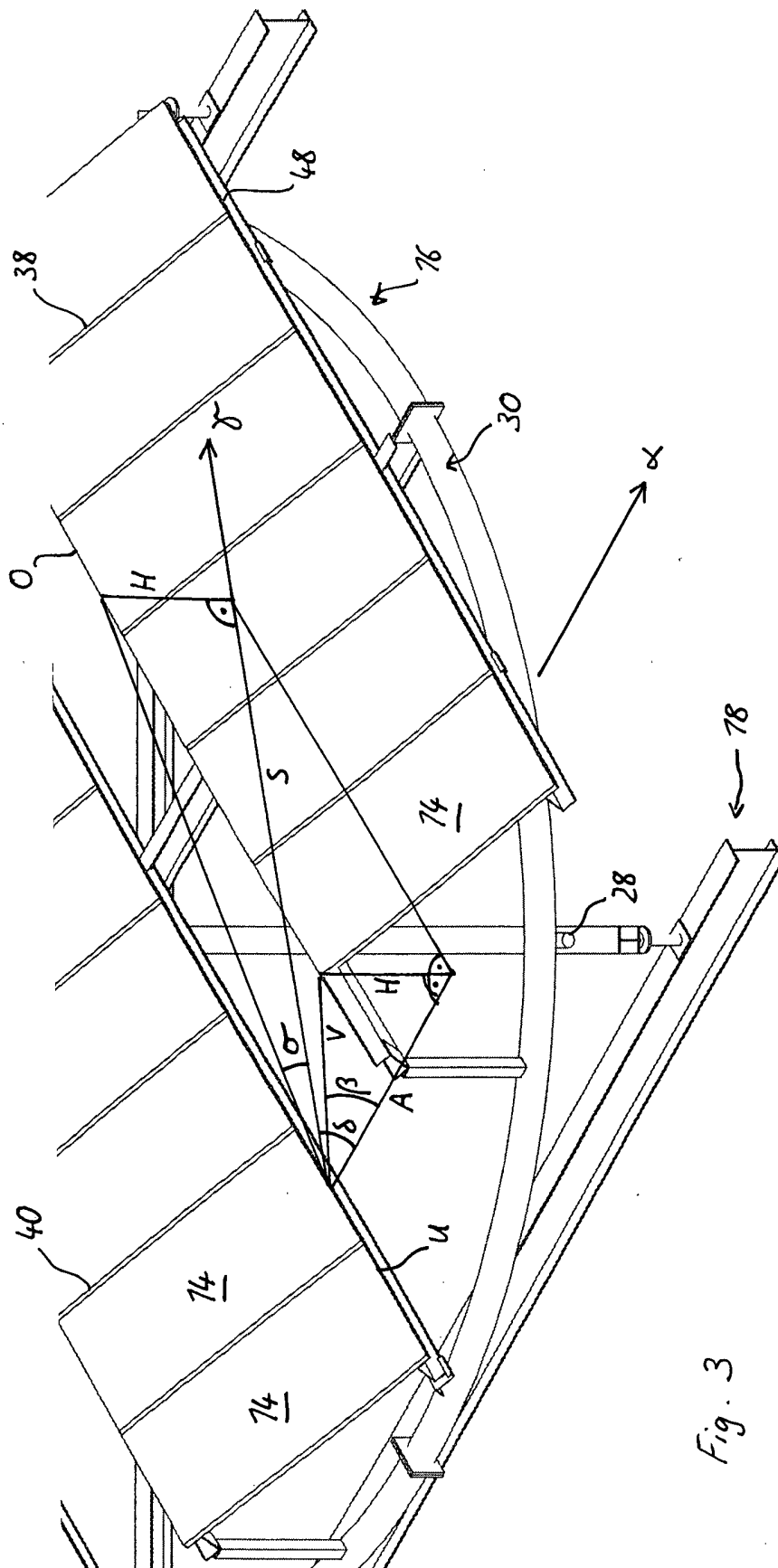
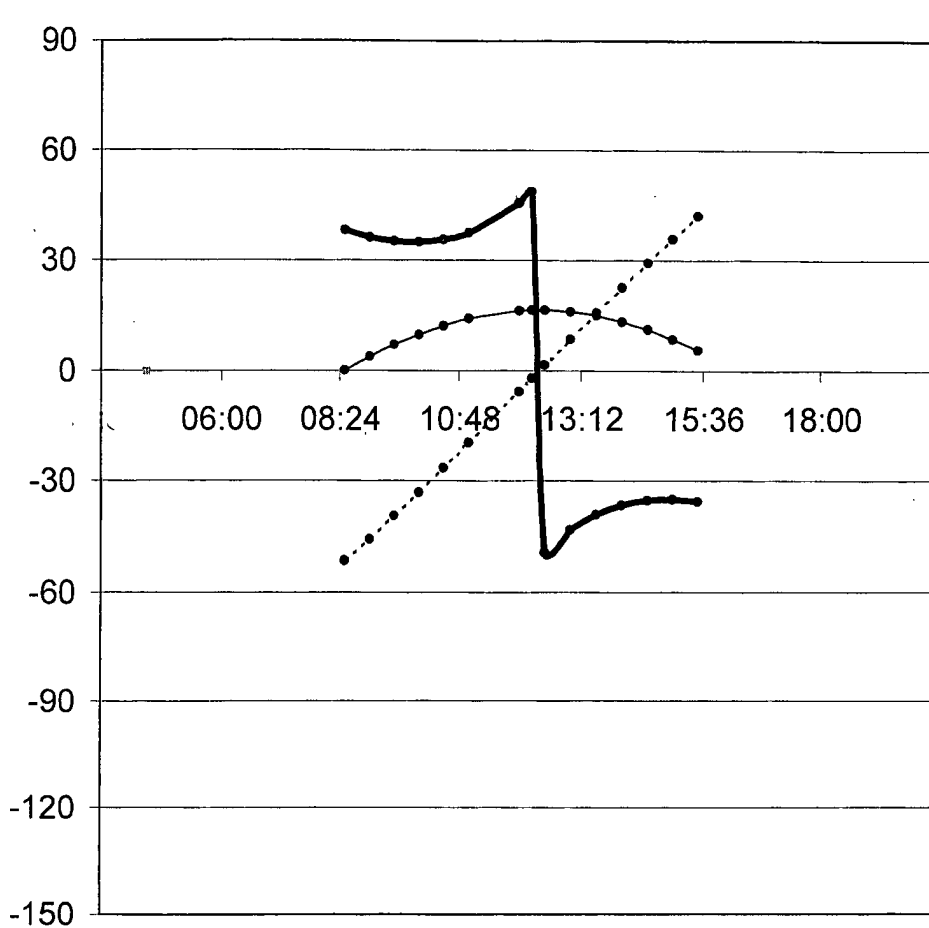


Fig. 3



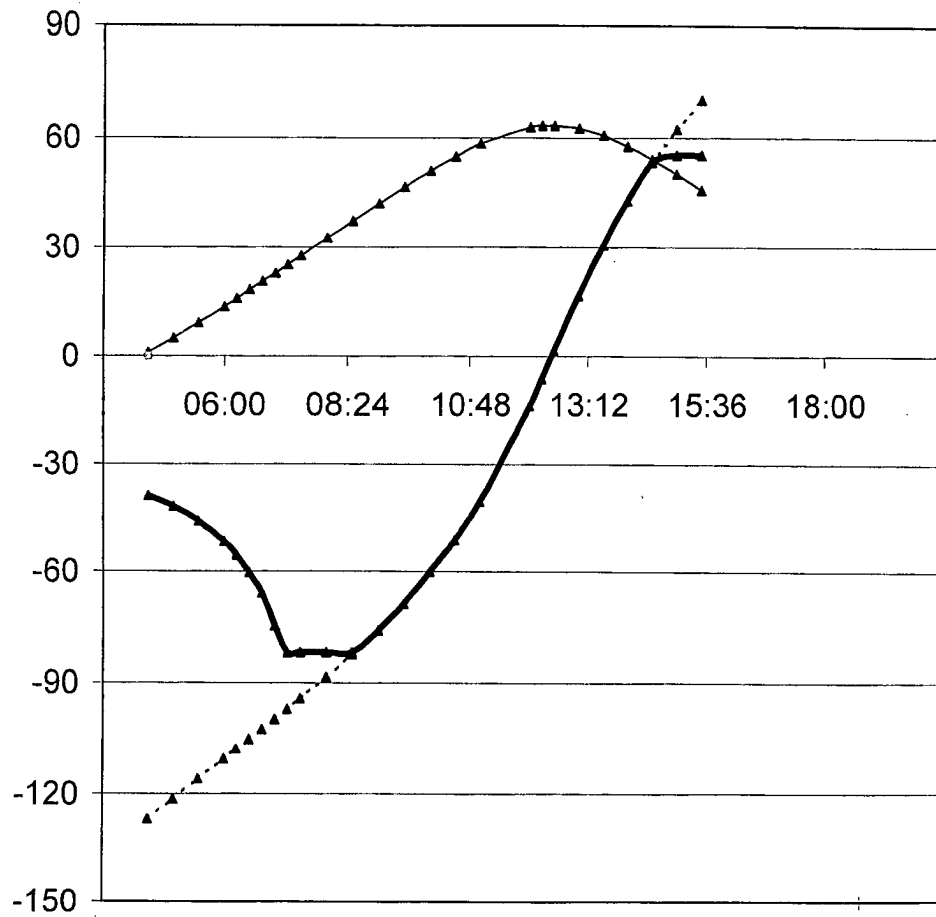
21. 12.

...••• Sonnen-Einstrahlungsrichtung γ

—•— Sonnenhöhenwinkel σ

—•— Anlagen-Azimut α

Fig. 4



21. 6.

- ▲--- Sonnen-Einstrahlungsrichtung γ
- ▲— Sonnenhöhenwinkel σ
- Anlagen-Azimut α

Fig. 5

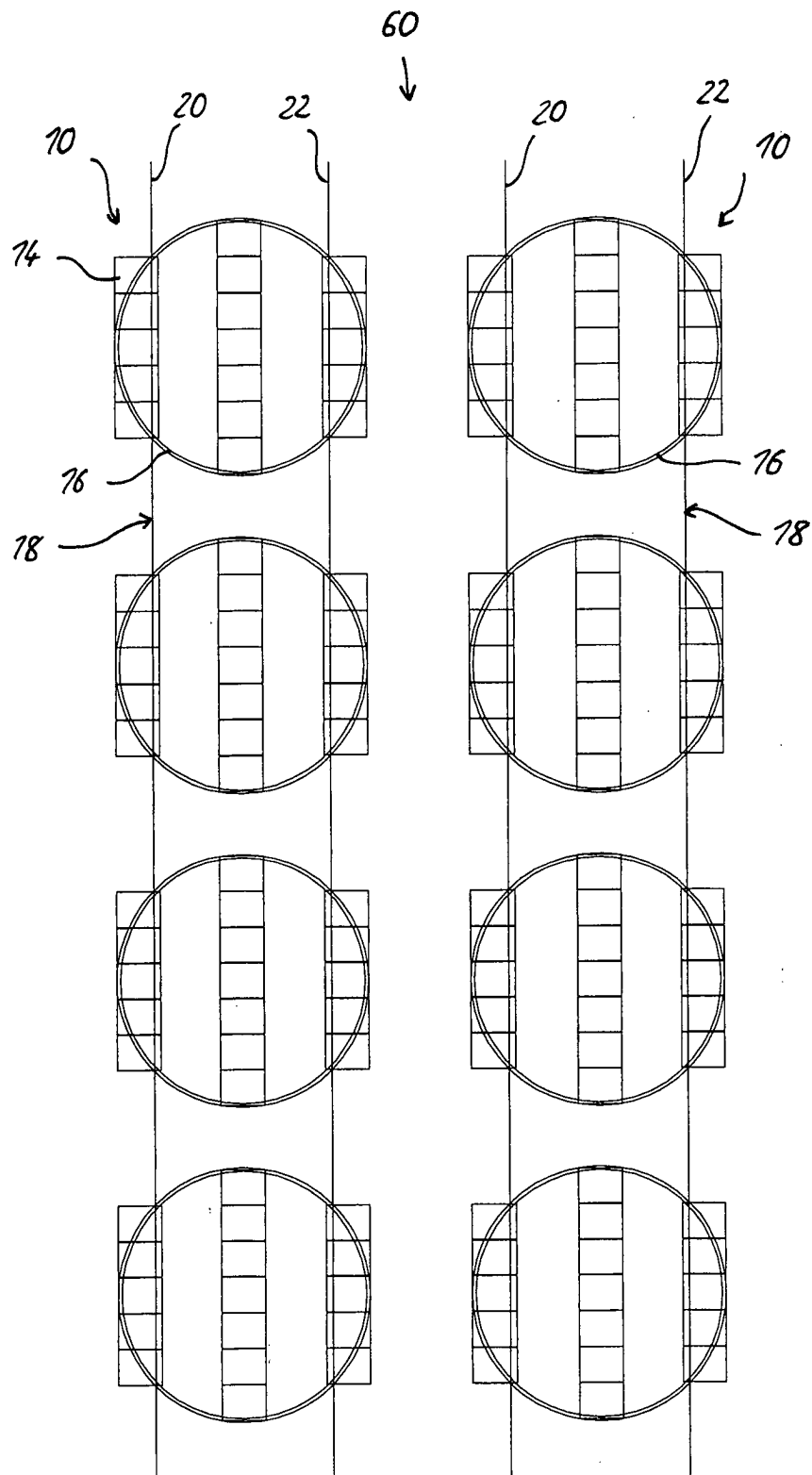


Fig. 6

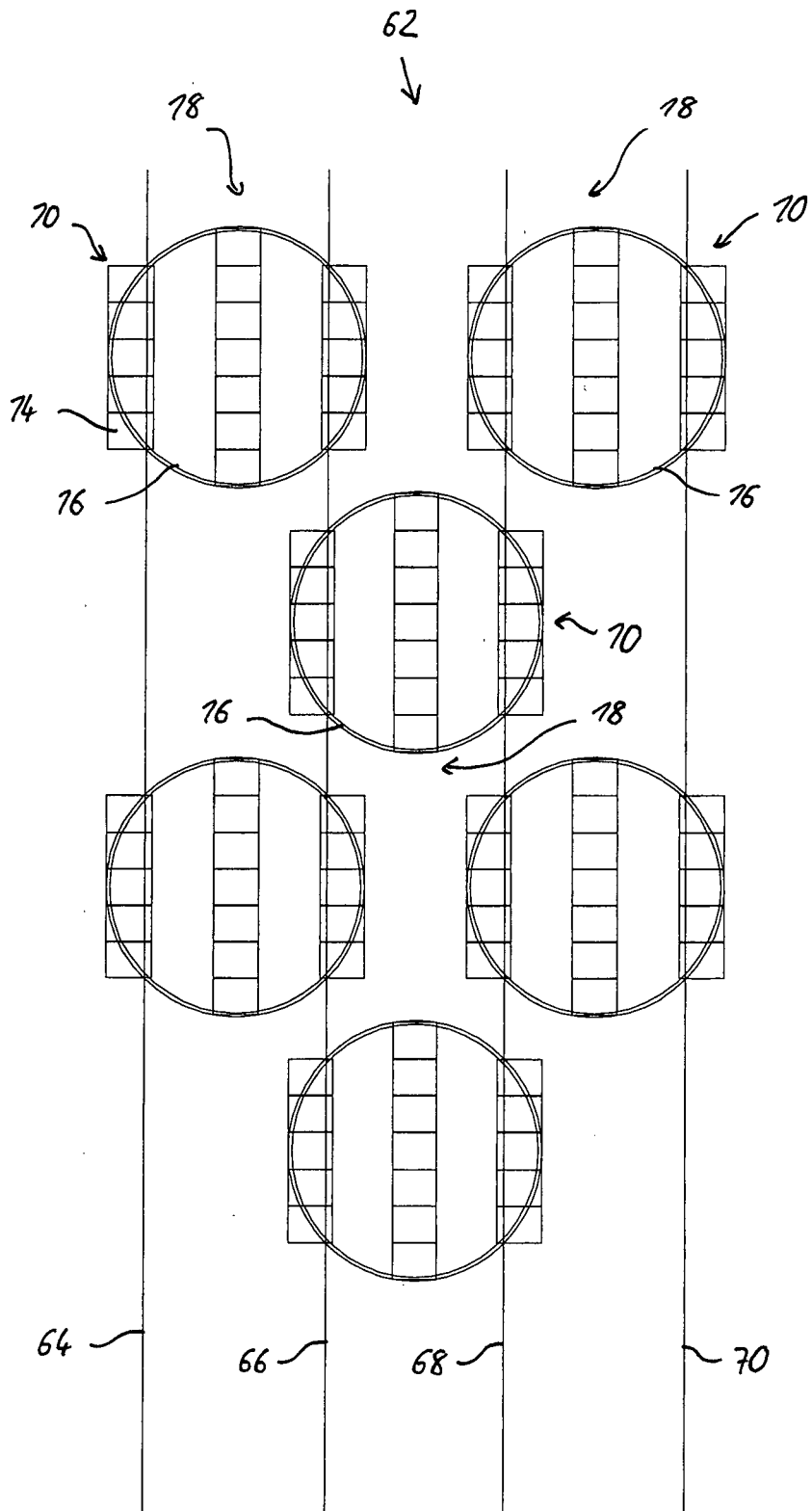


Fig. 7

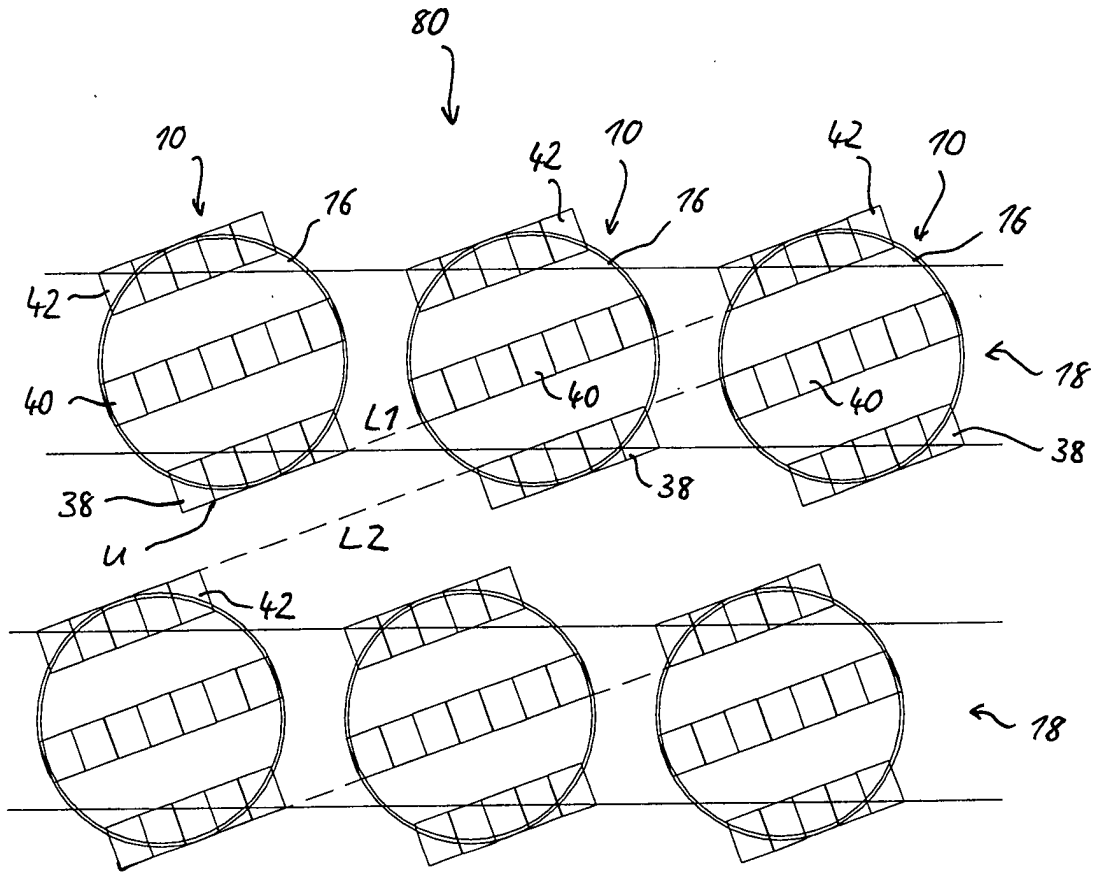
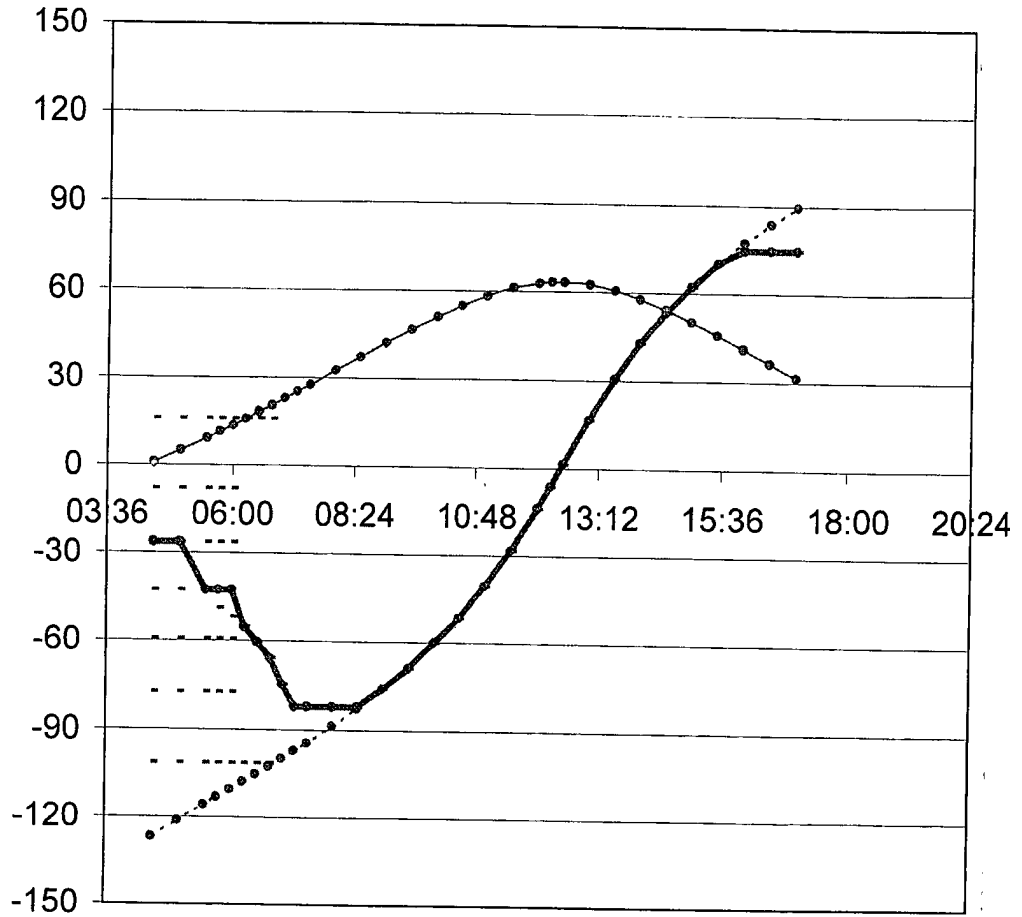


Fig. 8



21. 06.

- Sonnen-Einstrahlungsrichtung γ
- Sonnenhöhenwinkel σ
- Anlagen-Azimut α

Fig. 9