

(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  
11. Februar 2010 (11.02.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2010/015515 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
F24J 2/07 (2006.01)

(DE). AMSBECK, Lars [DE/DE]; Wilhelmstr. 3, Stuttgart 70372 (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/059454

(74) **Anwalt: SELTING, Günther;** Patentanwälte, von Kreisler Selting Werner (224), Bahnhofsvorplatz 1, Deichmannhaus am Dom, 50667 Köln (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
22. Juli 2009 (22.07.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(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, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2008 036 210.7  
2. August 2008 (02.08.2008) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E.V.** [DE/DE]; Linder Höhe, Köln 51147 (DE).

(72) **Erfinder; und**

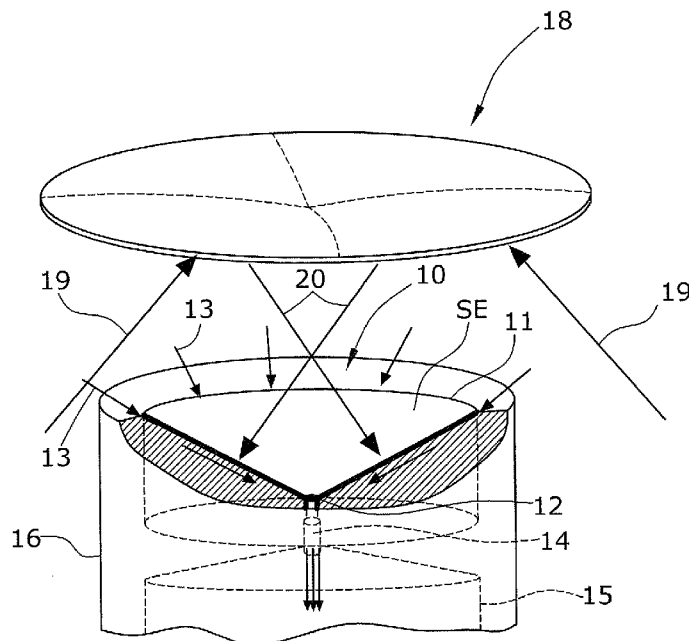
(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **RÖGER, Marc** [DE/DE]; Haydnstr. 1, Obersulm 74182 (DE). **BUCK, Reiner** [DE/DE]; Wegländerstr. 62a, Stuttgart 70563

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** RADIATION RECEIVER

(54) **Bezeichnung:** STRAHLUNGSRECEIVER



**Fig.1**

(57) **Abstract:** A radiation receiver for transmitting the energy of incident solar radiation onto solid particles comprises a skewed plane (SE) on which the solid particles slide off in a controlled manner from an inlet device to a discharge (12). The radiation of a heliostat field is reflected from a secondary mirror (18) onto the skewed plane (SE). The particles that slide off of the skewed plane are heated up by the solar radiation and discharged to a tank (15). The particles constitute a thermal storage means from which heat can be extracted as necessary.

(57) **Zusammenfassung:** Ein Strahlungsreceiver zur Übertragung der Energie einfallender Solarstrahlung auf Feststoffpartikel weist eine schiefe Ebene (SE) auf, auf der die Feststoffpartikel kontrolliert von einer Einlassvorrichtung zu einem Ablauf (12) hinabgleiten. Die Strahlung eines Heliostatfeldes wird von einem Sekundärspiegel (18) auf die schiefe Ebene (SE) reflektiert. Die auf der schiefe Ebene herabgleitenden Partikel werden durch die Solarstrahlung aufgeheizt und in einen Tank (15) abgeführt. Die Partikel bilden einen Wärmespeicher, dem Wärme je nach Bedarf entzogen werden kann.

WO 2010/015515 A2



DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,  
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, 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)*

### Strahlungsreceiver

Die Erfindung betrifft einen Strahlungsreceiver zur Übertragung der Energie einfallender Solarstrahlung auf Feststoffpartikel sowie ein entsprechendes Verfahren.

Generell befasst sich die Erfindung mit der konzentrierenden Solartechnik (CSP = Concentrating Solar Power) unter Verwendung solarer Turmanlagen.

Es ist bekannt, Solarstrahlung, die auf ein größeres Areal fällt, mit Heliostatspiegeln auf einen Solarstrahlungsempfänger (Receiver) zu reflektieren.

Direkt absorbierende Receiver (DAR = Direct Absorption Receiver) besitzen den Vorteil, dass die Solarstrahlung direkt auf das zu beheizende Gut fällt. Hierdurch kann auf hochtemperaturstabile und teure Rohre oder volumetrische Strukturen aus Metall oder Keramik verzichtet werden. Die direkte Einkopplung von Solarstrahlung in das zu erhitzende Gut ermöglicht sehr hohe solare Strahlungsflussdichten und hohe Endtemperaturen. Dadurch ist der Wirkungsgrad von DAR und daran angekoppelten Kraft-Wärmeprozessen besonders hoch. Bei Partikelreivern, die Feststoffpartikel enthalten, entfallen teure Wärmetauscher, um die Energie von einem Receivermedium wie Luft oder Wasserdampf an das Speichermaterial weiterzugeben. Die Feststoffpartikel bilden das Speichermaterial. Die in das System integrierte Energiespeicherung erlaubt den Betrieb kontinuierlicher Prozesse auch bei fluktuierender Solarstrahlung und bei Nacht. Die eingekoppelte Wärme kann für verschiedene Zwecke genutzt werden, beispielsweise für Gas- oder Dampfturbinenprozesse oder für chemische Prozesse, wie die Wasserstofferzeugung.

Bekannt sind Receiver, bei denen Feststoffpartikel im freien Falle eine Strecke durchlaufen, in welche hochkonzentrierte Strahlung eingeleitet wird, die von den Partikeln absorbiert wird. Solche Falling Particle Receiver arbeiten mit kleinen Partikeln von 0,3 mm – 1 mm Durchmesser. Diese erwärmen sich beim Durchlaufen des solaren Fokus.

Ferner sind Flüssigsalz-Filmreceiver bekannt, bei denen flüssiges Salz auf der bestrahlten Receiverseite durch Schwerkraft nach unten sinkt und dabei erwärmt wird.

Die bekannten Receiver, die mit Feststoffpartikeln arbeiten, haben den Nachteil, dass die erreichte Partikeltemperatur wesentlich von der Strahlungsflussdichte abhängt. Daher ist es erforderlich, zur Erzielung einer gewünschten Wärmeaufnahme den Massenstrom der Partikel zu verändern. Eine geringe Massenstromdichte hat zur Folge, dass sich die Partikel weniger abschatten und

- 3 -

der einzelne Partikel trotz geringerer einfallender Strahlungsflussdichte bis zur Solltemperatur erhitzt wird. Eine Verringerung der Partikeldichte hat auch zur Folge, dass die Transparenz des Partikelvorhangs zunimmt und daher mehr Solarstrahlung von der Rückwand an die Umgebung reflektiert wird. Diese Verluste führen zu niedrigen Teillastwirkungsgraden. Ein weiterer Nachteil besteht in der hohen Windanfälligkeit. Vor allem bei schräg einfallenden Winden werden Partikel aus dem fallenden Vorhang ausgetragen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen mit Feststoffpartikeln arbeitenden Strahlungsreceiver zu schaffen, der auch bei Teillastbetrieb gute Wirkungsgrade hat, und bei dem die Windanfälligkeit verringert ist.

Der Solarstrahlungsreceiver nach der vorliegenden Erfindung ist durch den Patentanspruch 1 definiert. Ferner ist ein Verfahren zur Übertragung der Energie einfallender Strahlung auf Feststoffpartikel gemäß der Erfindung durch den Patentanspruch 12 definiert.

Erfindungsgemäß werden die Feststoffpartikel auf eine schräge Ebene geführt, auf der sie die mit konzentrierter Solarstrahlung bestrahlte Receiverstrecke durchlaufen. Die Receiverstrecke bildet eine schiefe Ebene mit einem Neigungswinkel, der in der Regel zwischen 20° und 50° beträgt. Durch die Größe der Neigung der schiefen Ebene kann die Verweildauer der Partikel in der Bestrahlungsstrecke beeinflusst werden.

Der Massenstrom der Feststoffpartikel kann über regelbare Eintrittsöffnungen eingestellt werden. Bei geringen solaren Einstrahlungen wird ein kleinerer Partikel-Massenstrom zugeführt. Die optischen Absorptionseigenschaften hängen nicht von der Größe des Massenstromes ab. Damit besitzt der Receiver auch bei geringen Massenstromdichten eine hohe Absorptivität und daher hohe Wirkungsgrade.

Der Massenstrom kann durch Regelung beziehungsweise Verstellung der Einlassvorrichtung verändert werden. Bei geringen solaren Einstrahlungen wird ein kleinerer Partikel-Massenstrom zugeführt. Bei dem erfindungsgemäßen Konzept hängen die optischen Absorptionseigenschaften nicht von der Größe des Massenstromes ab. Der Receiver zeigt auch bei geringen Massenstromdichten eine hohe Absorptivität, so dass ein hoher Wirkungsgrad erreicht wird.

Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung besteht in der Beeinflussung der Aufenthaltszeit der Partikel im Strahlungsempfangsbereich des Receivers. Der Wirkungsgrad des Receivers wird in Teillast nicht wesentlich verringert. Der erfindungsgemäße Receiver hat eine geringe Windempfindlichkeit. Weitere Vorteile sind der einfache Aufbau und die direkte Einkopplung der Wärme in die Partikel.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Neigung der schiefen Ebene geregelt veränderbar ist. Auf diese Weise kann die Verweildauer der Partikel und somit auch die bei der jeweiligen Strahlungsdichte erreichbare Temperatur beeinflusst werden. Alternativ oder zusätzlich hierzu kann der Massenstrom durch Regelung der Einlassvorrichtung veränderbar sein.

Die schiefe Ebene kann die Form eines Trichters oder Kraters haben. Alternativ hierzu kann sie auch die Form eines Kegels haben. All diesen Varianten, die auch miteinander kombinierbar sind, ist gemeinsam, dass die schiefe Ebene ringförmig ist und ein Zentrum umgibt. Eine andere Variante der Erfindung sieht vor, dass die schiefe Ebene plattenförmig ist.

Die Erfindung eignet sich insbesondere für Strahlungsreceiver, die auf einem Turm angebracht sind und Solarstrahlung von einem Heliostatfeld aus zahlreichen am Boden angeordneten Heliostatspiegeln empfangen. Am Strahlungsreceiver kann ein Sekundärspiegel vorgesehen sein, der die einfallende Strahlung auf die schiefe Ebene verteilt. Der Sekundärspiegel hat

einerseits die Aufgabe, die Strahlung auf die schiefe Ebene, beziehungsweise die darauf herabgleitenden Partikel, zu konzentrieren und andererseits die Aufgabe, die Strahlung gleichmäßig auf die schiefe Ebene zu verteilen, um örtliche Strahlungsspitzen oder -senken zu vermeiden.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Übertragung der Energie einfallender Strahlung auf Feststoffpartikel, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die Feststoffpartikel über eine schiefe Ebene rutschen, während sie der Strahlung ausgesetzt werden.

Die Feststoffpartikel können aus jeglicher Art von Granulat bestehen, das hochtemperaturbeständig ist. Es kann sich um Keramikpartikel oder Sand handeln. Bevorzugt wird eine Zusammensetzung verwendet, die 83%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 7%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und als Rest  $\text{SiO}_2$  und  $\text{TiO}_2$  und andere enthält. Die Partikelgröße beziehungsweise Korngröße beträgt vorzugsweise etwa 0,3 mm – 1 mm.

Im Folgenden werden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert.

Es zeigen:

- Figur 1 eine Prinzipdarstellung einer Trichter-Variante des Strahlungsreceivers,
- Figur 2 ein Ausführungsbeispiel der Trichter-Variante mit Festbett,
- Figur 3 eine Draufsicht von Figur 2,
- Figur 4 ein Ausführungsbeispiel als Kombination von Trichter- und Kegels-Variante,

- Figur 5 eine Draufsicht von Figur 4,  
Figur 6 ein Ausführungsbeispiel der Kegel-Variante mit Festbettssubstrat,  
Figur 7 eine Draufsicht von Figur 6,  
Figur 8 einen plattenförmigen Receiver und  
Figur 9 eine Draufsicht von Figur 8.

Der Receiver von Figur 1 weist eine Leitvorrichtung 10 auf, die eine Gleitfläche zum kontrollierten Gleiten von Partikeln unter Schwerkrafteinfluss bildet. Die Leitvorrichtung 10 ist hier nach Art eines Trichters ausgebildet. Sie weist eine schiefe Ebene SE auf, die sich von einem oberen Rand 11 bis zu einem zentralen unteren Ablauf 12 erstreckt. Die Neigung der schiefen Ebene ist an allen Stellen gleich. An dem oberen Rand befinden sich Einlassvorrichtungen, die umfangsmäßig verteilt angeordnet sind, so dass von jeder Einlassvorrichtung ein Partikelfluss 13 in den Trichter eingeleitet wird. An dem Ablauf 12 befindet sich eine Dosiervorrichtung 14, mit der der Partikelstrom beeinflusst werden kann. Dadurch kann die Verweildauer der Partikel auf der schiefen Ebene kontrolliert werden. Von der Dosiervorrichtung 14 fallen die heißen Partikel in einen Tank 15, der einen Wärmespeicher bildet, aus dem die Partikel bedarfsabhängig entnommen werden können. Alternativ hierzu kann eine entsprechende Dosiervorrichtung auch am Einlass vorgesehen sein, um die Verweildauer und damit die Bestrahlungsdauer zu kontrollieren.

Die Leitvorrichtung 10 und der Tank 15 sind bei diesem Ausführungsbeispiel von einem Mantel 16 umgeben, der eine Wärmeabstrahlung an die Umgebung verhindert.

Der gesamte Strahlungsreceiver ist rotationssymmetrisch mit vertikaler Achse ausgebildet.

Über der Leitvorrichtung 10 befindet sich ein Sekundärspiegel 18, der die von einem Heliostatfeld kommende Strahlung 19 reflektiert, wobei die reflektierte Strahlung 20 auf die schiefe Ebene SE möglichst gleichmäßig verteilt wird. Der Sekundärspiegel 18 lenkt die von unten her einfallende Strahlung von oben auf den Receiver. Seine Spiegelfläche ist leicht gekrümmt, so dass er eine fokussierende Wirkung hat. Die schiefe Ebene SE ist jedoch gegenüber dem Fokus in Richtung der optischen Achse versetzt. Der Sekundärspiegel kann relativ klein gebaut werden, mit dem Vorteil geringer Windlasten und niedriger Kosten.

Die Hangneigung der Schrägfläche SE hängt ab von den Reibungseigenschaften der Partikel in Kombination mit der Leitvorrichtung. Generell beträgt die Hangneigung  $< 20^\circ$ . Durch diese Hangneigung wird sichergestellt, dass stets Partikel auf der Schrägfläche SE liegen. Der effektive Böschungswinkel der Oberfläche der Partikelschüttung beträgt zwischen  $20^\circ$  und  $40^\circ$ , insbesondere etwa  $30^\circ$ .

Der erfindungsgemäße Strahlungsreceiver kann als Flowing Particle Receiver bezeichnet werden, im Gegensatz zu dem bekannten Falling Particle Receiver. Beim Flowing Particle Receiver kann der Massenstrom ohne Hilfseinrichtungen geregelt werden. Bei erhöhter Zufuhr von Partikeln nimmt die Hangsteigung – je nach Bauart des Receivers – zu oder ab, so dass die Rutschgeschwindigkeit sich verändert.

Da beim Flowing Particle Receiver keine Partikel frei herabfallen, ist die Windanfälligkeit gering. Auch die Abrasion der Partikel ist relativ niedrig, weil die Partikel nicht im Anschluss an einen freien Fall aufeinanderprallen, sondern aneinander abgleiten.

Figuren 2 und 3 zeigen ein Ausführungsbeispiel nach dem Prinzip Krater oder Trichter, bei dem die schiefe Ebene SE von einem Festbett 25 gebildet wird, das auf einem horizontalen Boden 26 angeordnet ist und einen Trichter mit dem erforderlichen Neigungswinkel bildet. Am oberen Rand des Trichters befindet sich die Einlassvorrichtung 27 mit umfangsmäßig verteilt angeordneten schlitzförmigen Einlässen 28 und am unteren Ende befindet sich der zentrale Ablauf. Über die Einlässe 28 werden sektormäßig unterteilt die kalten Partikel 29 zugeführt. Die Feststoffpartikel 30 bilden auf der schiefen Ebene SE ein Fließbett, das zum Ablauf 12 hin hinabgleitet. Je nach Dosierung von Zu- und Ablauf können sich die Feststoffpartikel 30 am unteren Ende aufstauen und dadurch den Böschungswinkel verkleinern. Figur 3 zeigt die Trajektorien der Partikel Flüsse 31 in den Sektoren, die jeweils einem Einlass 28 zugeordnet sind. Die Einlässe 28 können unabhängig voneinander gesteuert beziehungsweise geregelt werden. Somit kann die Massenstromverteilung im Receiver zonenweise an die aktuell vorliegende solare Flussdichteverteilung angepasst werden, so dass die sich am Ablauf 12 vereinigenden Partikelströme ihre Solltemperatur erreichen. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Ablauf ungeregelt.

Das ebenfalls aus Partikeln bestehende Festbett 25 bildet eine thermische Isolierung.

Aufgrund der Trichterform des Receivers trifft ein Teil der von den Partikeln ausgesandten Wärmestrahlung auf die Gegenwand beziehungsweise andere Teile der Trichterwand. Auf diese Weise können die Strahlverluste vermindert werden. Dies trägt zu einer Erhöhung des Wirkungsgrades des Receivers bei.

Der Receiver besitzt einen einfachen Aufbau und ist über die individuellen Einlässe 28 einfach regelbar. Er besitzt ein gutes Kaltstartverhalten, ist drucklos, benötigt keine gefährlichen Materialien und verwendet nur in eingeschränkten

Bereichen teure Hochtemperatur-Materialien. Er hat ein gutes Teillastverhalten, da der optische Wirkungsgrad unabhängig vom Partikel-Massenstrom ist.

Die nachstehende Tabelle 1 gibt typische Werte eines Flowing Particle Receivers vom Typ "Krater" an:

**Tabelle 1**

<b>RECEIVER</b>	
Thermische Leistung Receiver	480 MW <sub>th</sub>
Temperaturhub Partikel	400 K
Partikel-Massenstrom	999 kg/s
Aperturöffnung	Durchmesser: 25 m / Fläche: 480 m <sup>2</sup>
Tiefe des Kraters	~ 7 m
<b>ZULAUF</b>	
Anzahl der Zulaufzonen (bei 1/m)	78
Höhe einer Zulaufzone (bei Länge 0,5 m und Designbed.)	~ 3,3 cm
<b>THERMISCHER SPEICHER</b>	
Energieinhalt (Solar Multiple 3)	12800 MWh
Speichermenge	95940 t / 43600 m <sup>3</sup>
Zylindr. Speicherdimension z. B.	Höhe: 15 m; Durchmesser: 27 m

Bei dem Ausführungsbeispiel der Figuren 4 und 5 ist eine innere kegelförmige schiefe Ebene SE1 und eine diese umgebende äußere schiefe Ebene SE2 vorgesehen. Die schiefe Ebene SE1 hat eine zentrale Einlassvorrichtung 27a über ihrem Scheitelpunkt. Die schiefe Ebene SE2 hat eine umfangsmäßig verteilte Einlassvorrichtung 27 mit Einlässen 28, wie bei dem Ausführungsbeispiel der Figuren 2 und 3.

Die schiefen Ebenen SE1 und SE2 treffen sich an ihren unteren Enden. Hier befinden sich Schlitz- oder auf einem Kreis angeordnete runde Öffnungen, durch die die Partikel von beiden schiefen Ebenen herabfallen. Darunter befindet sich ein Ablaufring, der die herabfallenden Partikel sammelt und einem zentralen Ablauf 12 zuführt.

Dieses Ausführungsbeispiel wird auch als "Ebene" bezeichnet, da die Partikeloberfläche sich eher einer waagerechten Verteilung annähert. Die Oberfläche dieser Verteilung wird solarbestrahlt und dann von nachkommenden Partikeln abgedeckt. Der Hauptvorteil dieser Variante liegt darin, dass durch die Massenstromregelung an den Abläufen der Massenstrom individuell an die lokal vorliegende solare Flussdichte angepasst werden kann.

Figur 5 zeigt die Trajektorien der Fließwege 31, die im zentralen Bereich des Receivers von innen nach außen und im Umfangsbereich von außen nach innen verlaufen.

Die Figuren 6 und 7 zeigen die Variante "Kegel". Die schiefe Ebene SE wird von einem Festbett 25 gebildet und hat die Form eines Kegels oder Berges. Über dem Scheitelpunkt befindet sich die zentrale Einlassvorrichtung 27a. Auf dem Festbett bildet sich eine Schicht aus Partikeln 30 aus, deren Dicke zu dem Ablauf 12a hin abnimmt. Der Ablauf 12a ist hier ringförmig angeordnet und er besteht aus zahlreichen Ablaufschlitzen 33, die jeweils einem Sektor der schiefen Ebene SE zugeordnet sind. Die Partikel fließen über den Ablauf 12a in radialer Richtung ab.

Die Figuren 8 und 9 zeigen ein Ausführungsbeispiel, das als "Förderband" bezeichnet werden kann. Die schiefe Ebene SE hat hier die Form einer ebenen Platte, die eine Schrägfläche bildet, wobei am oberen Ende die Einlassvorrichtung 27 und am unteren Ende der Ablauf 12 vorgesehen ist. Die Fließrichtung der Partikel ist mit "34" bezeichnet. Durch Unterteilung der Einlassvorrichtung 27 in

mehrere Einlässe 28 kann die Dicke der Partikelschicht auf der Schrägfläche SE in Breitenrichtung variiert werden.

Ein Sekundärspiegel 18 reflektiert die von unten her einfallende Strahlung auf die Schrägfläche SE beziehungsweise die darauf hinabgleitenden Partikel.

Eine andere (nicht dargestellte) Ausführungsform sieht anstelle der schiefen Ebene SE mindestens ein Förderband vor, auf dem die Partikel durch die Bestrahlungszone hindurchgefördert werden. Ein derartiges Förderband kann horizontal angeordnet sein. Es besteht auch die Möglichkeit, mehrere Förderbänder, die in ihrer Geschwindigkeit einzeln regelbar sind, parallel zueinander laufen zu lassen.

Zur zusätzlichen Regulation der Partikel-Massenströme können verschiedene Maßnahmen durchgeführt werden, wie das Aufbringen von Vibrationen durch Rüttler oder Schlagwerke, insbesondere zur Verstetigung des Partikelflusses. Die Änderung der Hangabtriebskraft erfolgt durch Regulierung des Neigungswinkels der schiefen Ebene. Dies ist bei einem Festbett relativ einfach durchführbar. Ferner besteht die Möglichkeit, im Partikelweg Bremsstrukturen vorzusehen. Eine weitere Option sieht vor, dass magnetische Partikel benutzt werden, wobei die Laufgeschwindigkeit durch Aufbringen von Magnetfeldern beeinflusst wird.

Patentansprüche

1. Strahlungsreceiver zur Übertragung der Energie einfallender Solarstrahlung auf Feststoffpartikel (30),

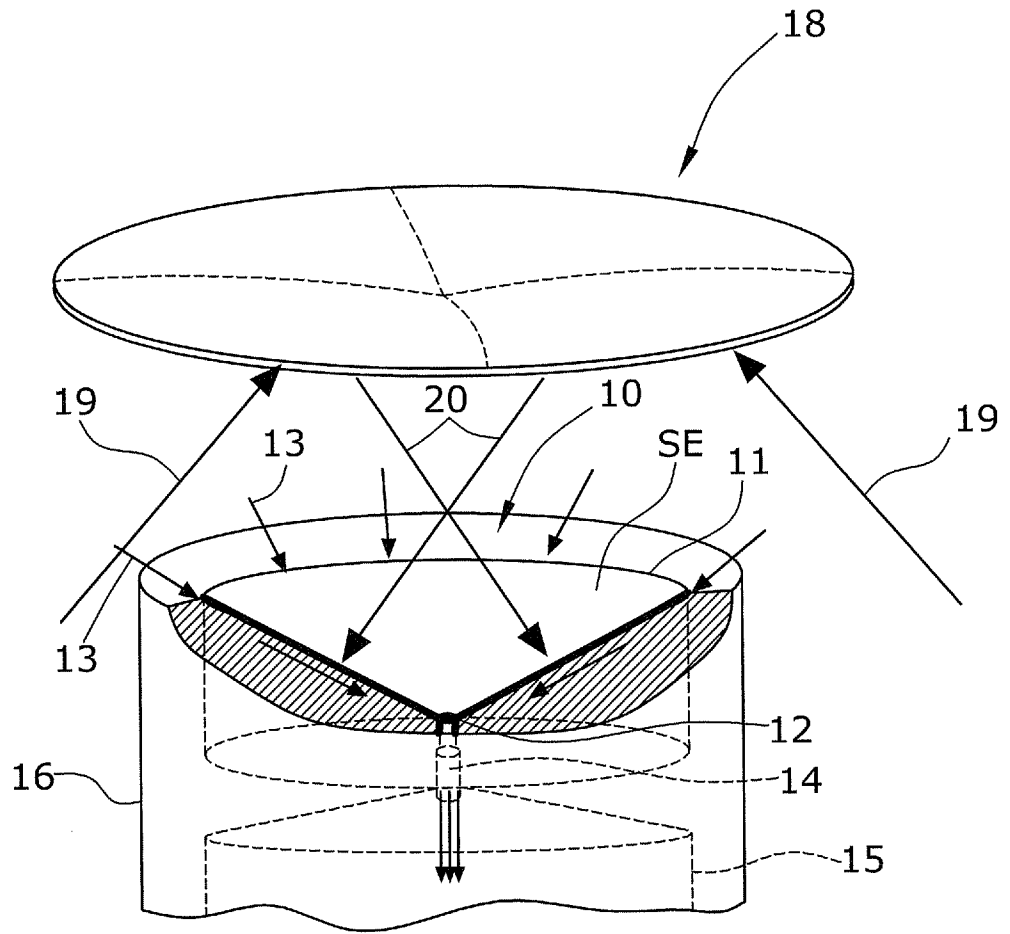
g e k e n n z e i c h n e t   d u r c h

eine schiefe Ebene (SE), die am oberen Ende einer Einlassvorrichtung (27) für kalte Partikel und am unteren Ende einen Ablauf (12) für heiße Partikel aufweist.

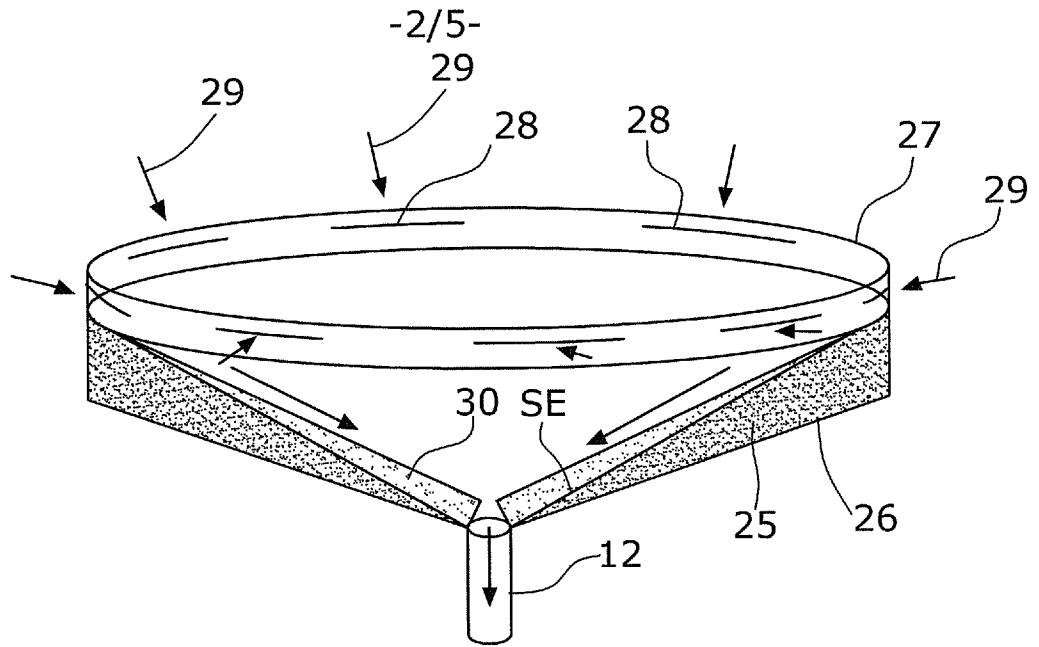
2. Strahlungsreceiver nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Neigungswinkel der schiefen Ebene (SE) geregelt veränderbar ist.
3. Strahlungsreceiver nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Massenstrom der Partikel durch Regelung der Einlassvorrichtung (27) oder einer Auslassvorrichtung veränderbar ist.
4. Strahlungsreceiver nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Neigungswinkel der schiefen Ebene (SE) beziehungsweise die Durchlassfähigkeit der Einlassvorrichtung (27) in Abhängigkeit von der Intensität der Strahlung und/oder der Temperatur der Partikel geregelt ist.
5. Strahlungsreceiver nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die schiefe Ebene (SE) die Form eines Trichters oder Kraters hat.
6. Strahlungsreceiver nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die schiefe Ebene (SE) die Form eines Kegels hat.

7. Strahlungsreceiver nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwei schiefe Ebenen (SE1,SE2) vorgesehen sind, von denen die eine die andere ringförmig umgibt.
8. Strahlungsreceiver nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die schiefe Ebene (SE) von einem Festbett (25), vorzugsweise bestehend aus den Feststoffpartikeln, gebildet ist.
9. Strahlungsreceiver nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Sekundärspiegel (18) vorgesehen ist, der einfallende Strahlung auf die schiefe Ebene (SE) verteilt.
10. Strahlungsreceiver nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Receiver zusammen mit dem Sekundärspiegel auf einem Turm angeordnet ist, wobei der Sekundärspiegel über dem Receiver angeordnet ist und von unten kommende Strahlung von oben auf den Receiver lenkt.
11. Strahlungsreceiver nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Sekundärspiegel (18) die einfallende Strahlung aus einem Heliostatfeld empfängt.
12. Verfahren zur Übertragung der Energie einfallender Strahlung auf Feststoffpartikel,  
  
dadurch gekennzeichnet,  
  
dass die Feststoffpartikel (30) über eine schiefe Ebene (SE) rutschen oder die Feststoffpartikel auf einem Förderband transportiert werden, während sie der Strahlung ausgesetzt werden.

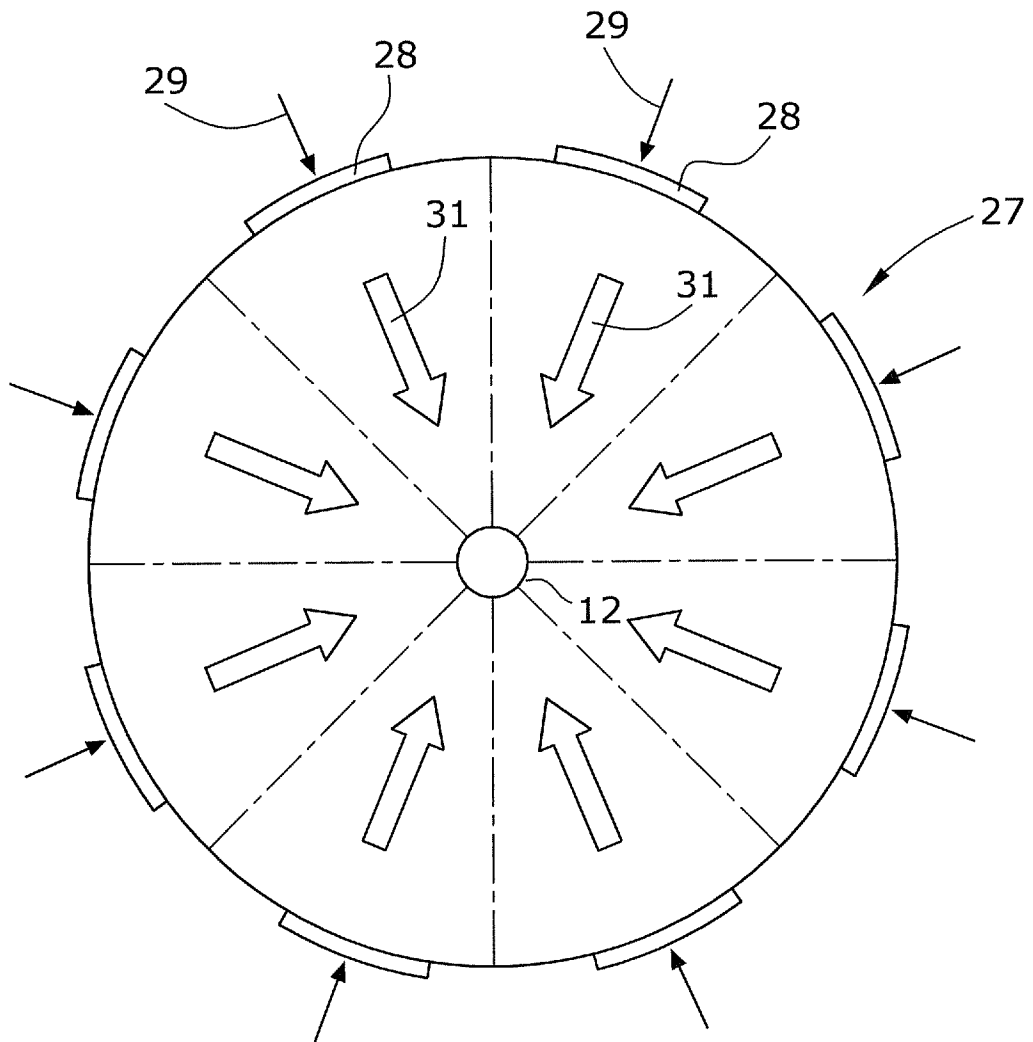
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Neigung der schiefen Ebene (SE) in Abhängigkeit von der Intensität der einfallenden Strahlung und/oder der Temperatur der Feststoffpartikel geregelt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einlassvorrichtung oder eine Auslassvorrichtung – gegebenenfalls in Sektoren unterteilt - in Abhängigkeit von der Intensität der einfallenden Strahlung und/oder der Temperatur der Feststoffpartikel geregelt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass Solarstrahlung von zahlreichen Heliostatspiegeln auf einen die schiefe Ebene (SE) enthaltenden Strahlungsreceiver gelenkt wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlung von einem Sekundärspiegel (18) auf der schiefen Ebene (SE) verteilt wird.



**Fig.1**

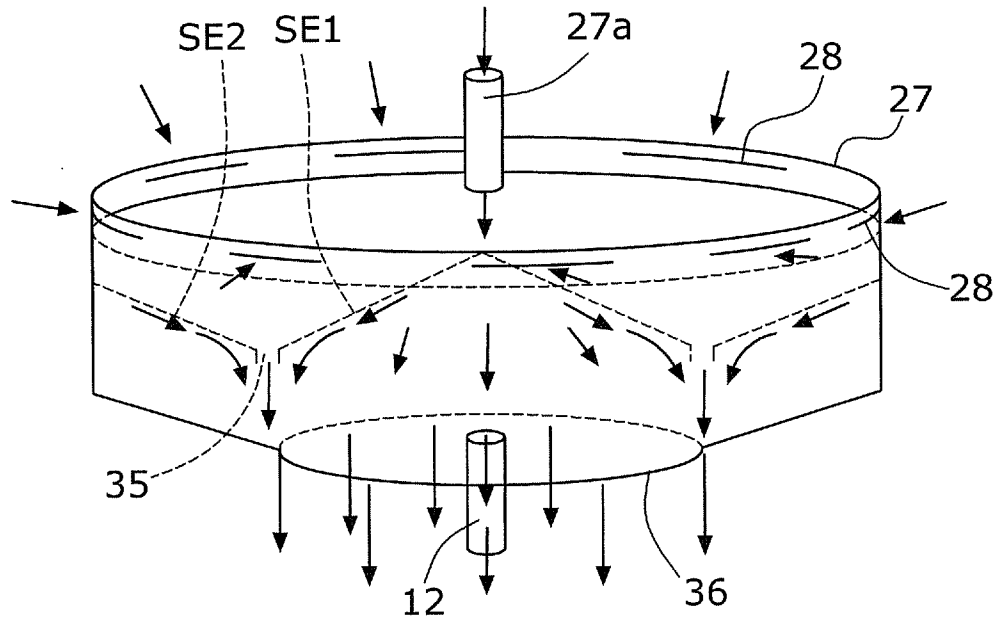


**Fig.2**

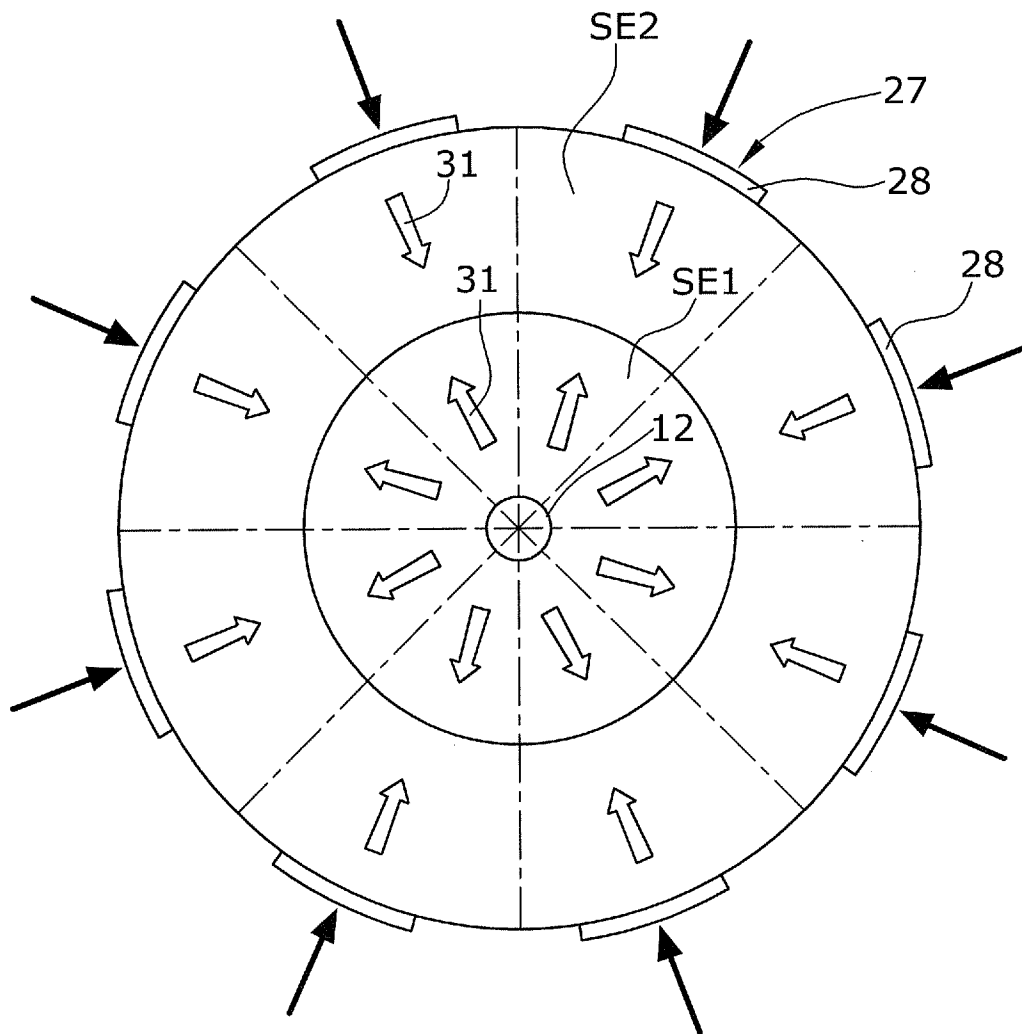


**Fig.3**

-3/5-

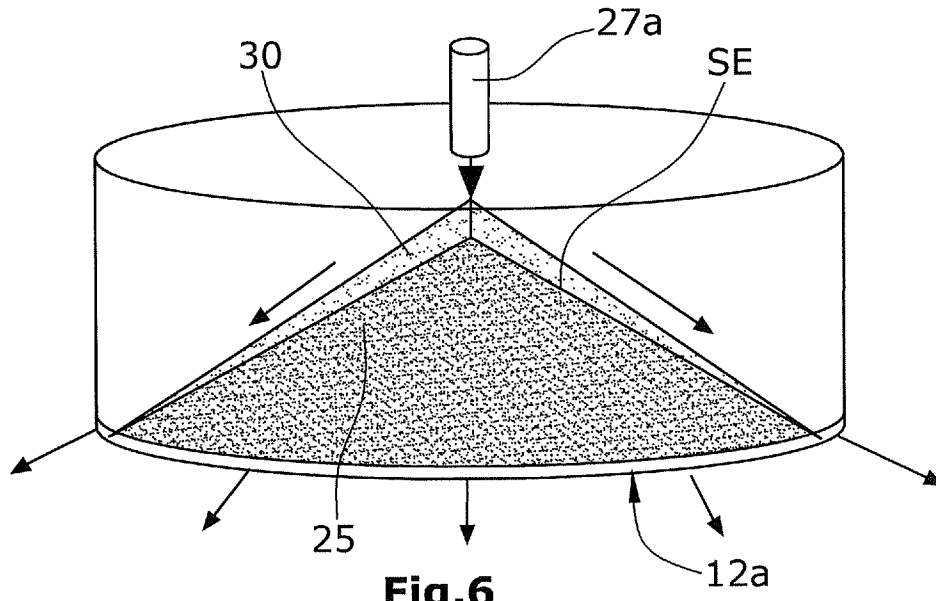


**Fig.4**

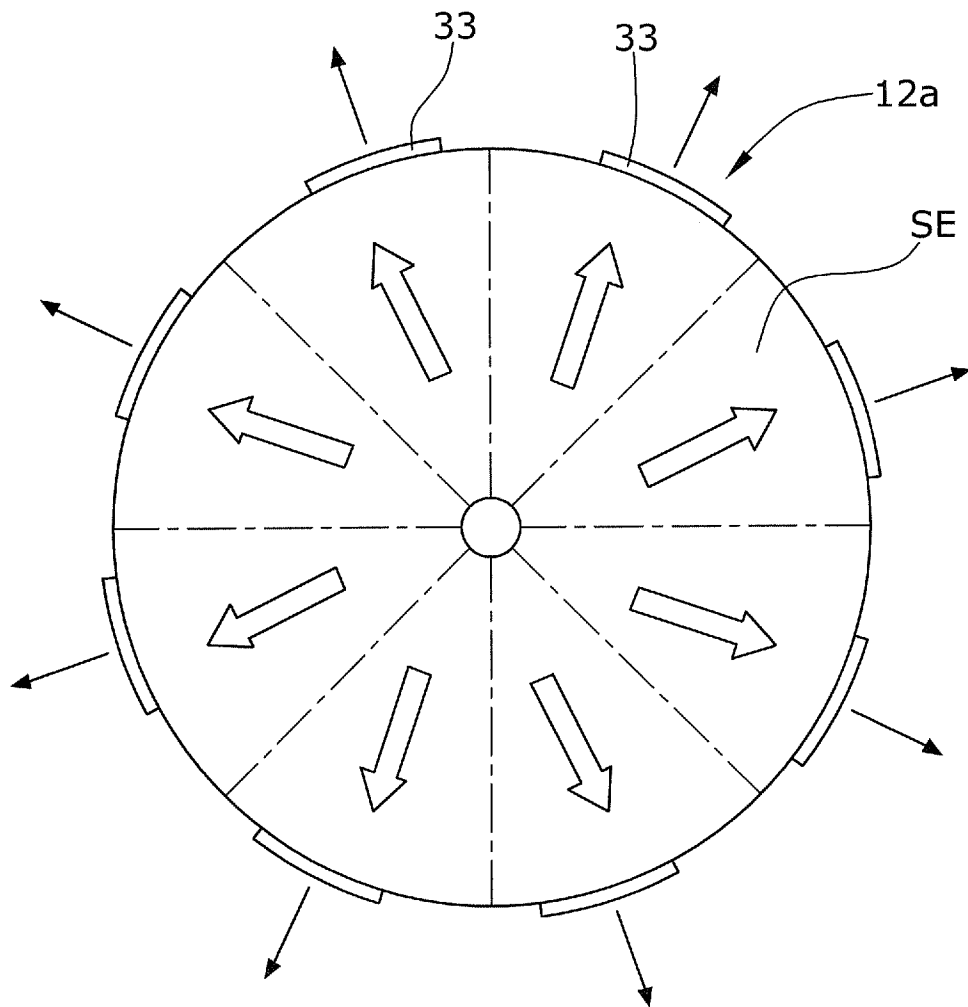


**Fig.5**

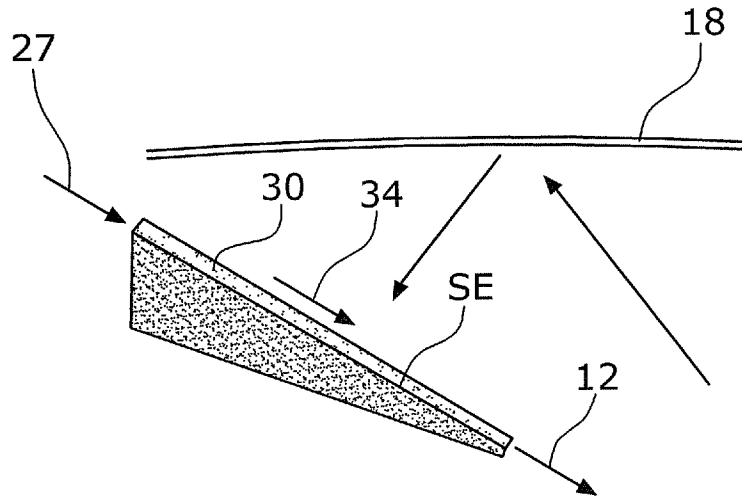
-4/5-



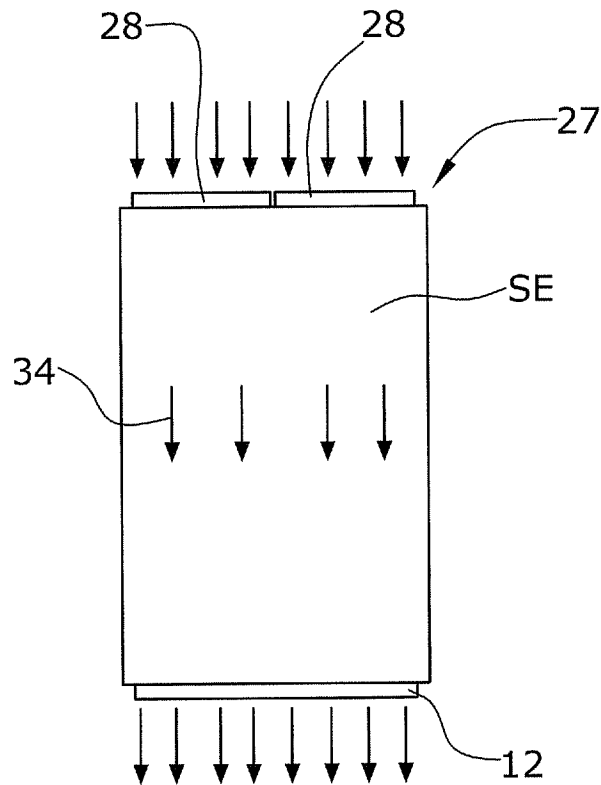
**Fig. 6**



**Fig. 7**



**Fig.8**



**Fig.9**