

(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
7. Juli 2011 (07.07.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/079936 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F28D 20/00 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/007909
- (22) Internationales Anmeldedatum:
23. Dezember 2010 (23.12.2010)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2009 060 911.3
31. Dezember 2009 (31.12.2009) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **Ed. Züblin AG** [DE/DE]; Albstadtweg 3, 70567 Stuttgart (DE). **Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.** [DE/DE]; Linder Höhe, 51147 Köln-Porz (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BAHL, Carsten** [DE/DE]; Churer Zeile 18, 12205 Berlin (DE). **BROSIG, Stefan** [DE/DE]; Nufringer Straße 8, 70563 Stuttgart (DE). **ENOEKL, Viktor** [DE/DE]; Birkacher Straße 23, 71144 Steinenbronn (DE). **LAING, Dörte** [DE/DE]; Wegländer Strasse 60b, 70563 Stuttgart (DE). **FISS, Michael** [DE/DE]; Hauptstrasse 29, 73240 Wendlingen (DE).
- (74) Anwalt: **Möll, Bitterich & Dr. Keller**; Westring 17, 76829 Landau/Pfalz (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, 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, 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, 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).

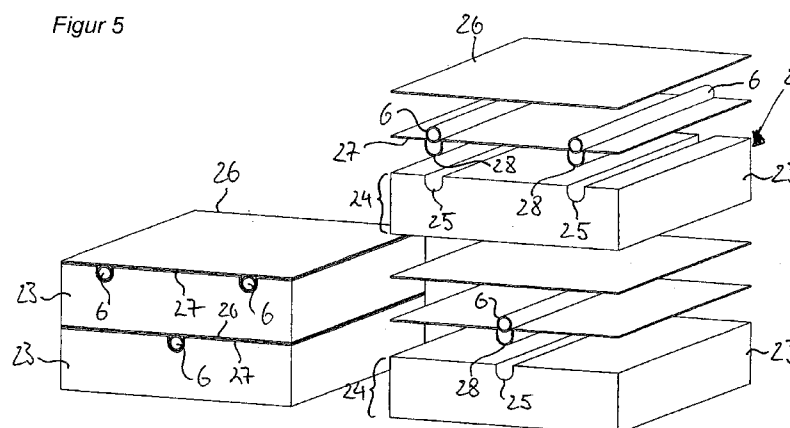
Veröffentlicht:

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND SYSTEM FOR THE INTERMEDIATE STORAGE OF THERMAL ENERGY

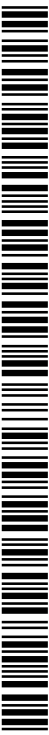
(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG UND ANLAGE ZUM ZWISCHENSPEICHERN THERMISCHER ENERGIE



(57) Abstract: The invention relates to a device for the intermediate storage of thermal energy and to a system comprising a plurality of such devices. The device has a solids store (2) and a pipe system (5), which is formed of individual pipes (6) and runs through the solids store (2) and through which an energy carrier medium flows. In order to be able to quickly and uniformly charge the solids store (2) with thermal energy or discharge thermal energy therefrom, heat conducting elements (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) are provided, each forming heat transmission regions with the individual pipes (6) and each extending into the regions of the solids store (2) that are free of individual pipes (6). For said purpose, the heat conducting elements (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) have higher heat conductivity than the solids store (2).

(57) Zusammenfassung: Die Anmeldung betrifft eine Vorrichtung zum Zwischenspeichern thermischer Energie sowie eine Anlage

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2011/079936 A2



aus mehreren derartigen Vorrichtungen. Die Vorrichtung besitzt einen Feststoffspeicher (2) und ein von Einzelrohren (6) gebildetes Rohrleitungssystem (5), das den Feststoffspeicher (2) durchzieht und das von einem Energieträgermedium durchströmt ist. Um den Feststoffspeicher (2) schnell und gleichmäßig mit thermischer Energie be- bzw. entladen zu können, sind Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) vorgesehen, die mit den Einzelrohren (6) jeweils Wärmeübergangsbereiche ausbilden und die sich in die von den Einzelrohren (6) freien Bereiche des Feststoffspeichers (2) hinein erstrecken. Dabei weisen die Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) eine höhere Wärmeleitfähigkeit auf als der Feststoffspeicher (2).

Beschreibung:

Vorrichtung und Anlage zum Zwischenspeichern thermischer Energie.

Technisches Gebiet:

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und eine Anlage zum Zwischenspeichern thermischer Energie gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs 1 und dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs 22.

Stand der Technik:

Angesichts weltweit schwindender Primärrohstoffe als Ressourcen zur Energieerzeugung gewinnen regenerative und alternative Konzepte immer mehr an Bedeutung. Beispielhaft sei die Nutzung von Sonnenenergie in solarthermischen Kraftwerken oder die Nutzung von Abwärme industrieller Fertigungsprozesse genannt. Da diese alternativen Energieformen jedoch an die Einstrahlung der Sonne oder an bestimmte industrielle Prozesse gekoppelt sind, ist deren jederzeitige Verfügbarkeit nicht gewährleistet. Deren praktische Verwendbarkeit hängt somit in starkem Maße von der Möglichkeit ab, die zu einem bestimmten Zeitpunkt anfallende Energie zwischenspeichern und zu einem späteren Zeitpunkt bereitstellen zu können. Der Speicherung thermischer Energie kommt somit eine zentrale Bedeutung bei der Entwicklung und Umsetzung alternativer Konzepte zur Energiegewinnung zu.

Bekannte Anlagen zur Speicherung thermischer Energie umfassen im Wesentlichen eine Wärmequelle, beispielsweise einen Sonnenkollektor oder eine Verbrennungskraftmaschine, einen Wärmespeicher mit einem thermisch be- und entladbaren Speichermedium und zumindest einen Wärmekreislauf zum Be- und Entladen des Wärmespeichers, bei dem ein Arbeitsmedium von der Wärmequelle zum bzw. vom Wärmespeicher zum Wärmebedarfsort strömt.

Für die Wirksamkeit des ganzen Systems ist das Speichermedium von zentraler Bedeutung. Dieses muss im Wesentlichen zwei Anforderungen genügen, nämlich einerseits eine hohe thermische Speicherkapazität aufweisen, d.h. eine möglichst große Fähigkeit besitzen, thermische Energie pro Gewichts- und Volumeneinheit aufzunehmen,

und andererseits sich durch eine hohe Wärmeleitfähigkeit auszeichnen, d.h. die Wärme muss sich möglichst schnell im Speichermedium verteilen können.

Als Speichermedium sind bereits Flüssigkeiten bekannt, die die beiden oben genannten Kriterien erfüllen. Für den Niedertemperaturbereich bis etwa 100° C eignet sich Wasser als Speichermedium, da es kostengünstig zur Verfügung steht und sich durch seine hohe thermische Speicherkapazität auszeichnet. Als Nachteil erweist sich jedoch das rasche Ansteigen des Dampfdrucks bei Temperaturen über 100° C, wodurch aufwändige Druckbehälter notwendig werden. Aus diesem Grund werden für höhere Temperaturbereiche Flüssigkeiten mit höherem Siedepunkt verwendet, z.B. Wärmeträgeröle oder Salzschnmelzen, womit jedoch eine deutliche Erhöhung der Investitionskosten verbunden ist. Durch die Zirkulation flüssiger Speichermedien ergibt sich eine konvektive Wärmeübertragung, mit dem Vorteil einer schnellen und gleichmäßigen Be- und Entladung des Speichermediums.

Neben Flüssigspeichern sind auch schon Feststoffspeicher bekannt, die beispielsweise aus Metallen wie Stahl oder Guss bestehen. Solche Metalle eignen sich aufgrund ihres hohen spezifischen Gewichts und ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit gut als Speichermedium, verursachen jedoch hohe Investitionskosten.

Aus der DE 10 2008 026 017 A1 ist auch schon ein Feststoffspeicher aus mineralischem Material bekannt, der von einer Vielzahl achsparalleler Rohre durchzogen ist, in denen ein Energieträgermedium im Wärmekreislauf strömt. Die thermische Energie des Energieträgermediums wird über die Rohre in das Speichermedium eingetragen, und verteilt sich dort allmählich und gleichmäßig über das gesamte Volumen. Der gegenseitige Abstand der einzelnen Rohre und damit deren Anzahl ist durch die Wärmeleitfähigkeit des Speichermaterials vorgegeben, denn es muss für die praktische Nutzbarkeit des Wärmespeichers gewährleistet sein, dass sich die thermische Energie möglichst schnell und gleichmäßig im ganzen Speicher verteilt, um eine rasche Be- und Entladung des Energiespeichers zu ermöglichen.

Feststoffspeicher aus einem mineralischen Material haben zwar den großen Vorteil, kostengünstig hergestellt werden zu können, man nimmt jedoch bei deren Einsatz gleichzeitig in Kauf, dass sie nur eine beschränkte Wärmeleitfähigkeit besitzen. Um dennoch eine zufriedenstellende Wärmeleitung zu erreichen, werden die Rohre in einer

verhältnismäßig hohen Dichte im Feststoffspeicher angeordnet, wodurch sich deren Anzahl und damit wiederum die Herstellkosten erhöhen. Ein durch die Verwendung eines mineralischen Feststoffspeichers erzielter Kostenvorteil wird damit teilweise wieder aufgehoben.

Darstellung der Erfindung:

Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, bekannte Feststoffspeicher im Hinblick auf ihre Wirtschaftlichkeit und Funktion zu verbessern.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 sowie eine Anlage aus mehreren derartiger Vorrichtungen gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 22

Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Ausgangspunkt für die Erfindung bilden Wärmespeicher, bei denen ein Be- und Entladen des Feststoffspeichers über ein in dem Rohrleitungssystem strömendes Energieträgermedium erfolgt, wobei das Temperaturgefälle zwischen Energieträgermedium und Feststoffspeicher die treibende Kraft für den Wärmestrom ist. Maßgeblichen Einfluss auf die Be- bzw. Entladeleistung des Feststoffspeichers hat zudem die Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Speichermaterialien. Beispielsweise hat Stahl im Vergleich zu Beton eine um den Faktor von circa 40 höhere Wärmeleitfähigkeit, mit der Folge dass sich die im Rohrleitungssystem bereit gestellte thermische Energie nur langsam im Feststoffspeicher verbreitet. Bei einem Feststoffspeicher aus Beton führt dies dazu, dass die unmittelbar die Einzelrohre umgebenden Bereiche des Feststoffspeichers sehr schnell thermisch aufgeladen sind, mit zunehmendem Abstand von den Einzelrohren jedoch ein großer Temperaturabfall zu beobachten ist (Fig. 12a) und daher eine vergleichsweise große Zeitspanne benötigt wird, bis ein weitestgehend ausgeglichener Energiezustand über das ganze Volumen des Feststoffspeichers erreicht ist. Zur Verkürzung der Be- und Entladezeiten des Feststoffspeichers müsste konsequenterweise der radiale Abstand der Einzelrohre untereinander verringert werden, was jedoch infolge der damit verbundenen höheren Anzahl an Einzelrohren die Wirtschaftlichkeit eines solchen Wärmespeichers beeinträchtigen würde.

Die Erfindung löst diese Problematik mit Hilfe von Wärmeleitelementen, die eine im Vergleich zum Material des Feststoffspeichers höhere Wärmeleitfähigkeit besitzen und sich ausgehend von der Einzelrohren in den Feststoffspeicher erstrecken. Bevorzugte Materialien für die Wärmeleitelemente sind Metalle wie zum Beispiel Stahl, Aluminium, Kupfer oder Graphit, das sowohl als gemahlenes oder verpresstes Naturgraphit sowie expandiertes oder verpresstes Naturgraphit (Graphitfolie) vorliegen kann. Die Wärmeleitelemente bilden auf diese Weise Strömungsbahnen zum schnellen Transport thermischer Energie über größere Strecken innerhalb des Feststoffkörpers, von denen aus dann eine gleichmäßige Beschickung des Speichervolumens über nur noch verhältnismäßig kurze Strecken erfolgt. Auf diese Weise ist ein schnelles und gleichmäßiges Be- und Entladen des Feststoffspeichers bei bestmöglicher Nutzung des Speichervolumens möglich. Die Erfindung zeichnet sich somit durch eine hohe spezifische Wärmeleistung des Feststoffspeichers auch bei vergleichsweise großen radialen Abständen der Einzelrohre des Rohrleitungssystems aus und vereint so die scheinbar widersprüchlichen Forderungen nach einer hohen Wärmeleitfähigkeit einerseits und eines kostengünstigen Speichermaterials andererseits.

Beschreibung der Zeichnungen:

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert, ohne sich jedoch auf die darin konkret offenbarten Merkmalskombinationen einzuschränken. Vielmehr liegen auch nicht explizit beschriebene Kombinationen der vorstehend beschriebenen Merkmale im Rahmen der Erfindung, soweit sie an den Sinn und Zweck der Erfindung anknüpfen.

Es zeigen

- Fig. 1 eine Schrägansicht auf einen erfindungsgemäßen Wärmespeicher,
- Fig. 2 einen Längsschnitt durch den in Fig. 1 dargestellten Wärmespeicher,
- Fig. 3 einen Querschnitt durch den in Fig. 2 dargestellten Wärmespeicher entlang der Linie III – III,

- Fig. 4 eine Schrägansicht einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wärmespeichers ohne Darstellung des Feststoffspeichers,
- Fig. 5 eine Schrägansicht einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wärmespeichers,
- Fig. 6 eine Schrägansicht einer dritten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wärmespeichers,
- Fig. 7a und b Details zu der in Figur 5 dargestellten Ausführungsform,
- Fig. 8 eine Explosionsdarstellung einer vierten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,
- Fig. 9 ein Detail einer fünften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wärmespeichers im Wärmeübergangsbereich,
- Fig. 10 eine Schrägansicht einer sechsten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wärmespeichers,
- Fig. 11 eine Schrägansicht einer siebten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wärmespeichers,
- Fig. 12a eine Schrägansicht einer achten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wärmespeichers,
- Fig. 12b ein Detail des in Figur 12a dargestellten Wärmespeichers,
- Fig. 13a eine Schrägansicht einer neunten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wärmespeichers,
- Fig. 13b ein Detail des in Figur 13a dargestellten Wärmespeichers,

Fig. 14 eine Schrägansicht auf einen Wärmespeicher mit horizontaler Verspannung, und die

Fig. 15a und b Querschnitte durch einen erfindungsgemäßen Wärmespeicher unter Darstellung der Wärmeverteilung beim Beladen des Wärmespeichers.

Wege zur Ausführung der Erfindung und gewerbliche Verwertbarkeit:

Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Wärmespeicher 1 in einer Schrägansicht, die Figuren 2 und 3 in den dazugehörigen Schnitten. Als wesentliches Element des Wärmespeichers 1 sieht man einen quaderförmigen Feststoffspeicher 2 mit ausgeprägter Längserstreckungsrichtung, dessen Längsenden von den Stirnflächen 3 und 4 gebildet sind. Der Feststoffspeicher 2 ist im vorliegenden Beispiel aus Beton hergestellt, was sowohl in Ortbetonbauweise als auch, wie später noch näher erläutert, mit Betonfertigteilen geschehen kann. Andere Materialien wie zum Beispiel Keramik, Ziegel oder Schamotte liegen ebenfalls im Rahmen der Erfindung. Auch schüttfähiges mineralisches Gut kann als Feststoffspeicher dienen, das dann als Schüttung innerhalb eines Gehäuses vorliegt. Die Abmessungen des Wärmespeichers 1 sind nicht festgelegt und werden in Abhängigkeit des jeweiligen Anwendungszwecks bestimmt. Eine bevorzugte Ausführungsform eines Wärmespeichers 1 besitzt eine Länge von etwa 18 m, eine Höhe von etwa 4 m und eine Breite von etwa 2,5 m bis 3 m.

Ein weiteres wesentliches Element der Erfindung stellt das mit 5 gekennzeichnete Rohrleitungssystem dar, das sich aus einer Vielzahl von Einzelrohren 6 zusammensetzt. Die Einzelrohre 6 durchziehen den Feststoffspeicher 2 in seiner Längserstreckungsrichtung in achsparalleler Lage, was in Fig. 1 durch Weglassen des Feststoffspeichers 2 über einen mittleren Längsabschnitt deutlich gemacht ist. Die Einzelrohre 6 reichen dabei unter Bildung eines Überstandes über die Stirnflächen 3 und 4 hinaus.

Wie vor allem aus Fig. 3 ersichtlich, sind die Einzelrohre 6 in einer Vielzahl horizontaler, planparallel übereinander liegender Ebenen vorzugsweise äquidistant angeordnet, wobei die Einzelrohre 6 zweier benachbarter Ebenen einen seitlichen Versatz um den halben horizontalen Abstand zweier Einzelrohre 6 aufweisen können. Auf diese Weise ergibt sich eine gleichmäßige Verteilung der Einzelrohre 6 über den Querschnitt des

Feststoffspeichers 2, die eine gleichmäßige Einleitung der thermischen Energie in den Feststoffspeicher 2 zur Folge hat. Bei Feststoffspeichern aus Ortbeton können zur Einhaltung des oben beschriebenen Rasters über die gesamte Länge der Einzelrohre 6 innerhalb des Feststoffspeichers 2 in vorgegebenen Längsabständen in jeweils einer Querschnittsebene Abstandhalter zum Beispiel aus Stahlmatten 8 angeordnet sein, deren Quer- und Längsstäbe dem vorgegebenen Raster entsprechen und die zur Befestigung der Einzelrohre 6 dienen. In größeren Längsabständen ist die Verstärkung einzelner Stahlmatten 8 durch Profilrahmen 9 möglich (Fig. 1 und 2).

Die Einzelrohre 6 enden, wie schon beschrieben, in Querschnittsebenen, die im lichten Abstand zu den Stirnflächen 3 und 4 verlaufen, beispielsweise im Abstand von 40 cm. In diesen Querschnittsebenen, also planparallel zu den Stirnflächen 3 und 4, sind Stirnplatten 11 und 12 angeordnet, die mit Durchgangsöffnungen entsprechend dem Raster der Einzelrohre 6 versehen sind. Die Einzelrohre 6 münden an der Rückseite der Stirnplatten 11 und 12 in Sammelkanäle, die wiederum über Zwischenrohrstücke 16 an einen Verteiler 17 bzw. Sammler 18 angeschlossen sind, die jeweils einen Anschlussstutzen 19 für den Zu- bzw. Ablauf des Wärmespeichers 1 besitzen (Fig. 2).

Das Rohrleitungssystem 5 wird von einem fluidförmigen Energieträgermedium durchströmt, beispielsweise von einem Thermoöl, das im Kreislauf geführt ist und die thermische Energie zum Beladen des Wärmespeichers 1 von einer Wärmequelle, beispielsweise einem Sonnenkollektor, zum Wärmespeicher 1 transportiert oder zum Entladen des Speichers 1 die im Speicher 1 vorhandene thermische Energie zu einem Verbraucher. Die dem Energieträgermedium innewohnende thermische Energie wird somit zunächst auf das Rohrleitungssystem 5 übertragen, von wo sie in den Feststoffspeicher 2 eingeleitet wird.

Um Schäden infolge temperaturbedingter unterschiedlicher Längenausdehnungen zwischen Feststoffspeicher 2 und Rohrleitungssystem 5 zu vermeiden, ist eine mechanische Entkoppelung dieser beiden Komponenten vorgesehen, was beispielsweise durch Vorsehen eines lichten oder mit einem thermisch leitfähigen Material gefüllten Spalts zwischen Feststoffspeicher 2 und Rohrleitungssystem 5 geschehen kann.

Die Figuren 4 bis 11 zeigen verschiedene Ausführungsformen der Erfindung, die eine hohe spezifische Wärmeleistung des Feststoffspeichers 2 bei gleichzeitig großen radialen

Abständen der Einzelrohre 6 des Rohrleitungssystems 5 ermöglichen. Zur Verdeutlichung der Konstruktions- und Funktionsweise eines erfindungsgemäßen Wärmespeichers 1 sind dort lediglich kleine Teilausschnitte des Feststoffspeichers 2 mit seinen wesentlichen Merkmalen in größerem Maßstab dargestellt. Die Figuren 4 bis 11 sind daher in Ergänzung mit den Figuren 1 bis 3 zu sehen.

Fig. 4 zeigt eine erste Ausführungsform erfindungsgemäßer Wärmeleitelemente in einer Schrägansicht auf einen Teilausschnitt des Rohrleitungssystems 5, wobei zur deutlicheren Darstellung der Feststoffspeicher 2 selbst nicht dargestellt ist. Man sieht die in horizontal gestaffelten Ebenen achsparallel zueinander verlaufenden Einzelrohre 6, die von einer Ebene zur anderen mit einem seitlichen Versatz in der Größe des halben gegenseitigen seitlichen Abstand angeordnet sind, so dass der Abstand zweier Einzelrohre 6 an jeder Stelle des Feststoffspeichers 2 einheitlich ist. Zudem sind die Einzelrohre 6 vom Feststoffspeicher 2 mechanisch entkoppelt, beispielsweise durch Ummantelung mit einer nicht dargestellten Graphitfolie.

Während in den Einzelrohren 6 durch das darin fließende Energieträgermedium vor allem eine Wärmeverteilung im Feststoffspeicher 2 in axialer Richtung erfolgt, sind zur Querverteilung der thermischen Energie horizontale Wärmeleitelemente 20 und vertikale Wärmeleitelemente 21 vorgesehen. Die Wärmeleitelemente 20, 21 bestehen im vorliegenden Ausführungsbeispiel aus metallenen Flachstäben.

Die horizontalen Wärmeleitelemente 20 sind mit ihrer Längsachse quer zu den Einzelrohren 6 einer Ebene auf diese gelegt und erstrecken sich aufgrund ihrer Länge über mehrere Einzelrohre 6 hinweg. Der axiale Abstand der horizontalen Wärmeleitelemente 20 liegt in einem Bereich von 5 cm bis 30 cm und beträgt im vorliegenden Beispiel 15 cm. Durch die kontaktbehaftete Auflage der horizontalen Wärmeleitelemente 20 auf den Einzelrohren 6 ergibt sich ein im Wesentlichen linienförmiger Wärmeübergangsbereich, über den die thermische Energie von den Einzelrohren 6 in die horizontalen Wärmeleitelemente 20 eingetragen wird.

In ihrer einfachsten Ausführungsform ruhen die Wärmeleitelemente 20 aufgrund ihres Eigengewichts ohne weitere Sicherungsmaßnahmen auf den Einzelrohren 6. Bevorzugt ist jedoch deren Fixierung an vorbestimmter Stelle beispielsweise durch Anschweißen oder Anbinden mit Bindedraht. Eine andere Art der Fixierung kann auch durch Einflechten

der horizontalen Wärmeleitelemente 20 in die in einer Ebene liegenden Einzelrohre 6 erfolgen, wobei das Wärmeleitelement 20 von Einzelstab 6 zu Einzelstab 6 die Anlagenseite wechselt, also einmal oberhalb und einmal unterhalb an den Einzelstäben 6 vorbei geführt ist. Aufgrund der elastischen Eigenschaften des Wärmeleitelements 20 führen die Rückstellkräfte dabei zu einem Anpressen der Wärmeleitelemente 20 an die Einzelrohre 6.

Zur Wärmeverteilung in vertikaler Richtung sieht die in Fig. 4 dargestellte Ausführungsform der Erfindung vertikale Wärmeleitelemente 21 vor, die im vorliegenden Beispiel ebenfalls aus metallenen Flachstäben bestehen und die aufgrund ihrer Länge mindestens den vertikalen Abstand zweier übereinander liegender Einzelrohre 6 überbrücken. Die Fixierung der vertikalen Wärmeleitelemente 21 kann wie zuvor beschrieben erfolgen, nämlich durch Schweißen, Binden oder Einflechten. Das in Fig. 4 dargestellte Ausführungsbeispiel offenbart darüber hinaus eine weitere Möglichkeit, bei der das obere Ende der vertikalen Wärmeleitelemente 21 zur Bildung eines Hakens 22 U-förmig umgebogen und mit dem Haken 22 in die Einzelrohre 6 eingehängt ist, während das gegenüberliegende Ende an dem darunter liegenden Einzelrohr 6 anliegt. Da der Haken 22 dem Umfang der Einzelrohre 6 teilweise folgt, ergibt sich daraus eine Vergrößerung des Wärmeübergangsbereichs und damit ein verbesserter Wärmeübergang.

Ein derart vorbereitetes Rohrleitungssystem 5 kann zur Fertigstellung des Feststoffspeichers 2 beispielsweise in eine geschlossene Schalung gestellt und einbetoniert werden. Auf diese Weise entsteht ein Feststoffspeicher 2 aus Beton, der in Längsrichtung von den Einzelrohren 6 des Rohrleitungssystems 5 durchzogen ist und in horizontaler und vertikaler Querrichtung dazu von den horizontalen Wärmeleitelementen 20 und vertikalen Wärmeleitelementen 21. Ein derartiger Feststoffspeicher 2 kann trotz begrenzter Wärmeleitfähigkeit des Speichermaterials innerhalb kürzester Zeit gleichmäßig mit thermischer Energie be- bzw. entladen werden.

Fig. 5 zeigt einen Teilausschnitt einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wärmespeichers 1. Bei dieser Ausführungsform besteht der Feststoffspeicher 2 aus Fertigteilelementen 23, die in horizontalen Schichten 24 modulartig aufeinander gelegt sind, wobei die Einzelrohre 6 des Rohrleitungssystems 5 in den horizontalen Stoßfugen benachbarter Schichten 24 verlaufen.

Wie bereits erwähnt soll mit der in Fig. 5 gewählten Darstellungsart lediglich das Funktionsprinzip des Wärmespeichers 1 verdeutlicht werden, weswegen lediglich ein kleiner Teilausschnitt des Wärmespeichers 1 dargestellt ist. In der Realität erstrecken sich die Fertigteilelemente 23 je nach Größe des Feststoffspeichers 2 über die gesamte Breite und/oder Länge des Feststoffspeichers 2 oder aber bei Aneinanderreihung mehrerer Fertigteilelemente 23 auch nur über einen Teil davon. Die Dicke der Fertigteilelemente 23 entspricht dem vertikalen Abstand der Einzelrohre 6 des Rohrleitungssystems 5.

Zur Aufnahme der Einzelrohre 6 in der Stoßfuge sind in der Oberseite der Fertigteilelemente 23 nutförmige Ausnehmungen 25 eingeformt. Die nutförmigen Ausnehmungen 25 weisen einen ausgerundeten Grund auf und besitzen eine Tiefe und Breite, die etwas größer als der Durchmesser der Einzelrohre 6 ist, woraus sich ein U-förmiger Querschnitt der nutförmigen Ausnehmungen 25 ergibt.

Die nutförmigen Ausnehmungen 25 erstrecken sich über die gesamte Länge des Feststoffspeichers 2, so dass, wenn in Längsrichtung mehrere Fertigteilelemente 23 hintereinander gelegt sind, die nutförmigen Ausnehmungen 25 über die gesamte Länge fluchtend verlaufen. Der seitliche Abstand der nutförmigen Ausnehmungen 25 untereinander entspricht dem seitlichen Abstand der Einzelrohre 6, wobei in Abhängigkeit der Breite der Fertigteilelemente 23 ein Fertigteilelement 23 eine bis eine Vielzahl von nutförmigen Ausnehmungen 25 aufweisen kann.

Zusätzlich sieht man in der Stoßfuge zweier Fertigteilelemente 23 ein oberes horizontales Wärmeleitelement 26 und ein unteres horizontales Wärmeleitelement 27, welche jeweils eine dünnwandige flächenhafte Struktur besitzen und beispielsweise aus einem Metallblech oder einer Graphitfolie bestehen können. Die Wärmeleitelemente 26 und 27 erstrecken sich über die gesamte Breite und/oder Länge der Fertigteilelemente 23 oder auch nur über eine Teilbreite und/oder Teillänge, wobei in letzterem Fall Aneinanderreihungen mehrerer Wärmeleitelemente 26 und 27 möglich sind.

Während das obere Wärmeleitelement 26 über seine gesamte Fläche plan ausgebildet ist, weist das untere Wärmeleitelement 27 in den den nutförmigen Ausnehmungen 25 zugeordneten Bereichen U-förmige Umbiegungen zur Bildung rinnenförmiger Aufnahmen 28 für die Einzelrohre 6 auf. Die Aufnahmen 28 passen auf diese Weise mit ihrem

Außenumfang formschlüssig in die nutförmigen Ausnehmungen 25 der Fertigteilelemente 23 und mit ihrem Innenumfang auf die Einzelrohre 6.

Der Aufbau eines solchen Feststoffspeichers 2 erfolgt durch folgerichtiges Aufeinanderschichten der einzelnen Komponenten, wie es in Fig. 5 in der rechten Explosionsdarstellung gezeigt ist; der fertige Zustand ist in Fig. 5 im linken Teilbereich dargestellt. In diesem Zustand sind die Einzelrohre 6 zwischen dem oberen Wärmeleitelement 26 und unteren Wärmeleitelement 27 eingebettet. Durch das Gewicht der darüber liegenden Schichten 24 des Feststoffspeichers 2 ist sichergestellt, dass einerseits ein Kontakt zwischen den Wärmeleitelementen 26 und 27 und den Fertigteilelementen 23 sowie andererseits zwischen den Wärmeleitelementen 26 und 27 und den Einzelrohren 6 hergestellt ist. So kann die in den Einzelrohren 6 bereitgestellte thermische Energie über die Wärmeleitelemente 26 und 27 tief in die Fertigteilelemente 23 eingeleitet werden, beziehungsweise umgekehrt für den Entladevorgang.

Die in Fig. 6 dargestellte weitere Ausführungsform der Erfindung entspricht weitestgehend der unter Fig. 5 beschriebenen, so dass das dort Gesagte gilt. Im Unterschied ist das untere horizontale Wärmeleitelement 27' um einen vertikalen Wärmeleitsteg 29 ergänzt, der entlang einer äußeren Mantellinie der Aufnahme 28 des Wärmeleitelements 27' angeordnet und fest mit der Aufnahme 28 verbunden ist. Der Wärmeleitsteg 29 erstreckt sich somit rechtwinklig zur Haupterstreckungsebene des horizontalen Wärmeleitelements 27'.

In entsprechender Weise ist das Fertigteilelement 23 geformt, d.h. dieses besitzt einen vertikalen Schlitz 30, der sich vom Grund der nutförmigen Ausnehmung 25 in das Fertigteilelement 23 hinein erstreckt, so weit es aus statischen Gründen möglich ist. Im vorliegenden Fall erstreckt sich der Schlitz 30 bis über die Hälfte der Dicke des Fertigteilelements 23.

Aus Fig. 7a und b wird deutlich, dass die Erfindung zur Aufnahme der Einzelrohre 6 nicht nur Lösungen gemäß der Figuren 5 und 6 vorsieht, wo die die Einzelrohre 6 vollständig aufnehmenden nutförmigen Ausnehmungen 25 in lediglich einem der die Fuge bildenden Fertigteilelemente 23 angeordnet sind (Figur 7b). Wie Figur 7a zeigt liegt eine zur Fugenebene symmetrische Ausbildung der Aufnahmen ebenso im Rahmen der Erfindung, bei der sowohl an der Unterseite eines oberen Fertigteilelements 23 als auch an der

Oberseite eines unteren Fertigteillements 23 nutförmigen Ausnehmungen 25" vorgesehen sind, deren Tiefe etwas mehr als der halbe Durchmesser der Einzelrohre 6 beträgt. Die U-förmigen Aufnahmen 28" der in der Fuge angeordneten horizontalen Wärmeleitelemente 26" und 27" passen dabei formschlüssig in die Längsnuten 25". Wie auch bei den zuvor beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung können die Wärmeleitelemente 26" und 27" vorteilhafterweise bereits im Zuge der Herstellung der Fertigteillemente 23 kraftschlüssig mit dem Fertigteillement 23 verbunden werden, beispielsweise durch Einlegen in die Schalung vor dem Betonieren.

Der Vorteil dieser Ausführungsform der Erfindung besteht darin, dass die Einzelrohre 6 des Rohrleitungssystems 5 nach ihrem Einlegen in die Aufnahme 28" eines unteren Wärmeleitelements 27" in einem unteren Fertigteillement 23 mit ihrem halben Umfang einen Überstand in die Stoßfuge bilden. Beim Aufsetzen der Fertigteillemente 23 der darüber liegenden Schicht 24 findet somit über einen Formschluss eine Zentrierung der beiden übereinander liegenden Fertigteillemente 23 statt. Eine Zentrierung der Fertigteillemente kann auch über separate Formschlussmittel in der Stoßfuge, wie zum Beispiel Nut- und Federleisten oder Dorn und Vertiefung, erreicht werden.

Bei den Ausführungsformen der Erfindung gemäß den Figuren 5 bis 7 können die Längsnuten im Querschnitt auch größer ausgebildet sein als die darin verlaufenden Einzelrohre. Der sich dabei einstellende Spalt zwischen Einzelrohr und Wärmeleitelement ermöglicht einen Ausgleich herstellungs- oder montagebedingter Toleranzen. Damit eine effektive Wärmeübertragung zwischen Einzelrohr und Feststoffspeicher dennoch gewährleistet ist, wird der Spalt mit einem thermisch gut leitfähigen Material wie z.B. gemahlenem Naturgraphit oder Metallspänen oder einer geeigneten Flüssigkeit aufgefüllt.

Eine andere Ausführungsform der Erfindung offenbart Fig. 8 in einer explosionsartigen Darstellung. Im Zentrum sieht man ein Einzelrohr 6, von dem ausgehend sich nach links und rechts sowie nach oben und unten Wärmeleitelemente 31 erstrecken. Die Wärmeleitelemente 31 können sowohl Flächenelemente als auch Streifenelemente sein und sind beispielsweise am Außenumfang der Einzelrohre 6 angeschweißt. In den dadurch gebildeten Quadranten entlang der Einzelrohre 6 sind Fertigteillemente 32 eingefügt, die, um einen vollständigen Kontakt zwischen den Wärmeleitelementen 31 und Fertigteillementen 32 sicherzustellen, an der den Einzelrohren 6 zugewandten Kante

eine Fase aufweisen können. Alternativ zu dem Einsatz von Fertigteilelementen 32 bietet sich hier auch die Herstellung des Feststoffspeichers 2 auch in Ortbetonbauweise an.

Das in Fig. 9 gezeigte Detail einer weiteren Ausführungsform der Erfindung besitzt ein Wärmeleitelement 33, das sich zusammensetzt aus einem zentralen Wärmeleitrohr 34, an das radial obere und untere sowie linke und rechte Stege 35 angeschlossen sind. Ein solches Wärmeleitelement 33 wird vorteilhafterweise in Verbindung mit Fertigteilelementen 32 verwendet, wobei es bereits bei deren Herstellung mit einbetoniert wird und somit integraler Bestandteil des Fertigteilelements 32 ist.

Das Wärmeleitrohr 34 umgibt die Einzelrohre 6 des Rohrleitungssystems 5 in coaxialer Weise, wobei der Ringspalt zwischen dem Wärmeleitrohr 34 und Einzelrohr 6 mit einem thermisch leitfähigen Material 41 wie z.B. gemahlenem Naturgraphit oder Metallspänen aufgefüllt ist, um Feststoffspeicher 2 und Rohrleitungssystem 5 voneinander mechanisch zu entkoppeln und gleichzeitig den Wärmeübergang von den Einzelrohren 6 zum Wärmeleitelement 33 zu gewährleisten. Diese Funktion kann gemäß einer Abwandlung dieser Ausführungsform der Erfindung auch von Flüssigkeiten übernommen werden, die in den jeweils stirnseitig abgedichteten Ringspalt gefüllt sind. Solche Ausführungsformen der Erfindung sind in der Lage Maßdifferenzen zwischen Rohrleitungssystem 5 und Feststoffspeicher 2 auszugleichen, was die Montage des Wärmespeichers 1 erheblich erleichtern kann.

Fig. 10 zeigt eine alternative Ausführungsform der Erfindung, bei der vorgefertigte sternförmige Wärmeleitelemente 36 in axialen Abständen an den Einzelrohren 6 befestigt sind. Die Wärmeleitelemente 36 setzen sich zusammen aus einem zylindrischen Abschnitt 37, an den Radialstege 38 in gleichmäßigem Winkelabstand von 45° anschließen. Der zylindrische Abschnitt 37 weist einen Innendurchmesser auf, der in etwa dem Außendurchmesser der Einzelrohre 6 entspricht, so dass die Wärmeleitelemente 36 auf die Einzelrohre 6 aufgeschoben werden können, bevor der Feststoffspeicher 2 in Ortbetonbauweise vervollständigt wird.

Die Besonderheit der in Fig. 11 dargestellten Ausführungsform der Erfindung besteht in der Verwendung flächiger Wärmeleitelemente 39, die mit Öffnungen 40 ausgerüstet sind, die in Größe und Anordnung dem Raster der Einzelrohre 6 des Rohrleitungssystems 5 entsprechen. Dadurch ist es möglich, die Wärmeleitelemente 39 axial auf die Einzelrohre

6 aufzustecken, was entweder vor dem Betonieren bei Ortbetonfeststoffspeichern geschehen kann, oder durch sandwichartiges Einfügen der Wärmeleitelemente 36 zwischen zwei Fertigteilelemente 41, wie in Fig. 11 dargestellt. Der Wärmeübertragungsbereich zwischen den Einzelrohren 6 und dem Wärmeleitelement 39 wird von den Leibungsflächen der Öffnungen 40 gebildet, die am Außenumfang der Einzelrohre 6 anliegen.

Die Fig. 12a und b zeigen eine weitere Ausführungsform der Erfindung. Man sieht einen Feststoffspeicher 2, der sich aus einer Vielzahl Betonfertigteillementen 46 zusammensetzt. Die Betonfertigteillemente 46 sind in horizontalen Lagen übereinander gestapelt, wobei in den Stoßfugen zweier übereinanderliegender Lagen jeweils ein flächiges, horizontal verlaufendes Wärmeleitelement 47 angeordnet ist. Daraus ergibt sich ein Aufbau des Feststoffspeichers 2, bei dem Betonfertigteillemente 46 und Wärmeleitelemente 47 in vertikaler Richtung abwechselnd angeordnet sind. Das Wärmeleitelement 47 entspricht dabei in Struktur und Materialwahl den unter den Figuren 1 bis 11 beschriebenen und kann beispielsweise aus einem Blech oder einer Folie bestehen.

Die Betonfertigteillemente 46 einer horizontalen Lage weisen untereinander einen horizontalen seitlichen Abstand zum benachbarten Betonfertigteillement 46 auf, wodurch sich in horizontaler Richtung fluchtende, sich über die gesamte Höhe der Betonfertigteillemente 46 erstreckende Längsspalte 49 ergeben. Die Längsspalte 49 dienen zur Aufnahme der Einzelrohre 6 des Rohrleitungssystems 5, die auf halber Höhe eines Längsspalts 49 mittig zwischen den horizontalen Wärmeleitelementen 47 verlaufen. Die Breite der Längsspalte 49 entspricht daher mindestens dem Durchmesser der Einzelrohre 6.

Zur Überleitung der Wärmeenergie von den Einzelrohren 6 auf die horizontalen Wärmeleitelemente 47 und umgekehrt sind in den Längsspalten 49 jeweils streifenförmige, einen vertikalen Wärmetransport ermöglichende Wärmeleitelemente 48 angeordnet, deren eine dem Einzelrohr 6 zugeordnete Längsseite 50 konkav ausgebildet ist, um einen möglichst großen Wärmeübergangsbereich zu schaffen. Die gegenüberliegende Längsseite 51 der vertikalen Wärmeleitelemente 48 ist plan ausgebildet, um einen möglichst großen Kontaktbereich mit den horizontalen Wärmeleitelementen 47 auszubilden. In Querschnitt jeweils zwei solcher

Wärmeleitelemente 48 füllen den Längsspalt 49 oberhalb und unterhalb eines Einzelrohrs 6 aus.

Beim Beladen des Feststoffspeichers 2 wird also die in den Einzelrohren 6 herangeführte Wärmeenergie über die vertikalen Wärmeleitelemente 48 linienförmig aufgenommen und im Weiteren in die flächigen horizontalen Wärmeleitelemente 47 eingetragen, wo eine schnelle und großflächige Verteilung der Wärmeenergie im Feststoffspeicher 2 erfolgt. Von den Wärmeleitelementen 47 ausgehend erfolgt dann die Beaufschlagung der Betonfertigteilelemente 46 mit thermischer Energie zu deren Speicherung.

Eine Abwandlung dieser Ausführungsform ist in den Fig. 13a und b dargestellt. Der dort gezeigte Feststoffspeicher 2 entspricht im grundsätzlichen Aufbau mit seiner wechselweisen Anordnung horizontaler Lagen von Betonfertigteilelementen 52 und horizontalen Wärmeleitelementen 47 im Wesentlichen dem in den Fig. 12a und b beschriebenen. Der Feststoffspeicher 2 gemäß der Fig. 13a und b unterscheidet sich jedoch dadurch, dass die Betonfertigteilelemente 52 einer horizontalen Lage unter Kontakt seitlich aneinander liegen, also kein durchgängiger Längsspalt 49 vorhanden ist. Um dennoch die Einzelrohre 6 durch den Feststoffspeicher 2 führen zu können, weisen die sich gegenüberliegenden Längsseiten zweier Betonfertigteilelemente 52 im Bereich ihrer oberen und/oder unteren Längskanten jeweils einen Rücksprung 53 auf. Die sich auf diese Weise gegenüberliegenden Rücksprünge 53 bilden in der Stoßfuge zweier Betonfertigteile 52 einen lediglich zum horizontalen Wärmeleitelement 47 offenen Kanal 54, der zur Aufnahme der Einzelrohre 6 bestimmt ist. Zur Verbesserung der Wärmeleitung zwischen den Einzelrohren 6 und den horizontalen Wärmeleitelementen 47 sind in den Kanal 54 wärmeleitende Formteile 55 eingelegt, die mit ihrer konkaven Seite eine Lagerfläche für die Einzelrohre 6 bilden und mit ihrer gegenüberliegenden planen Seite eine Lagerfläche zum horizontalen Wärmeleitelement 47 hin.

Fig. 14 offenbart einen aus Fertigteilelementen 56 zusammengesetzten Feststoffspeicher 2. Zur Stabilisierung des Feststoffspeichers 2 sind die Fertigteilelemente 56 von horizontal verlaufenden Spannankern 57 zusammengehalten, die sich von der einen vertikalen Längsseite des Feststoffspeichers 2 zur gegenüberliegenden erstrecken. Zur Vergleichmäßigung der Lasteintragung sind zwischen dem Feststoffspeicher 2 und den Ankerköpfen der Spannanker 57 Lastverteilungsplatten 58 angeordnet.

Die effektive Wirkungsweise eines erfindungsgemäßen Wärmespeichers 1 gegenüber konventionellen Wärmespeichern kommt in den Figuren 15a und b deutlich zum Ausdruck. Figur 15a zeigt die Wärmeverteilung über den Querschnitt eines Feststoffspeichers 2 ohne erfindungsgemäße Wärmeleitelemente während des thermischen Beladens. Die Linien 42 bis 45 stellen jeweils Orte gleicher Temperatur dar, auch Isothermen genannt. Der Abstand der Isothermen 42 bis 45 ist ein Maß für das Temperaturgefälle innerhalb des Feststoffspeichers 2. Man sieht einen in etwa quadratischen, von der Isotherme 42 umschlossenen und das zentrale Einzelrohr 6 umgebenden Bereich, der die Zone der höchsten Temperatur innerhalb des Feststoffspeichers 2 beschreibt. Mit zunehmendem Abstand von dem zentralen Einzelrohr 6 sinkt die Temperatur im Feststoffspeicher 2 stetig. Nur unmittelbar an weitere Einzelrohre 6 angrenzende Bereiche weisen lokale, eng begrenzte Zonen höherer Temperatur auf.

Hingegen zeigt der in Fig. 15b dargestellte Temperaturverlauf eines erfindungsgemäßen Feststoffspeichers 2 innerhalb der Isotherme 42 eine ausgedehnte Zone maximaler Temperatur, die sich über beinahe den gesamten, von allen Einzelrohren 6 umschlossenen Teilbereich erstreckt. Ein Temperaturabfall ist im Wesentlichen zwischen den außen liegenden Einzelrohren 6 und der Oberfläche des Feststoffspeichers 2 festzustellen, wo die Isothermen 42 bis 45 verhältnismäßig eng beieinander liegen und somit auf einen großen Temperaturgradienten hinweisen. Dadurch wird deutlich, dass die erfindungsgemäßen Wärmeleitelemente äußerst wirkungsvoll zu einer schnellen und gleichmäßigen Beaufschlagung des Feststoffspeichers mit thermischer Energie beitragen.

In der Zeichnung nicht dargestellt aber dennoch im Rahmen der Erfindung liegend sind Ausführungsformen der Erfindung, bei denen die Wärmeleitelemente aus einem pastösen oder schüttfähigen Material bestehen, beispielsweise aus Metallspänen oder -pulver, das wie die bereits beschriebenen Bleche oder Graphitfolien zwischen zwei Schichten des Feststoffkörpers in einer einheitlichen Dicke aufgetragen wird. Diese Materialien haben den Vorteil, dass mit Aufbringung der Last aus darüber liegenden Schichten eine Verformung und Anpassung der Wärmeleitelemente an die Oberflächenkontur der Schichten erfolgt und so trotz eventueller Toleranzen ein sattes Anliegen der Wärmeleitelemente am Feststoffspeicher und damit ein optimaler Wärmeübergang gewährleistet ist. Damit diese Materialien in Randbereichen nicht aus dem Feststoffspeicher gelangen, kann eine Umhüllung dieser Materialien vorgesehen sein.

Gemäß einer weiteren nicht dargestellten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, die Wärmeleitelemente als Gitterstruktur auszubilden, was in einfacher Art und Weise beispielsweise durch Verwendung eines maschendrahtähnlichen Geflechts erreicht werden kann. Auch hier erfolgt eine selbsttätige Anpassung an eventuelle Unregelmäßigkeiten in der Stoßfuge im Zuge des Aufeinanderlegens zweier Fertigteile. Ferner kann durch Gewichts- und Materialeinsparungen die Handhabbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Erfindung weiter gesteigert werden.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zum Zwischenspeichern thermischer Energie mit einem Feststoffspeicher (2) und mit einem von Einzelrohren (6) gebildeten Rohrleitungssystem (5), das den Feststoffspeicher (2) durchzieht und das von einem Energieträgermedium durchströmt ist, **gekennzeichnet durch** Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39), die mit den Einzelrohren (6) jeweils Wärmeübergangsbereiche ausbilden und die sich in die von den Einzelrohren (6) freien Bereiche des Feststoffspeichers (2) hinein erstrecken, wobei die Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) eine höhere Wärmeleitfähigkeit besitzen als der Feststoffspeicher (2).
2. Vorrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine relative Verschieblichkeit der Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) gegenüber den Einzelrohren (6) in den Wärmeübergangsbereichen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) zur Bildung der Wärmeübergangsbereiche jeweils tangential an den Einzelrohren (6) anliegen.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) zur Bildung der Wärmeübergangsbereiche die Einzelrohre (6) jeweils wenigstens teilweise umfangseitig umgreifen.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) zweilagig angeordnet sind und die Einzelrohre (6) jeweils zwischen den beiden Lagen angeordnet sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) zur Bildung der Wärmeübergangsbereiche jeweils in radialem Abstand zu den Einzelrohren (6) angeordnet sind und die Bereiche zwischen den Wärmeleitelementen (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) und den Einzelrohren (6) jeweils mit einem wärmeleitenden

Material (7) ausgefüllt sind.

7. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) in horizontalen und/oder vertikalen, jeweils im Wesentlichen in der Längsachse der Einzelrohre (6) verlaufenden Ebenen angeordnet sind.
8. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) jeweils in einer Lotebene zur Längsachse der Einzelrohre (6) angeordnet sind.
9. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) jeweils linear in den Feststoffspeicher (2) erstrecken.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) jeweils flächig in den Feststoffspeicher (2) erstrecken.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Wärmeleitelemente jeweils in Form eines Flächengitters in den Feststoffspeicher (2) erstrecken.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Feststoffkörper (2) aus Ortbeton hergestellt ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Feststoffkörper (2) aus Betonfertigteilen (23) hergestellt ist, die aneinandergesetzt unter Ausbildung von Stoßfugen den Feststoffspeicher (2) bilden.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass in den Stoßfugen Zentriermittel angeordnet sind, die die relative Lage zweier benachbarter Betonfertigteile (23) zueinander festlegen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) jeweils in den Stoßfugen zwischen den Betonfertigteilen (23) angeordnet sind.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Betonfertigteile (23) in den die Stoßfugen bildenden Flächen nutzförmige Ausnehmungen (25, 25') zur Aufnahme der Einzelrohre (6) aufweisen.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die nutzförmigen Ausnehmungen (25, 25') jeweils nur in einem der die Stoßfugen bildenden Betonfertigteile (23) angeordnet sind.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) aus Metall bestehen, vorzugsweise aus Aluminium, Magnesium, Mangan, Blei, Eisen, Kupfer, Zink, Silizium oder deren Legierungen.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) aus Graphit bestehen, vorzugsweise verpresstem expandiertem Graphit.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitelemente (20, 21, 26, 27, 29, 31, 33, 36, 39) aus einem schüttfähigem oder pastösen Material bestehen.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das schüttfähige oder pastöse Material innerhalb einer Umhüllung angeordnet ist.
22. Anlage zum Zwischenspeichern thermischer Energie mit mindestens zwei Wärmespeichern, die in Reihe oder parallel mit dem Energieträgermedium beaufschlagbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Wärmespeicher (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 21 ausgebildet sind.

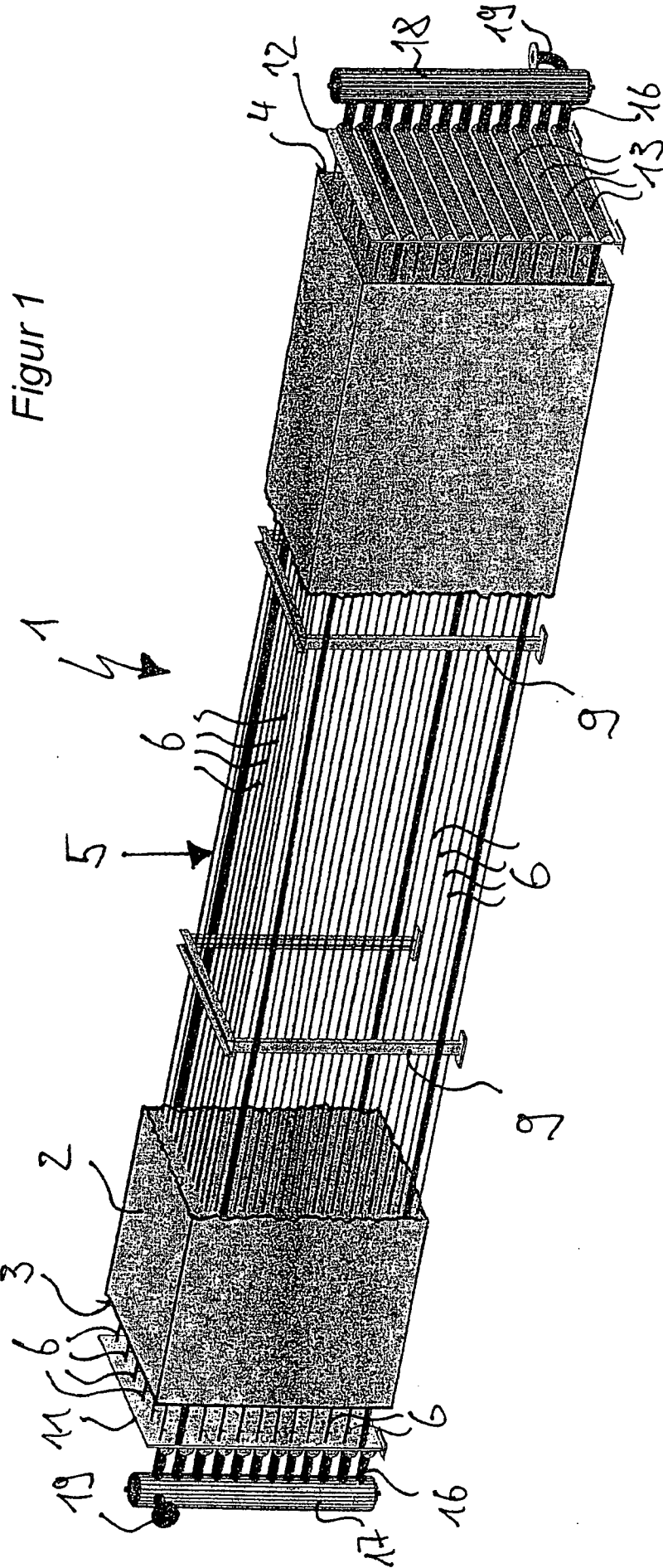
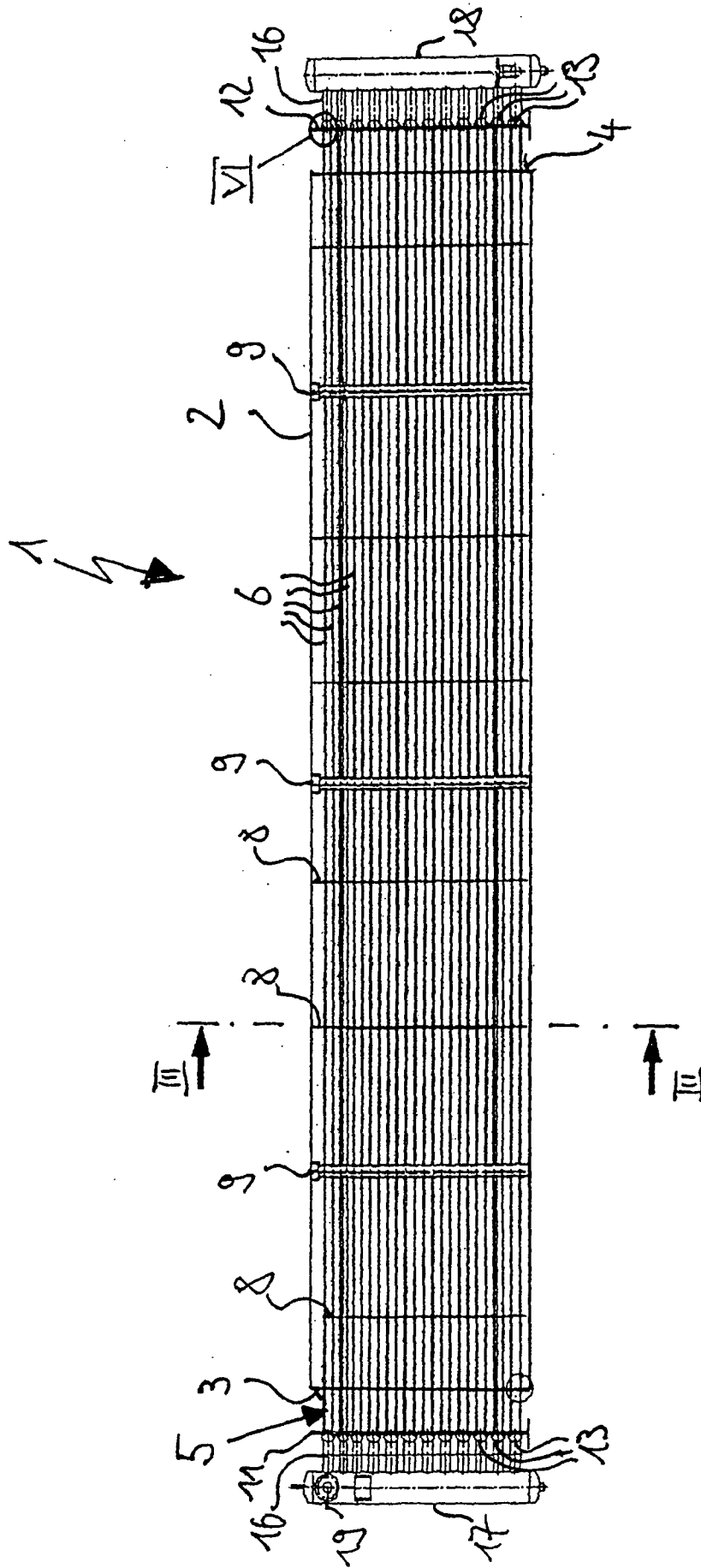
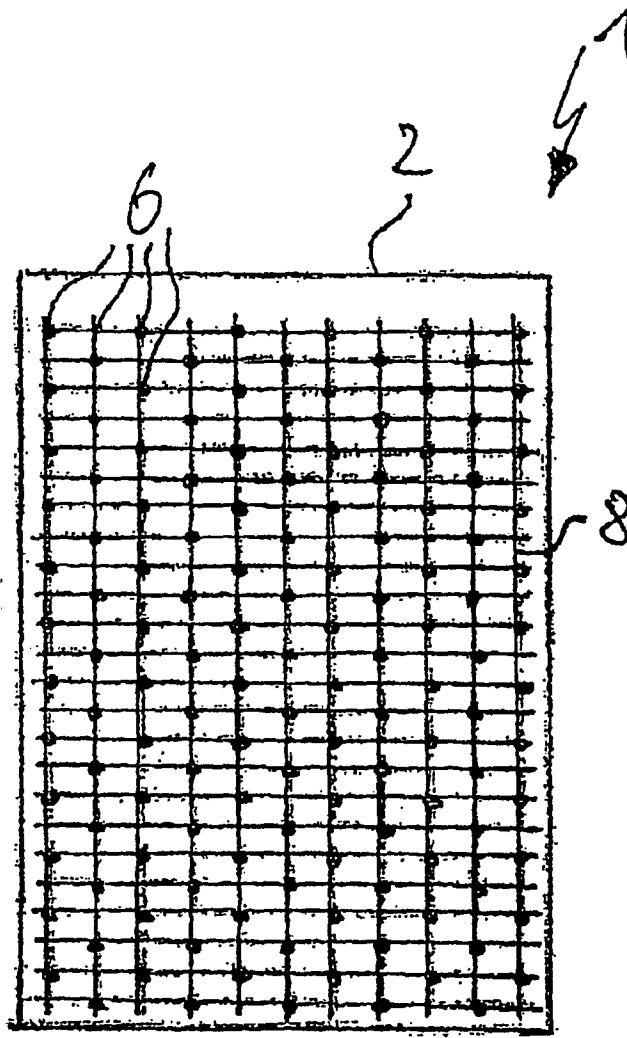


Figure 1

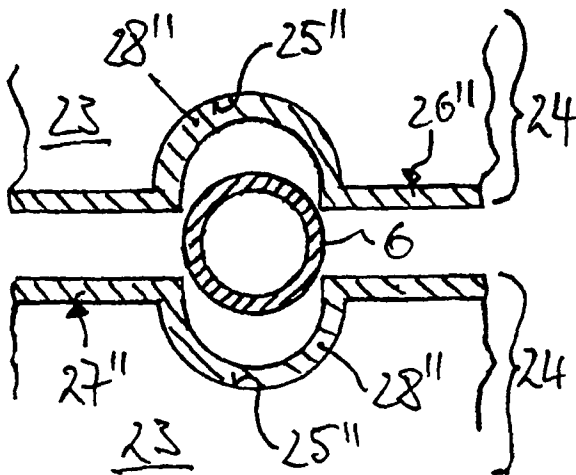


Figur 2

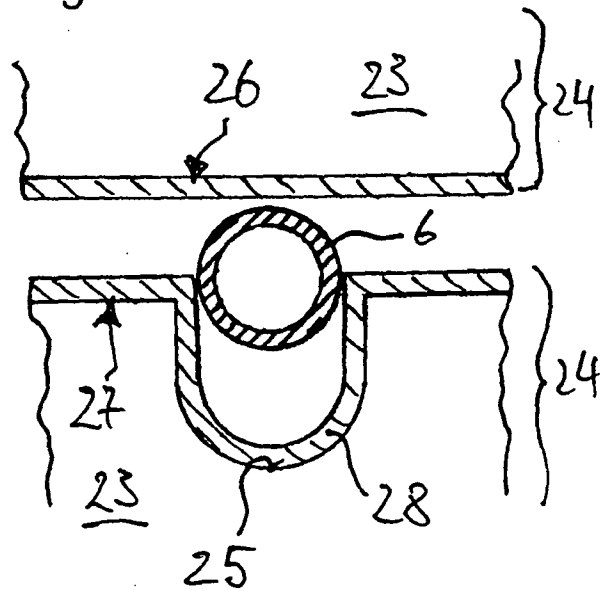
Figur 3

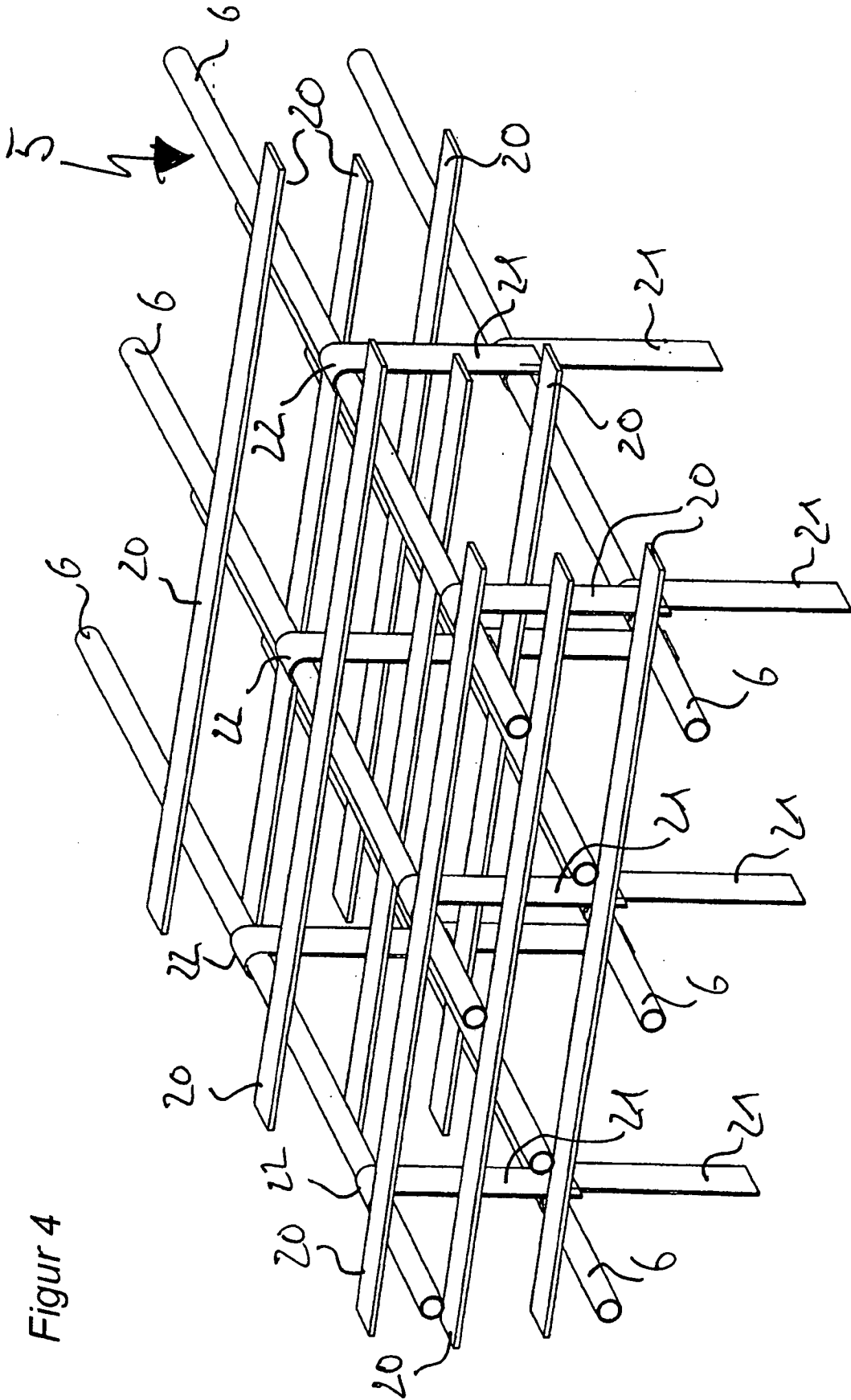


Figur 7a

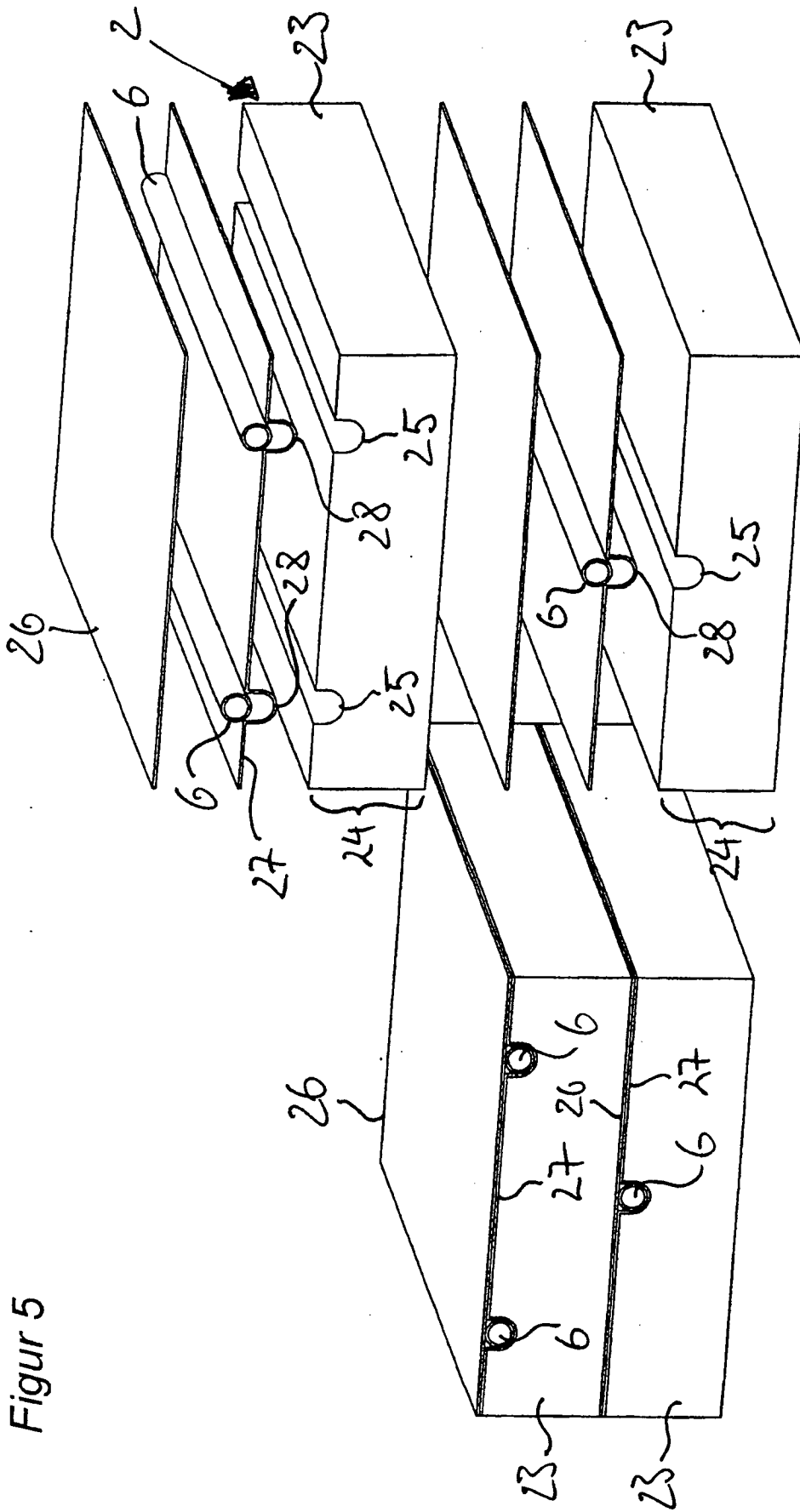


Figur 7b



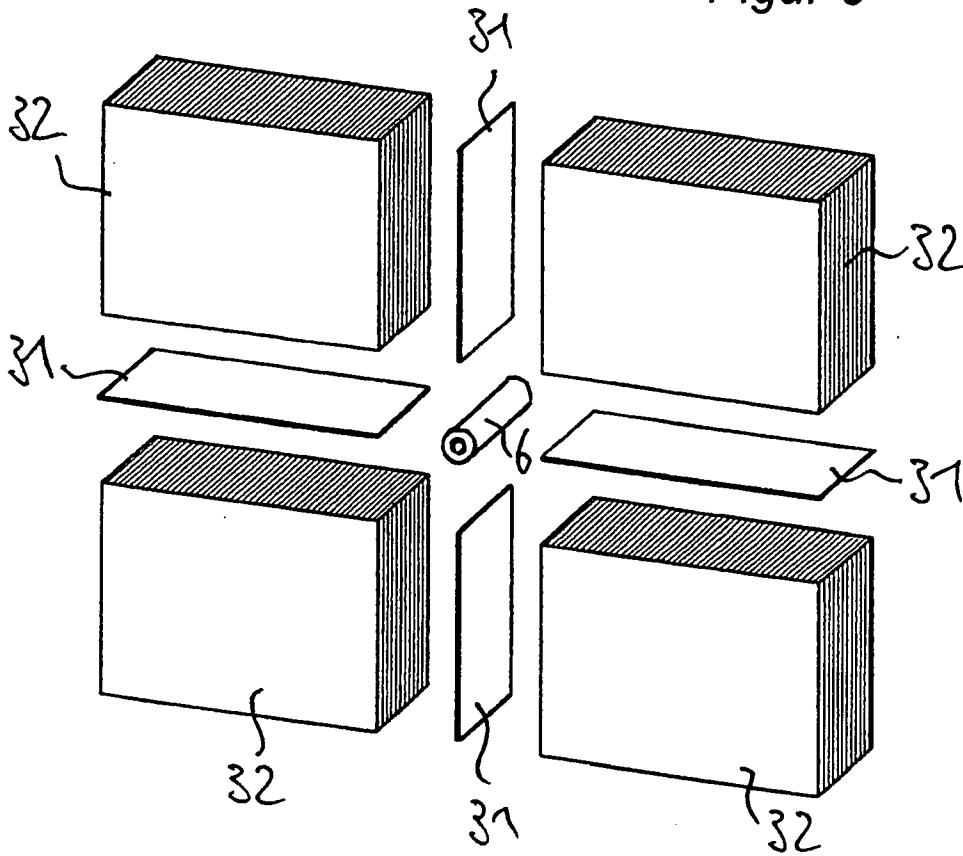


Figur 4

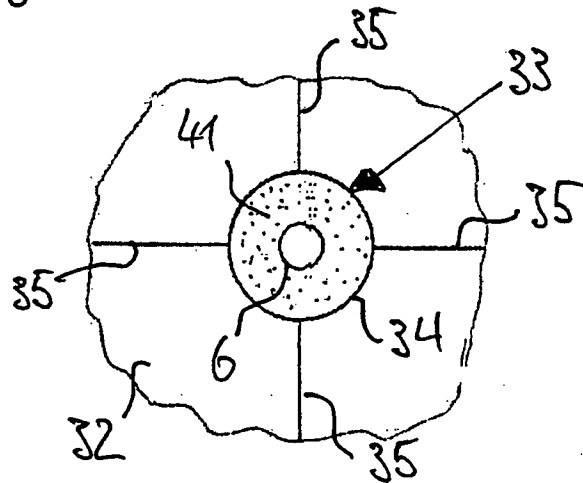


Figur 5

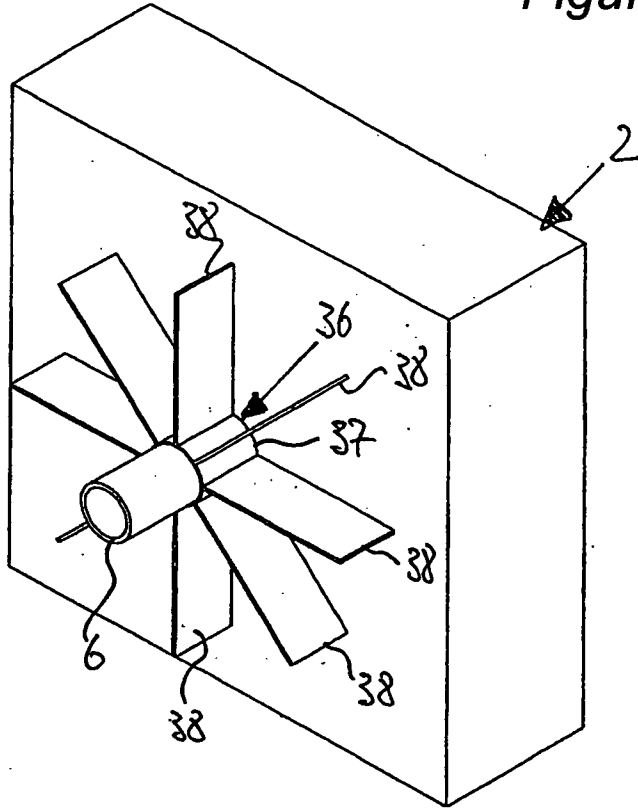
Figur 8



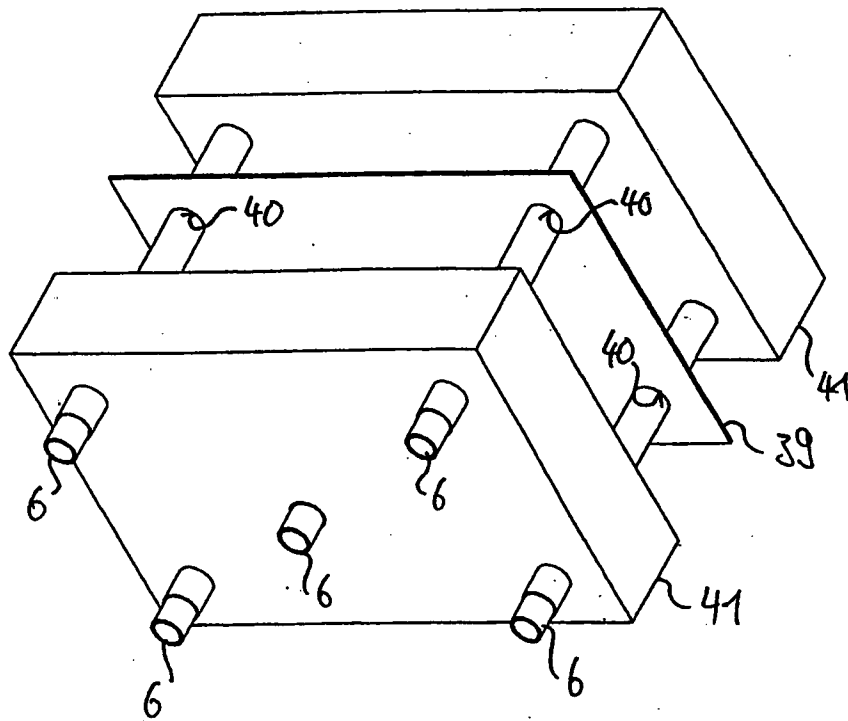
Figur 9



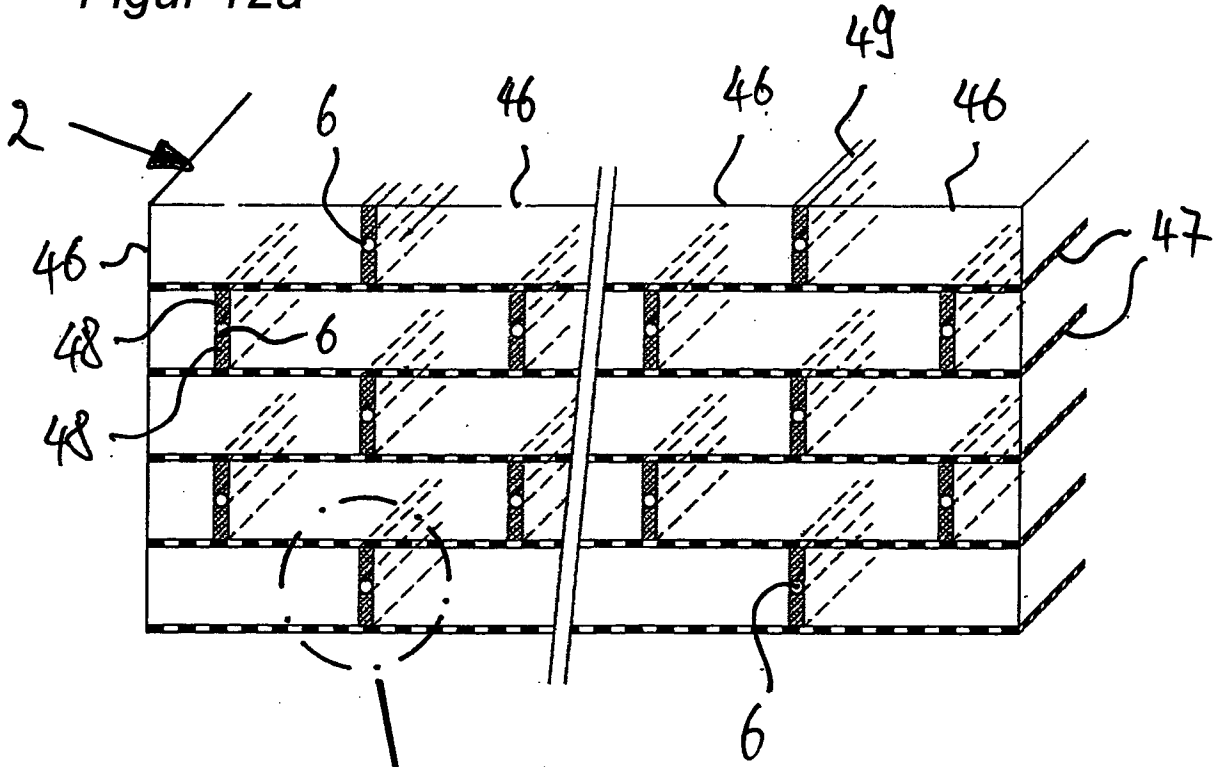
Figur 10



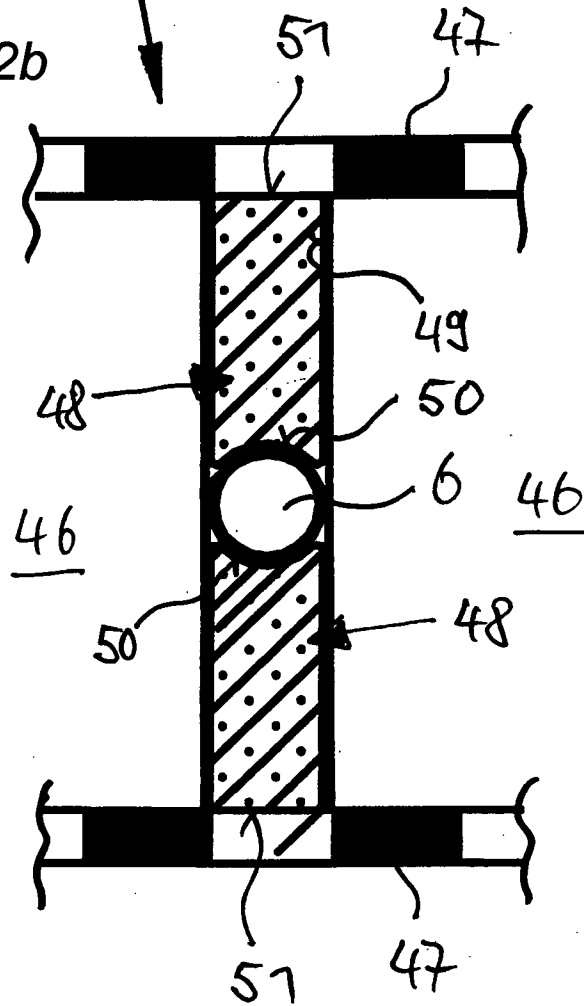
Figur 11



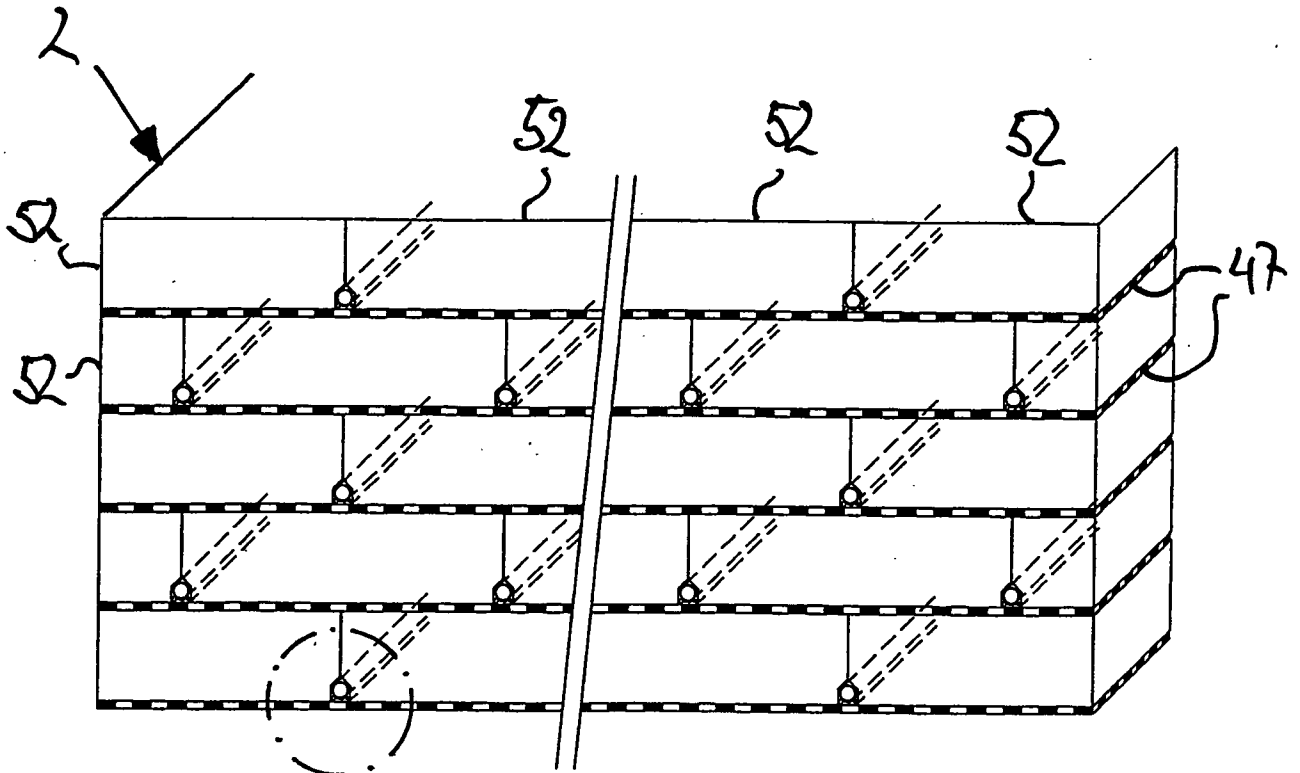
Figur 12a



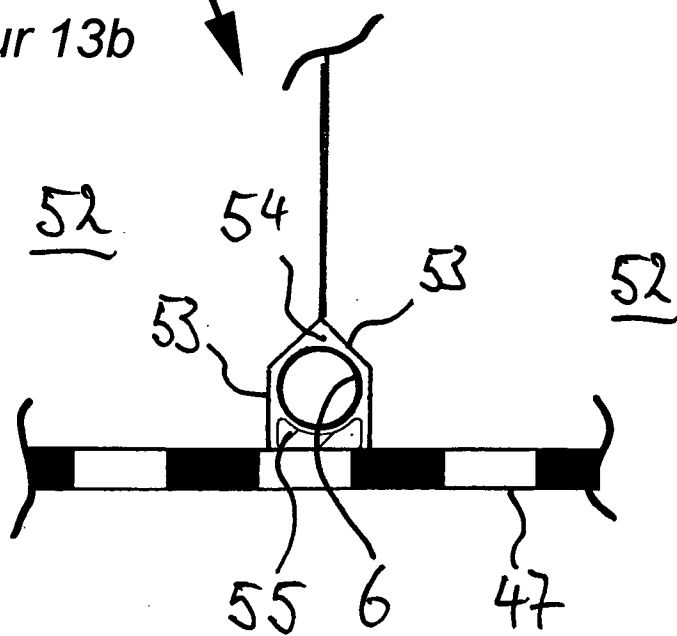
Figur 12b



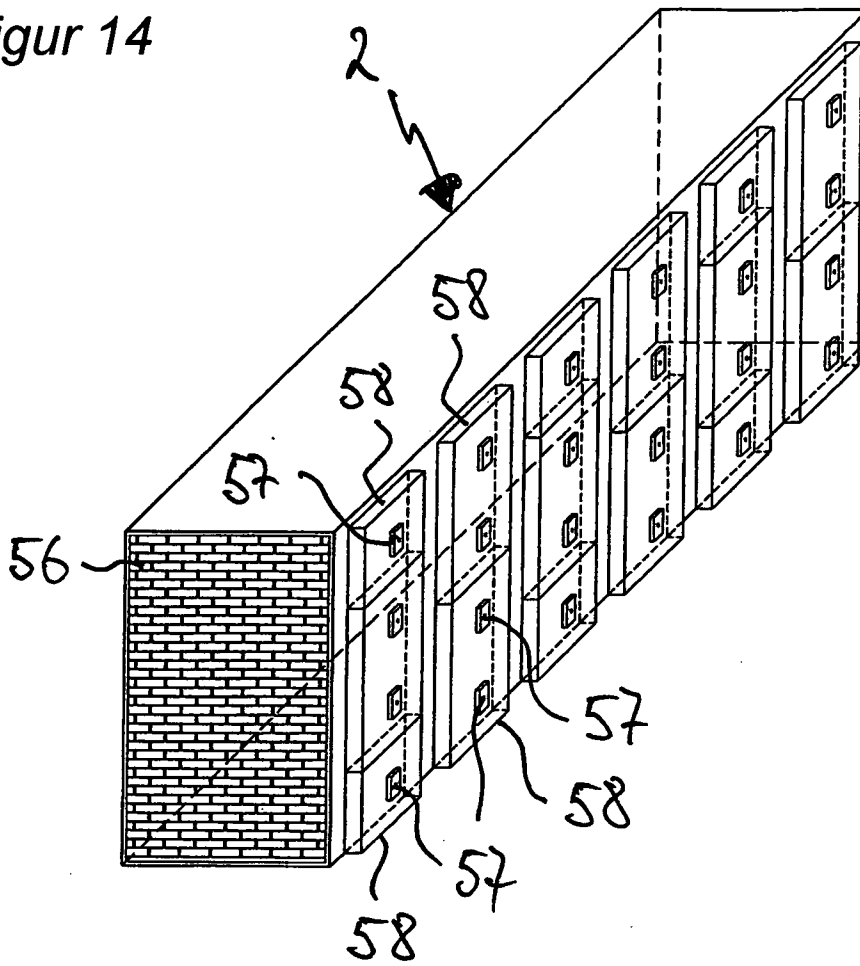
Figur 13a



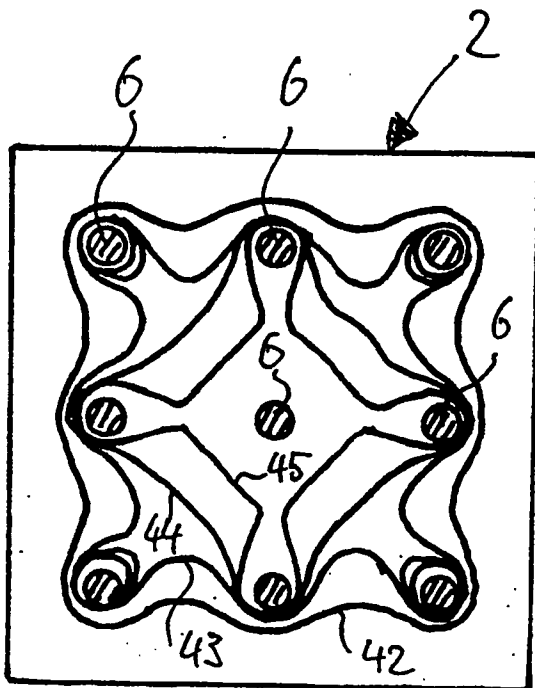
Figur 13b



Figur 14



Figur 15a



Figur 15b

