

# DE 102011018382 A1

Anmeldeland: DE  
Anmeldenummer: 102011018382  
Anmeldedatum: 15.04.2011  
Veröffentlichungsdatum: 18.10.2012  
Hauptklasse: B01J 20/34(2006.01,A)  
MCD-Hauptklasse: B01J 20/34(2006.01,A)  
ECLA: B01J 20/18  
ECLA: B01J 20/34 B  
ECLA: B01J 20/34 S  
Entgegenhaltung (PL): DE 000004031873 A1  
Entgegenhaltung (PL): DE 000004125993 A1  
Entgegenhaltung (PL): DE 102007058182 A1  
Entgegenhaltung (PL): DE 102009030105 A1  
Erfinder: Trzmiel, Alfred, 72622, Nürtingen, DE  
Anmelder: Trzmiel, Alfred, 72622, Nürtingen, DE

**[EN]Regenerating thermo-chemical sorption storage, preferably zeolite, comprises supplying heat, which is generated in a vehicle during transport in the vehicle, or in a stationary heat source, into the sorption storage loaded with moisture**

**[DE]Verfahren zur Regenerierung von thermochemischen Sorptionsspeichern, vorzugsweise von Zeolith, und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens**

**[EN]**Regenerating thermo-chemical sorption storage, preferably zeolite, comprises supplying heat into the sorption storage loaded with moisture. The heat, which is generated in a vehicle (17) during transport in the vehicle, or the heat, which is generated in a stationary heat source, is used for regenerating the sorption storage loaded with moisture. An independent claim is also included for a device for carrying out the above method, comprising at least one regeneration container (14) for the sorption storage loaded with moisture. The regeneration container is a part of the vehicle, preferably a truck, or a part connected to the stationary heat source, which is flow-connected to at least one line (29) leading a hot-air.

**[DE]**Als thermochemischer Sorptionsspeicher wird vorteilhaft Zeolith eingesetzt, das bei Zuführung von Feuchtigkeit erwärmt wird. Sobald das Zeolith mit Feuchtigkeit gesättigt ist, kann es durch Zuführen von Wärme regeneriert werden. Hierfür wird die während des Transportes mit einem Fahrzeug im Fahrzeug entstehende Abwärme oder die bei einer stationären Wärmequelle entstehende Abwärme dazu herangezogen, um den mit Feuchtigkeit beladenen Sorptionsspeicher zu regenerieren. Der Regenerationsbehälter, in dem die Regenerierung des Zeoliths stattfindet, ist Teil eines Fahrzeuges, vorzugsweise eines LKWs, oder ein an eine stationäre Wärmequelle angeschlossener Teil.

---

Seite 1 --- ()

Seite 2 --- ()

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regenerierung von thermochemischen Sorptionsspeichern, vorzugsweise von Zeolith, nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruches 6.

**[0002]** Es ist bekannt, thermochemische Sorptionsspeicher, insbesondere Zeolith, als Wärmequelle zur Erwärmung von Gebäuden und dergleichen einzusetzen. Dem Zeolith wird Flüssigkeit, in der Regel Wasser, zugesetzt, wodurch Wärme entsteht, die als Wärmequelle eingesetzt werden kann. Sobald das Zeolith mit Feuchtigkeit gesättigt ist, kann das Zeolith durch Zuführung von Wärme regeneriert werden. Die Temperatur der zugeführten Wärme, in der Regel Warmluft, ist so hoch, dass die Feuchtigkeit im Zeolith verdampft. Nach diesem Regenerierungs- bzw. Trocknungsvorgang kann das Zeolith erneut eingesetzt werden.

**[0003]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das gattungsgemäße Verfahren und die gattungsgemäße Vorrichtung so auszubilden, dass auf kostengünstige und dennoch einfache Weise eine zuverlässige Regenerierung des thermochemischen Sorptionsspeichers erreicht wird.

**[0004]** Diese Aufgabe wird beim gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 und bei der gattungsgemäßen Vorrichtung erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 6 gelöst.

**[0005]** Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird die Regenerierung während der Fahrt mit dem Fahrzeug durchgeführt. Die bei der Fahrt entstehende Abwärme wird zur Regenerierung des mit Feuchtigkeit beladenen Sorptionsspeichers herangezogen. Im Fahrzeug kann Abwärme in Form von Abgasen entstehen, die ein Verbrennungsmotor des Fahrzeuges erzeugt. Die Wärme der Abgase wird zur Regenerierung des Sorptionsspeichers herangezogen. Auch bei einem Elektrofahrzeug entsteht Abwärme, die beträchtliche Temperaturen, zum Beispiel 150°C bis 200°C, erreichen kann. Auch diese Abwärme kann zur Regenerierung des Sorptionsspeichers herangezogen werden. Da die Regenerierung während der Fahrt mit dem Fahrzeug erfolgt, kann das Fahrzeug einsetzende Unternehmen während der Regenerierphase mit dem Fahrzeug Transportgüter und dergleichen transportieren. Dieser Transport wird durch den Regenerationsvorgang nicht beeinträchtigt.

**[0006]** Bei stationären Wärmequellen, insbesondere Motoren, wird die entstehende Abwärme ebenfalls zur Regenerierung des beladenen Sorptionsspeichers verwendet. Solche stationären Wärmequellen befinden sich in Blockheizkraftwerken, Generatoren, Arbeitsmaschinen und dergleichen.

**[0007]** Als thermochemischer Sorptionsspeicher kommt bevorzugt Zeolith in Betracht. Es eignen sich aber auch andere thermochemische Sorptionsspeicher, wie beispielsweise Metallhydride oder Silikagele. Wenn darum im Folgenden von Zeolith die Rede ist, dann kommen auch diese weiteren Arten von Sorptionsspeichern in Betracht.

**[0008]** Um eine optimale Regenerierung zu erreichen, ist es vorteilhaft, wenn Außenluft angesaugt und durch die Kühlerflüssigkeit des Motors des Fahrzeuges vorgewärmt wird. Zum Ansaugen von Außenluft kann das Fahrzeug mit einer entsprechenden Fördereinrichtung, beispielsweise einem Ventilator, versehen sein, mit dem die Außenluft angesaugt werden kann.

**[0009]** Zur Erhöhung des Wirkungsgrades der Regenerierung kann die angesaugte Außenluft durch die Abwärme des Fahrzeuges weiter vorgewärmt werden. Auf diese Weise ist es möglich, eine so hohe Temperatur zu erreichen, dass ein Regenerationsgrad von mehr als 99% erreicht werden kann.

**[0010]** Hat das Fahrzeug einen Verbrennungsmotor, dann wird die entstehende Abwärme als Wärmemedium zur Regenerierung des Sorptionsspeichers verwendet.

**[0011]** Die vorgewärmte Warmluft gelangt in einen Regenerationsbehälter, in dem sich der mit Feuchtigkeit beladene Sorptionsspeicher befindet und der vorteilhaft als Container ausgebildet sein kann. Es sind aber auch andere Arten von Behältern möglich, in denen der Sorptionsspeicher durch die Zufuhr der Warmluft regeneriert werden kann.

**[0012]** Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist der Regenerationsbehälter Teil des Fahrzeuges, das vorzugsweise ein LKW ist, oder ein an eine stationäre Wärmequelle angeschlossener Teil. Der Regenerationsbehälter ist mit der die Warmluft führenden Leitung strömungsverbunden. Befindet sich der Regenerationsbehälter am Fahrzeug, kann die Regeneration des Sorptionsspeichers während der Fahrt mit dem Fahrzeug durchgeführt werden. Dadurch ist es für den Fahrzeuginhaber, beispielsweise ein Speditionsunternehmen, möglich, während seiner eigentlichen Tätigkeit, nämlich dem Transport von Gütern, den Regeneriervorgang durchzuführen. Dadurch ist eine effektive und kostensparende Regenerierung des Sorptionsspeichers möglich. Bei stationären Wärmequellen, wie Blockheizkraftwerke, Generatoren, Arbeitsmaschinen und dergleichen, kann die dort entstehende Abwärme nutzbringend zur

### Seite 3 --- ()

Regenerierung des Sorptionsspeichers herangezogen werden.

**[0013]** Der Regenerationsbehälter ist vorteilhaft über den Wärmetauscher mit der die Warmluft führenden Leitung strömungsverbunden.

**[0014]** Vorteilhaft wird in die die Warmluft führende Leitung Außenluft gefördert. Sie wird zur Erwärmung mittels des Flüssigkeit-Luft-Wärmetauschers erwärmt.

**[0015]** Dieser Flüssigkeit-Luft-Wärmetauscher ist in vorteilhafter Weise an den Kühler des Motors angeschlossen. Das Kühlmedium erwärmt sich beim Betrieb des Motors auf verhältnismäßig hohe Temperaturen. Dadurch ist es möglich, innerhalb des Flüssigkeit-Luft-Wärmetauschers diese hohe Temperatur des Kühlmediums dazu auszunutzen, die in der Leitung strömende Außenluft kostengünstig zu erwärmen.

**[0016]** Um die Außenluft in der Leitung weiter zu erwärmen, ist es von Vorteil, wenn diese Leitung über wenigstens eine Zuführleitung an einen Turbolader des Fahrzeuges angeschlossen ist. Dadurch kann auch die im Bereich des Turboladers entstehende Wärme zur Erhitzung der Außenluft herangezogen werden.

**[0017]** Diese die Warmluft führende Leitung ist an den Wärmetauscher angeschlossen, durch den auch die Abgasleitung geführt ist. Dadurch kann das Abgas, das eine sehr hohe Temperatur hat, zur weiteren Erwärmung der in der Leitung strömenden Außenluft herangezogen werden. Sie hat beim Austritt aus dem Wärmetauscher dann eine so hohe Temperatur, dass diese Warmluft beim Eintritt in den Regenerationsbehälter den Sorptionsspeicher einwandfrei regeneriert. Die Temperatur der zugeführten Warmluft ist hierbei so hoch, dass der Sorptionsspeicher zu mehr als 99% regeneriert wird.

**[0018]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform befindet sich der Regenerationsbehälter an der Unterseite der Ladefläche des Fahrzeuges. Dadurch bleibt die gesamte Ladefläche des Fahrzeuges für den Transport von Gütern frei. Auch besteht durch eine solche Ausbildung die Möglichkeit, das zu regenerierende Sorptionsspeichermaterial von oben in den Regenerationsbehälter einzuführen. In einem solchen Fall ist eine besondere Transport- bzw. Fördereinrichtung für den zu regenerierenden Sorptionsspeicher nicht erforderlich. Vielmehr kann der zu regenerierende Sorptionsspeicher im freien Fall nach unten in den Regenerationsbehälter fallen.

**[0019]** Der Regenerationsbehälter hat vorteilhaft wenigstens eine Klappe, die nach Öffnen den regenerierten Sorptionsspeicher freigibt. Dadurch ist ein sehr einfacher Entladevorgang gewährleistet.

**[0020]** Ist der Regenerationsbehälter in vorteilhafter Weise ein Wechselcontainer, dann ist ein rascher Austausch der Regenerationsbehälter gewährleistet.

**[0021]** Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

**[0022]** Die Erfindung wird nachstehend anhand einiger in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen

**[0023]** Fig. 1 in schematischer Darstellung eine erfindungsgemäße Einrichtung zum Regenerieren eines thermochemischen Sorptionsspeichers,

**[0024]** Fig. 2 in vergrößerter Darstellung einen Teil der erfindungsgemäßen Einrichtung gemäß Fig. 1 mit einem Wasser-Luft-Wärmetauscher,

**[0025]** Fig. 3 in Vorderansicht einen Behälter zur Aufnahme des zu regenerierenden Sorptionsspeichers,

**[0026]** Fig. 4 eine Draufsicht auf den Behälter gemäß Fig. 3,

**[0027]** Fig. 5 eine Seitenansicht des Behälters gemäß Fig. 3 in geöffnetem Zustand,

**[0028]** Fig. 6 eine erste Ausführungsform eines Regenerationsbehälters für den Sorptionsspeicher,

**[0029]** Fig. 7 die Einzelheit X in Fig. 6 in vergrößerter Darstellung,

**[0030]** Fig. 8 und Fig. 9 in Darstellungen entsprechend den Fig. 6 und Fig. 7 eine weitere Ausführungsform eines Regenerationsbehälters,

**[0031]** Fig. 10 in schematischer Darstellung der Austausch von regeneriertem und verbrauchtem Sorptionsspeicher in einem Gebäude,

**[0032]** Fig. 11 in schematischer Darstellung einen Wärmetauscher unter Einsatz des Sorptionsspeichers,

**[0033]** Fig. 12 in schematischer Darstellung eine weitere Ausführungsform eines Wärmetauschers.

**[0034]** Fig. 10 zeigt in schematischer Darstellung ein Gebäude 1, das ein Wohnhaus, ein Lagerhaus, ein Bürogebäude und dergleichen sein kann. Das Gebäude 1 hat einen Wärmekreislauf in Form eines Wasserkreislaufes, beispielsweise einen Heizkreislauf oder einen Brauchwasserkreislauf. Im Kreislauf

### Seite 4 --- ()

2 befindet sich mindestens ein Wärmetauscher 3. Er hat ein Gehäuse 4 (Fig. 11), dessen Wände wärmeisoliert sind und in dem sich ein Leitungssystem befindet. Es hat im Ausführungsbeispiel einen einströmseitigen Verteiler 6, der über parallel zueinander verlaufende Rohre 7 mit einem ausströmseitigen Verteiler 8 verbunden ist. In den einströmseitigen Verteiler 6 strömt Kaltluft 9, die durch die Rohre 7 zum ausströmseitigen Verteiler 8 strömt. Im Wärmetauscher 3 wird die Kaltluft in noch zu beschreibender Weise erwärmt, die aus dem ausströmseitigen Verteiler 8 als Warmluft 10 austritt. Das Gehäuse 4 ist mit wenigstens einem Vakuumanschluss 11 versehen, über den der Wärmetauscher 3 an eine Vakuumquelle angeschlossen werden kann, um den Innenraum des Gehäuses 4 unter Unterdruck zu setzen.

**[0035]** An der Oberseite des Gehäuses 4 ist wenigstens eine Füllöffnung 12 vorgesehen, über die ein Wärmemedium in das Gehäuse 4 eingefüllt werden kann.

**[0036]** Das Wärmemedium ist ein thermochemischer Sorptionsspeicher, vorzugsweise Zeolith. Es ist ein Granulat, das bei Zufuhr von Feuchtigkeit, insbesondere von Wasser, Wärme erzeugt. Das Gehäuse 4 ist dementsprechend mit wenigstens einem Anschluss 13 für die Zuführung von Feuchtigkeit versehen, vorzugsweise mit einem Wasseranschluss. Über ihn wird bei Bedarf die Feuchtigkeit in das Innere des Gehäuses 4 geleitet, wenn Wärme erzeugt werden soll.

**[0037]** Die Flüssigkeit wird so dosiert zugegeben, dass eine gewünschte Temperatur bei der Reaktion zwischen der Flüssigkeit und dem Zeolith erreicht wird. Hierzu kann im Wärmetauscher 3 eine (nicht dargestellte) Dosiereinheit vorgesehen sein, mit der die dosierte Zugabe der Flüssigkeit vorgenommen wird.

**[0038]** Das Zeolith ist so im Gehäuse 4 vorgesehen, dass die Rohre 7 vollständig im Zeolith eingebettet sind. Aufgrund der Wärmereaktion wird die durch die Rohre 7 strömende Luft erwärmt, die als Warmluft 10 aus dem Wärmetauscher 3 austritt.

**[0039]** Durch Erzeugung eines Unterdrucks im Gehäuse 4 kann die Wärmeenergie vorteilhaft verbessert, insbesondere gesteigert werden. Die Unterdruckerzeugung ist aber nicht zwingend erforderlich, um die gewünschte Temperatur bei der Wärmereaktion zu erreichen. Die aus dem Wärmetauscher 3 austretende Warmluft 10 wird dem Gebäude 1 zugeführt und kann dort beispielsweise zu Heizzwecken eingesetzt werden.

**[0040]** Damit die durch das Leitungssystem 5 strömende Luft optimal erwärmt wird, sind die Rohre 7 im Gehäuseinnenraum vorteilhaft gleichmäßig verteilt angeordnet. Der einström- und der ausströmseitige Verteiler 6, 8 sind vorteilhaft als Plattenrohre ausgebildet, an welche die Enden der parallel zueinander verlaufenden Rohre 7 angeschlossen sind.

**[0041]** Bei der Ausführungsform gemäß **Fig. 12** hat der Wärmetauscher 3 anstelle der parallel zueinander liegenden Rohre 7 ein gewendeltes Rohr 7, dessen Durchmesser an den Innenquerschnitt des Wärmetauschers 3 angepasst ist. Das Wendelrohr 7 ist in das Zeolith eingebettet, so dass die durch das Wendelrohr 7 strömende Luft optimal erwärmt und als Warmluft 10 aus dem Wärmetauscher 3 austritt. Er ist im Übrigen gleich ausgebildet wie der Wärmetauscher gemäß **Fig. 11**.

**[0042]** Mit dem Wärmetauscher 3 können Heiztemperaturen bis etwa 200°C erreicht werden, abhängig vom Sättigungsgrad des Zeoliths und der Reaktionszeit.

**[0043]** Wenn das gesamte Zeolith im Wärmetauscher 3 mit der Flüssigkeit reagiert hat, muss das Zeolith zur Regeneration ausgetauscht werden. Das Gehäuse 4 kann hierfür im Boden mit wenigstens einer Öffnungsklappe versehen sein, wie dies für einen Regenerationsbehälter 14 (**Fig. 3** bis **Fig. 5**) für das Zeolith dargestellt ist. Im Boden dieses Regenerationsbehälters 14 ist wenigstens eine Öffnungsklappe 15 vorgesehen. Vorteilhaft sind im Gehäuseboden zwei gegenseitig schwenkbare Öffnungsklappen 15 vorhanden, die ein schnelles Öffnen des Behälters 14 ermöglichen. In gleicher Weise wie der Regenerationsbehälter 14 ist auch das Gehäuse 4 mit wenigstens einer solchen Öffnungsklappe 15 versehen.

**[0044]** Wenn die Kapazität des Zeoliths im Wärmetauscher 3 erschöpft ist, wird die Öffnungsklappe geöffnet, so dass das feuchte Zeolith nach unten fallen kann. Im Fallbereich des Zeoliths befindet sich der Regenerationsbehälter 14 (**Fig. 10**), der das feuchte Zeolith aufnimmt und Teil eines Fahrzeuges 17, vorzugsweise eines Lastkraftwagens, ist. Der Regenerationsbehälter 14 ist im Ausführungsbeispiel an der Unterseite der Ladefläche 18 angeordnet. Der Regenerationsbehälter 14 kann selbstverständlich an jeder geeigneten Stelle des Fahrzeuges 17 vorgesehen sein, beispielsweise ebenfalls auf der Ladefläche 18.

**[0045]** Der Regenerationsbehälter 14 ist mit wenigstens einer Befüllöffnung 19 versehen, im Ausführungsbeispiel mit vier Befüllöffnungen. Vorteilhaft ist an die Befüllöffnung 19 ein Füllstutzen angeschlossen, so dass die zu regenerierenden Zeolith-Granulate einfach eingefüllt werden können. Zum Regenerieren werden die Befüllöffnungen 19 sowie die Öffnungsklappen 15 geschlossen. Der Regenerationsbehälter 14 hat wenigstens einen Anschluss 20 für die Zuführung von Warmluft und wenigstens einen

## Seite 5 --- ()

Abluftstutzen 21 für den Austritt von bei der Regeneration auftretendem Wasserdampf und der Luft. Durch Erwärmung auf etwa 100 bis 200°C wird die Feuchtigkeit aus dem Zeolith durch Verdampfen entfernt. Anschließend kann dieses Zeolith erneut eingesetzt werden.

**[0046]** Vorteilhaft ist es, den Regenerationsbehälter 14 zu isolieren, um die mit Feuchtigkeit beladenen Zeolith-Kugeln vor Frost zu schützen.

Dadurch wird auch eine Beschädigung der Zeolith-Kugeln vermieden. Die Isolierung des Regenerationsbehälters 14 hat darüber hinaus den Vorteil, dass bei tiefen Außentemperaturen, beispielsweise im Winter, die Regenerationstemperatur im Regenerationshalter 14 ausreichend hoch gehalten und damit der Wirkungsgrad der Regeneration optimiert wird.

**[0047]** Wird das Zeolith auf etwa 200°C erwärmt, kann ein Regenerationsgrad von mehr als 99% erreicht werden. Die Temperatur des Regenerationsvorganges wird beispielsweise durch Temperatursensoren überwacht.

**[0048]** Die Innenwand des Regenerationsbehälters 14 ist vorteilhaft mit einer gut wärmeleitenden Schicht bedeckt, vorzugsweise aus Metall. Die Beschichtung nimmt die Wärme auf und verteilt sie gleichmäßig über die Innenwand des Regenerationsbehälters 14 an das Zeolith.

**[0049]** Die **Fig. 6** und **Fig. 7** zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel eines solchen Regenerationsbehälters 14. Die über den Anschluss 20 eingeführte Warmluft gelangt in ein Rohrverteilungssystem 22. Mit ihm wird die Warmluft im Innenraum des Regenerationsbehälters 14 gleichmäßig verteilt. Das Rohrverteilungssystem 22 hat parallel zueinander liegende Rohre 23, die mit einem Ende an einen Luftverteiler 24 angeschlossen sind. Die Rohre 23 sind mit Ausströmöffnungen 25 versehen (**Fig. 7**), über die die Warmluft zum Regenerieren der Zeolith-Kugeln austritt. Die Rohre 23 sind mit Abstand hinter- und nebeneinander angeordnet und in die Zeolith-Kugeln eingebettet. Infolge der gleichmäßigen Verteilung der Rohre 23 werden die Zeolith-Kugeln gleichmäßig mit der Warmluft beaufschlagt. Die Warmluft nimmt die Feuchtigkeit aus den Zeolith-Kugeln auf und tritt über den Abluftstutzen 21 nach außen.

**[0050]** Die Öffnungen 25 der Rohre 23 sind kleiner als die Zeolith-Kugeln, so dass sie nicht in die Rohre 23 gelangen können. Das Ende des Regeneriervorganges kann durch Messung des Gewichts des Zeoliths oder auch durch die Regenerationstemperatur zuverlässig festgestellt werden, so dass die Zuführung der Warmluft nicht unnötig lang erfolgt.

**[0051]** Die **Fig. 8** und **Fig. 9** zeigen eine weitere Ausführungsform eines Regenerationsbehälters 14. Er unterscheidet sich vom Regenerationsbehälter gemäß den **Fig. 6** und **Fig. 7** dadurch, dass das Rohrverteilungssystem 22 aus dem Luftverteiler 24 und einem gewendelten Rohr 26 besteht. Das gewendelte Rohr 26 ist mit den Öffnungen 25 versehen, durch welche die über den Anschluss 20 zugeführte Warmluft in den Innenraum des Regenerationsbehälters 14 strömt. Der Wendeldurchmesser des Rohres 26 ist an die Abmessungen des Innenraums des Regenerationsbehälters 14 so angepasst, dass die Warmluft das gesamte im Behälter befindliche feuchte Zeolith erfasst. Über den Anschluss 21 strömt der Wasserdampf und die Luft wieder nach außen.

**[0052]** Die Regeneration des Zeolith-Kugeln wird mit Hilfe der bei Verbrennungsmotoren entstehenden Abwärme durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass bei einem Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors von durchschnittlich 30% bis 70% reine Abwärme an die Umwelt abgegeben werden. Diese Abwärme wird nunmehr gezielt zur Regeneration der Zeolith-Kugeln eingesetzt. Damit wird die Abwärme nutzbringend eingesetzt. Die Regeneration kann hierbei während der Fahrt mit dem Fahrzeug 17 durchgeführt werden. Das Fahrzeug 17 in Form eines LKWs hat einen Verbrennungsmotor 27 (**Fig. 2**) und einen Turbolader 28. Die Abgase gelangen in eine Abgasleitung 29.

**[0053]** Der Verbrennungsmotor 27 treibt einen Ventilator 30 an, mit dem ein Wasserkühler 31 gekühlt wird. Er ist über einen Wasser-Luft-Wärmetauscher 32 mit einer Förderleitung 33 für Warmluft leitungsverbunden. Der Turbolader 28 erzeugt Wärme, die über wenigstens eine Leitung 34 der Förderleitung 33 zugeführt wird. Die in der Förderleitung 33 befindliche Warmluft wird mit Hilfe einer Fördereinrichtung 35, vorzugsweise eines Ventilators, in Pfeilrichtung in **Fig. 2** gefördert. Die Förderleitung 33 ist an einen Luft-Luft-Wärmetauscher 36 (**Fig. 1**) angeschlossen. Auch die Abgasleitung 29 ist an den Luft-Luft-Wärmetauscher 36 angeschlossen. Er ist über wenigstens eine Leitung 37 mit wenigstens einem Regenerationsbehälter 14 strömungsverbunden, in dem sich das zu regenerierende Zeolith befindet. Im Luft-Luft-Wärmetauscher 36 wird die durch die Förderleitung 33 strömende Luft durch das in der Abgasleitung 29 strömende Abgas erwärmt. Die über die Leitung 37 dem Regenerationsbehälter 14 zugeführte Warmluft ist ausreichend hoch, um die Regeneration des Zeoliths zu gewährleisten.

**[0054]** Über den Wasser-Luft-Wärmetauscher 32 wird Außenluft durch das Kühlerwasser auf eine Temperatur von etwa 90°C bis 100°C vorgewärmt. Diese vorgewärmte Luft strömt in der Förderleitung 33 zum Luft-Luft-Wärmetauscher 36. Durch die Zuführung des Abgases vom Turbolader 28 über die wenigstens eine Leitung 34 wird die in der Förderleitung 33 strömende Luft in vorteilhafter Weise weiter

## Seite 6 --- ()

erwärmt. Es können dadurch Temperaturen von etwa 150°C bis 250°C für die in der Förderleitung 33 strömende Luft erreicht werden. Damit lassen sich bei der Regenerierung im Behälter 14 so hohe Temperaturen erreichen, dass das Zeolith zu mehr als 99° regeneriert wird.

**[0055]** Der Regenerationsbehälter 14 ist in geeigneter Weise am Fahrzeug 17 gehalten, im Ausführungsbeispiel an der Unterseite der Ladefläche 18.

**[0056]** Bei einem Halt des Fahrzeuges 17 (**Fig. 10**) kann das regenerierte Zeolith dem Behälter 14 durch Öffnen der Öffnungsklappen 15 entnommen werden. Die Öffnungsklappen 15 befinden sich vorteilhaft an der Unterseite des Regenerationsbehälters 14. Im Gebäude 1 wird das Fahrzeug 17 so geparkt, dass das aus dem Regenerationsbehälter 14 nach unten fallende Zeolith durch eine Öffnung im Gehäuseboden 38 nach unten in einen Speicher 39 fällt, der gegen Feuchtigkeitszutritt geschützt ist. Im Speicher 39 kann das regenerierte Zeolith so lange aufbewahrt werden, bis es für den weiteren Einsatz in den Wärmetauscher 3 gefördert wird. Damit bei der Übergabe vom Regenerationsbehälter 14 zum Speicher 19 keine oder nur eine vernachlässigbar geringe Feuchtigkeitsmenge an das Zeolith gelangt, kann der Übergabebereich gegen die Umgebung abgeschlossen sein.

**[0057]** Nach dem Entladen des Regenerationsbehälters 14 werden die Öffnungsklappen 15 geschlossen. Nunmehr kann der Wärmetauscher 3 mit dem verbrauchten Zeolith auf die Ladefläche 18 des Fahrzeuges 17 transportiert werden. Der Wärmetauscher 3 wird so auf der Ladefläche 18 platziert, dass nach Öffnen des Wärmetauschers 3 das verbrauchte Zeolith in den Regenerationsbehälter 14 fällt. Es ist aber auch möglich, das Zeolith über Leitungen vom Wärmetauscher 3 zum Regenerationsbehälter 14 zu transportieren, der beispielhaft die Füllstutzen aufweist. In einem solchen Fall muss der Wärmetauscher 3 nicht auf die Ladefläche 18 des Fahrzeuges 17 transportiert werden. Vielmehr wird zwischen den beiden Behältern wenigstens eine Leitung angeschlossen, über die das Zeolith vom Wärmetauscher 3 in den Regenerationsbehälter 14 gefördert wird. Sobald der Regenerationsbehälter 14 geschlossen ist, kann das Fahrzeug 17 weiterfahren.

**[0058]** Die Regeneration des Zeoliths erfolgt während der Fahrt mit dem Fahrzeug 17, das andere Güter transportieren kann. Wenn sich der Regenerationsbehälter 14 unterhalb der Ladefläche 18 befindet, steht die gesamte Ladefläche 18 zum Transport von anderen Gütern zur Verfügung. So kann beispielsweise ein Speditionsunternehmen mit dem Fahrzeug 17 Güter transportieren, wobei gleichzeitig die Regeneration des Zeoliths mit Hilfe der entstehenden Abwärme bzw. Abgase durchgeführt wird. Befindet sich der Regenerationsbehälter 14 auf der Ladefläche 18, dann kann mit dem Fahrzeug 17 auf der verbleibenden Ladefläche 18 weiterhin ein Gütertransport durchgeführt werden.

**[0059]** Hat das Fuhrunternehmen einen Wärmetauscher, dann kann es mit Hilfe dieses Wärmetauschers beispielsweise seine Halle, sein Büro, sein Wohnhaus oder sogar umliegende Gebäude heizen.

**[0060]** Der Transport des Zeoliths aus dem Speicher 39 in den Wärmetauscher 3 kann mit jeder geeigneten Fördereinrichtung durchgeführt werden, beispielsweise mit Förderschnecken und dergleichen.

**[0061]** Es ist auch möglich, das gesättigte Zeolith aus dem Wärmetauscher 3 mit einer Fördereinrichtung, beispielsweise einer Förderschnecke, in einen Zwischenbehälter zu transportieren, in dem das gesättigte Zeolith so lange aufbewahrt wird, bis das Fahrzeug 17 wieder zur Verfügung steht, in dessen Regenerationsbehälter 14 das gesättigte Zeolith gefördert werden kann. Der Zwischenbehälter ist vorteilhaft ein Silo, dem das Zeolith einfach entnommen werden kann. Die Auslassöffnung des Silos befindet sich vorteilhaft in einem solchen Abstand vom Boden 38, dass das Fahrzeug 17 mit seiner Ladefläche 18 unter die Auslassöffnung des Silos fahren kann. Das gesättigte Zeolith kann dann durch Schwerkraft aus der Auslassöffnung in den Regenerationsbehälter 14 gefördert werden. Dadurch ist ein einfacher Beladevorgang des Regenerationsbehälters 14 gewährleistet. Da auch das gesättigte, mit Feuchtigkeit beladene Zeolith rieselfähig bleibt, kann das gesättigte Zeolith problemlos dem Silo entnommen werden.

**[0062]** Im Speicher 39 kann das regenerierte, getrocknete Zeolith über Jahre hinweg gelagert werden, ohne dass es Feuchtigkeit aufnimmt. Dadurch kann das trockene Zeolith jederzeit zum Einsatz gebracht werden.

**[0063]** Das Zeolith kann Hunderte von Regenerationszyklen durchlaufen, ohne dass es seine Reaktionsfähigkeit verliert.

**[0064]** Der Wärmetauscher 3 kann in Gebäuden eingesetzt werden, wodurch Heizkosten für das Gebäude erheblich reduziert werden. Dadurch kann erheblich CO<sub>2</sub> eingespart werden. Da zur Regenerierung des gesättigten Zeoliths die Abwärme aus dem Verbrennungsmotor genutzt wird, die bislang ungenutzt als Verlustleistung in die Umgebung gelangt, ergibt sich eine nicht unerhebliche Schonung der Umwelt. Für ein Niedrigenergie-Einfamilienhaus werden erfahrungsgemäß etwa 7.000 bis 10.000 kW Heizenergie benötigt. Mit einem Wärmetauscher 3 mit einem Volumen von 14 m<sup>3</sup> kann dieses Niedrigenergie-Einfamilienhaus eine Saison lang geheizt werden. Bei einem solchen Energieverbrauch sind etwa 20 Fahrten des Fahrzeuges 17 notwendig, um das verbrauchte, das heißt gesättigte Zeolith gegen trockenes Zeolith auszutauschen. Bei einem ständigen zyklischen Austausch des Zeoliths kann die Speichermenge deutlich reduziert werden, wodurch sich auch die Investitionskosten verringern und die Amortisation schneller erreicht wird.

**[0065]** Die Regenerierung des gesättigten Zeoliths kann auch mit Hilfe einer stationären Wärmequelle durchgeführt werden. Solche stationären Wärmequellen können ebenfalls Motoren, wie Verbrennungsmotoren oder Elektromotoren sein, bei denen die entstehende Abwärme zur Regenerierung des beladenen Sorptionsspeichers herangezogen wird. Solche stationären Wärmequellen sind beispielsweise auch Blockheizkraftwerke, Generatoren, Arbeitsmaschinen und dergleichen, bei denen ebenfalls Abwärme entsteht, die zur Regenerierung des Zeoliths herangezogen werden kann. Dadurch kann die Abwärme nutzbringend eingesetzt werden.

## Seite 7 --- ()

**[1]** Verfahren zur Regenerierung von thermochemischen Sorptionsspeichern, vorzugsweise von Zeolith, bei dem dem mit Feuchtigkeit beladenen Sorptionsspeicher Wärme zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass während des Transports mit einem Fahrzeug (17) die im Fahrzeug entstehende Abwärme oder bei einer stationären Wärmequelle die entstehende Abwärme zur Regenerierung des mit Feuchtigkeit beladenen Sorptionsspeichers herangezogen wird.

**[2]** Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass angesaugte Außenluft durch Kühlerflüssigkeit des Motors des Fahrzeuges (17) vorgewärmt wird.

**[3]** Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die angesaugte Außenluft durch die Abwärme des Motors weiter vorgewärmt wird.

**[4]** Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Abwärme des Fahrzeuges (17) oder die Abwärme der stationären Wärmequelle die Abgase des Verbrennungsmotors (27) des Fahrzeuges (17) oder der stationären Wärmequelle sind.

**[5]** Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgewärmte Warmluft in einen Regenerationsbehälter (14) für den Sorptionsspeicher geleitet wird.

**[6]** Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, mit wenigstens einem Regenerationsbehälter für den mit Feuchtigkeit beladenen Sorptionsspeicher, dadurch gekennzeichnet, dass der Regenerationsbehälter (14) Teil eines Fahrzeuges (17), vorzugsweise

eines LKWs, oder ein an eine stationäre Wärmequelle angeschlossener Teil ist, der mit wenigstens einer Warmluft führenden Leitung (29 , 33 ) strömungsverbunden ist.

**[7]** Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Regenerationsbehälter (14 ) über wenigstens einen Wärmetauscher (36 ) mit der die Warmluft führenden Leitung (29 , 33 ) strömungsverbunden ist.

**[8]** Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass in die die Warmluft führende Leitung (29 ) Außenluft gefördert wird, die mittels wenigstens eines Flüssigkeits-Luft-Wärmetauschers (32 ) erwärmt wird.

**[9]** Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeits-Luft-Wärmetauscher (32 ) an einen Kühler (31 ) des Motors angeschlossen ist.

**[10]** Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die die Warmluft führende Leitung (33 ) über wenigstens eine Zuführleitung (34 ) an einen Turbolader (28 ) des Fahrzeuges (17 ) angeschlossen ist.

**[11]** Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass an den Wärmetauscher (36 ) wenigstens eine Abgasleitung sowie die die Außenluft führende Leitung (29 ) angeschlossen sind.

**[12]** Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Regenerationsbehälter (14 ) an der Unterseite einer Ladefläche (18 ) des Fahrzeuges (17 ) angeordnet ist.

**[13]** Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Regenerationsbehälter (14 ) als Wechselcontainer ausgebildet ist.

**Seite 8 --- ()**

**Seite 9 --- ()**

**Seite 10 --- ()**

**Seite 11 --- ()**

**Seite 12 --- ()**

**Seite 13 --- ()**

**Seite 14 --- ()**

(19)



Deutsches  
Patent- und Markenamt



(10) **DE 10 2011 018 382 A1** 2012.10.18

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 018 382.5**

(22) Anmeldetag: **15.04.2011**

(43) Offenlegungstag: **18.10.2012**

(51) Int Cl.: **B01J 20/34 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Trzmiel, Alfred, 72622, Nürtingen, DE**

(74) Vertreter:

**Jackisch-Kohl und Kollegen, 70469, Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

**gleich Anmelder**

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

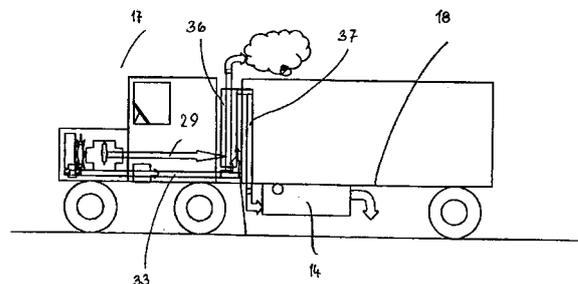
<b>DE</b>	<b>40 31 873</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>41 25 993</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2007 058 182</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2009 030 105</b>	<b>A1</b>

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Regenerierung von thermochemischen Sorptionsspeichern, vorzugsweise von Zeolith, und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Zusammenfassung: Als thermochemischer Sorptionspeicher wird vorteilhaft Zeolith eingesetzt, das bei Zuführung von Feuchtigkeit erwärmt wird. Sobald das Zeolith mit Feuchtigkeit gesättigt ist, kann es durch Zuführen von Wärme regeneriert werden. Hierfür wird die während des Transportes mit einem Fahrzeug im Fahrzeug entstehende Abwärme oder die bei einer stationären Wärmequelle entstehende Abwärme dazu herangezogen, um den mit Feuchtigkeit beladenen Sorptionsspeicher zu regenerieren. Der Regenerationsbehälter, in dem die Regeneration des Zeoliths stattfindet, ist Teil eines Fahrzeuges, vorzugsweise eines LKWs, oder ein an eine stationäre Wärmequelle angeschlossener Teil.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regenerierung von thermochemischen Sorptionsspeichern, vorzugsweise von Zeolith, nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruches 6.

**[0002]** Es ist bekannt, thermochemische Sorptionsspeicher, insbesondere Zeolith, als Wärmequelle zur Erwärmung von Gebäuden und dergleichen einzusetzen. Dem Zeolith wird Flüssigkeit, in der Regel Wasser, zugesetzt, wodurch Wärme entsteht, die als Wärmequelle eingesetzt werden kann. Sobald das Zeolith mit Feuchtigkeit gesättigt ist, kann das Zeolith durch Zuführung von Wärme regeneriert werden. Die Temperatur der zugeführten Wärme, in der Regel Warmluft, ist so hoch, dass die Feuchtigkeit im Zeolith verdampft. Nach diesem Regenerierungs- bzw. Trocknungsvorgang kann das Zeolith erneut eingesetzt werden.

**[0003]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das gattungsgemäße Verfahren und die gattungsgemäße Vorrichtung so auszubilden, dass auf kostengünstige und dennoch einfache Weise eine zuverlässige Regenerierung des thermochemischen Sorptionsspeichers erreicht wird.

**[0004]** Diese Aufgabe wird beim gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 und bei der gattungsgemäßen Vorrichtung erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 6 gelöst.

**[0005]** Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird die Regenerierung während der Fahrt mit dem Fahrzeug durchgeführt. Die bei der Fahrt entstehende Abwärme wird zur Regenerierung des mit Feuchtigkeit beladenen Sorptionsspeichers herangezogen. Im Fahrzeug kann Abwärme in Form von Abgasen entstehen, die ein Verbrennungsmotor des Fahrzeuges erzeugt. Die Wärme der Abgase wird zur Regenerierung des Sorptionsspeichers herangezogen. Auch bei einem Elektrofahrzeug entsteht Abwärme, die beträchtliche Temperaturen, zum Beispiel 150°C bis 200°C, erreichen kann. Auch diese Abwärme kann zur Regenerierung des Sorptionsspeichers herangezogen werden. Da die Regenerierung während der Fahrt mit dem Fahrzeug erfolgt, kann das Fahrzeug einsetzende Unternehmen während der Regenerierungsphase mit dem Fahrzeug Transportgüter und dergleichen transportieren. Dieser Transport wird durch den Regenerationsvorgang nicht beeinträchtigt.

**[0006]** Bei stationären Wärmequellen, insbesondere Motoren, wird die entstehende Abwärme ebenfalls zur Regenerierung des beladenen Sorptions-

speichers verwendet. Solche stationären Wärmequellen befinden sich in Blockheizkraftwerken, Generatoren, Arbeitsmaschinen und dergleichen.

**[0007]** Als thermochemischer Sorptionsspeicher kommt bevorzugt Zeolith in Betracht. Es eignen sich aber auch andere thermochemische Sorptionsspeicher, wie beispielsweise Metallhydride oder Silikagele. Wenn darum im Folgenden von Zeolith die Rede ist, dann kommen auch diese weiteren Arten von Sorptionsspeichern in Betracht.

**[0008]** Um eine optimale Regenerierung zu erreichen, ist es vorteilhaft, wenn Außenluft angesaugt und durch die Kühlerflüssigkeit des Motors des Fahrzeuges vorgewärmt wird. Zum Ansaugen von Außenluft kann das Fahrzeug mit einer entsprechenden Fördereinrichtung, beispielsweise einem Ventilator, versehen sein, mit dem die Außenluft angesaugt werden kann.

**[0009]** Zur Erhöhung des Wirkungsgrades der Regenerierung kann die angesaugte Außenluft durch die Abwärme des Fahrzeuges weiter vorgewärmt werden. Auf diese Weise ist es möglich, eine so hohe Temperatur zu erreichen, dass ein Regenerationsgrad von mehr als 99% erreicht werden kann.

**[0010]** Hat das Fahrzeug einen Verbrennungsmotor, dann wird die entstehende Abwärme als Wärmemedium zur Regenerierung des Sorptionsspeichers verwendet.

**[0011]** Die vorgewärmte Warmluft gelangt in einen Regenerationsbehälter, in dem sich der mit Feuchtigkeit beladene Sorptionsspeicher befindet und der vorteilhaft als Container ausgebildet sein kann. Es sind aber auch andere Arten von Behältern möglich, in denen der Sorptionsspeicher durch die Zufuhr der Warmluft regeneriert werden kann.

**[0012]** Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist der Regenerationsbehälter Teil des Fahrzeuges, das vorzugsweise ein LKW ist, oder ein an eine stationäre Wärmequelle angeschlossener Teil. Der Regenerationsbehälter ist mit der die Warmluft führenden Leitung strömungsverbunden. Befindet sich der Regenerationsbehälter am Fahrzeug, kann die Regeneration des Sorptionsspeichers während der Fahrt mit dem Fahrzeug durchgeführt werden. Dadurch ist es für den Fahrzeuginhaber, beispielsweise ein Speditionsunternehmen, möglich, während seiner eigentlichen Tätigkeit, nämlich dem Transport von Gütern, den Regenerationsvorgang durchzuführen. Dadurch ist eine effektive und kostensparende Regenerierung des Sorptionsspeichers möglich. Bei stationären Wärmequellen, wie Blockheizkraftwerke, Generatoren, Arbeitsmaschinen und dergleichen, kann die dort entstehende Abwärme nutzbringend zur Re-

generierung des Sorptionsspeichers herangezogen werden.

**[0013]** Der Regenerationsbehälter ist vorteilhaft über den Wärmetauscher mit der die Warmluft führenden Leitung strömungsverbunden.

**[0014]** Vorteilhaft wird in die die Warmluft führende Leitung Außenluft gefördert. Sie wird zur Erwärmung mittels des Flüssigkeit-Luft-Wärmetauschers erwärmt.

**[0015]** Dieser Flüssigkeit-Luft-Wärmetauscher ist in vorteilhafter Weise an den Kühler des Motors angeschlossen. Das Kühlmedium erwärmt sich beim Betrieb des Motors auf verhältnismäßig hohe Temperaturen. Dadurch ist es möglich, innerhalb des Flüssigkeit-Luft-Wärmetauschers diese hohe Temperatur des Kühlmediums dazu auszunutzen, die in der Leitung strömende Außenluft kostengünstig zu erwärmen.

**[0016]** Um die Außenluft in der Leitung weiter zu erwärmen, ist es von Vorteil, wenn diese Leitung über wenigstens eine Zuführleitung an einen Turbolader des Fahrzeuges angeschlossen ist. Dadurch kann auch die im Bereich des Turboladers entstehende Wärme zur Erhitzung der Außenluft herangezogen werden.

**[0017]** Diese die Warmluft führende Leitung ist an den Wärmetauscher angeschlossen, durch den auch die Abgasleitung geführt ist. Dadurch kann das Abgas, das eine sehr hohe Temperatur hat, zur weiteren Erwärmung der in der Leitung strömenden Außenluft herangezogen werden. Sie hat beim Austritt aus dem Wärmetauscher dann eine so hohe Temperatur, dass diese Warmluft beim Eintritt in den Regenerationsbehälter den Sorptionsspeicher einwandfrei regeneriert. Die Temperatur der zugeführten Warmluft ist hierbei so hoch, dass der Sorptionsspeicher zu mehr als 99% regeneriert wird.

**[0018]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform befindet sich der Regenerationsbehälter an der Unterseite der Ladefläche des Fahrzeuges. Dadurch bleibt die gesamte Ladefläche des Fahrzeuges für den Transport von Gütern frei. Auch besteht durch eine solche Ausbildung die Möglichkeit, das zu regenerierende Sorptionsspeichermaterial von oben in den Regenerationsbehälter einzuführen. In einem solchen Fall ist eine besondere Transport- bzw. Fördereinrichtung für den zu regenerierenden Sorptionsspeicher nicht erforderlich. Vielmehr kann der zu regenerierende Sorptionsspeicher im freien Fall nach unten in den Regenerationsbehälter fallen.

**[0019]** Der Regenerationsbehälter hat vorteilhaft wenigstens eine Klappe, die nach Öffnen den rege-

nerierten Sorptionsspeicher freigibt. Dadurch ist ein sehr einfacher Entladevorgang gewährleistet.

**[0020]** Ist der Regenerationsbehälter in vorteilhafter Weise ein Wechselcontainer, dann ist ein rascher Austausch der Regenerationsbehälter gewährleistet.

**[0021]** Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

**[0022]** Die Erfindung wird nachstehend anhand einiger in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen

**[0023]** Fig. 1 in schematischer Darstellung eine erfindungsgemäße Einrichtung zum Regenerieren eines thermochemischen Sorptionsspeichers,

**[0024]** Fig. 2 in vergrößerter Darstellung einen Teil der erfindungsgemäßen Einrichtung gemäß Fig. 1 mit einem Wasser-Luft-Wärmetauscher,

**[0025]** Fig. 3 in Vorderansicht einen Behälter zur Aufnahme des zu regenerierenden Sorptionsspeichers,

**[0026]** Fig. 4 eine Draufsicht auf den Behälter gemäß Fig. 3,

**[0027]** Fig. 5 eine Seitenansicht des Behälters gemäß Fig. 3 in geöffnetem Zustand,

**[0028]** Fig. 6 eine erste Ausführungsform eines Regenerationsbehälters für den Sorptionsspeicher,

**[0029]** Fig. 7 die Einzelheit X in Fig. 6 in vergrößerter Darstellung,

**[0030]** Fig. 8 und Fig. 9 in Darstellungen entsprechend den Fig. 6 und Fig. 7 eine weitere Ausführungsform eines Regenerationsbehälters,

**[0031]** Fig. 10 in schematischer Darstellung der Austausch von regeneriertem und verbrauchtem Sorptionsspeicher in einem Gebäude,

**[0032]** Fig. 11 in schematischer Darstellung einen Wärmetauscher unter Einsatz des Sorptionsspeichers,

**[0033]** Fig. 12 in schematischer Darstellung eine weitere Ausführungsform eines Wärmetauschers.

**[0034]** Fig. 10 zeigt in schematischer Darstellung ein Gebäude **1**, das ein Wohnhaus, ein Lagerhaus, ein Bürogebäude und dergleichen sein kann. Das Gebäude **1** hat einen Wärmekreislauf in Form eines Wasserkreislaufes, beispielsweise einen Heizkreislauf oder einen Brauchwasserkreislauf. Im Kreislauf

**2** befindet sich mindestens ein Wärmetauscher **3**. Er hat ein Gehäuse **4** (Fig. 11), dessen Wände wärmeisoliert sind und in dem sich ein Leitungssystem befindet. Es hat im Ausführungsbeispiel einen einströmseitigen Verteiler **6**, der über parallel zueinander verlaufende Rohre **7** mit einem ausströmseitigen Verteiler **8** verbunden ist. In den einströmseitigen Verteiler **6** strömt Kaltluft **9**, die durch die Rohre **7** zum ausströmseitigen Verteiler **8** strömt. Im Wärmetauscher **3** wird die Kaltluft in noch zu beschreibender Weise erwärmt, die aus dem ausströmseitigen Verteiler **8** als Warmluft **10** austritt. Das Gehäuse **4** ist mit wenigstens einem Vakuumanschluss **11** versehen, über den der Wärmetauscher **3** an eine Vakuumquelle angeschlossen werden kann, um den Innenraum des Gehäuses **4** unter Unterdruck zu setzen.

**[0035]** An der Oberseite des Gehäuses **4** ist wenigstens eine Füllöffnung **12** vorgesehen, über die ein Wärmemedium in das Gehäuse **4** eingefüllt werden kann.

**[0036]** Das Wärmemedium ist ein thermochemischer Sorptionsspeicher, vorzugsweise Zeolith. Es ist ein Granulat, das bei Zufuhr von Feuchtigkeit, insbesondere von Wasser, Wärme erzeugt. Das Gehäuse **4** ist dementsprechend mit wenigstens einem Anschluss **13** für die Zuführung von Feuchtigkeit versehen, vorzugsweise mit einem Wasseranschluss. Über ihn wird bei Bedarf die Feuchtigkeit in das Innere des Gehäuses **4** geleitet, wenn Wärme erzeugt werden soll.

**[0037]** Die Flüssigkeit wird so dosiert zugegeben, dass eine gewünschte Temperatur bei der Reaktion zwischen der Flüssigkeit und dem Zeolith erreicht wird. Hierzu kann im Wärmetauscher **3** eine (nicht dargestellte) Dosiereinheit vorgesehen sein, mit der die dosierte Zugabe der Flüssigkeit vorgenommen wird.

**[0038]** Das Zeolith ist so im Gehäuse **4** vorgesehen, dass die Rohre **7** vollständig im Zeolith eingebettet sind. Aufgrund der Wärmereaktion wird die durch die Rohre **7** strömende Luft erwärmt, die als Warmluft **10** aus dem Wärmetauscher **3** austritt.

**[0039]** Durch Erzeugung eines Unterdrucks im Gehäuse **4** kann die Wärmeerzeugung vorteilhaft verbessert, insbesondere gesteigert werden. Die Unterdruckerzeugung ist aber nicht zwingend erforderlich, um die gewünschte Temperatur bei der Wärmereaktion zu erreichen. Die aus dem Wärmetauscher **3** austretende Warmluft **10** wird dem Gebäude **1** zugeführt und kann dort beispielsweise zu Heizzwecken eingesetzt werden.

**[0040]** Damit die durch das Leitungssystem **5** strömende Luft optimal erwärmt wird, sind die Rohre **7** im Gehäuseinnenraum vorteilhaft gleichmäßig ver-

teilt angeordnet. Der einström- und der ausströmseitige Verteiler **6**, **8** sind vorteilhaft als Plattenrohre ausgebildet, an welche die Enden der parallel zueinander verlaufenden Rohre **7** angeschlossen sind.

**[0041]** Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 12 hat der Wärmetauscher **3** anstelle der parallel zueinander liegenden Rohre **7** ein gewendeltes Rohr **7**, dessen Durchmesser an den Innenquerschnitt des Wärmetauschers **3** angepasst ist. Das Wendelrohr **7** ist in das Zeolith eingebettet, so dass die durch das Wendelrohr **7** strömende Luft optimal erwärmt und als Warmluft **10** aus dem Wärmetauscher **3** austritt. Er ist im Übrigen gleich ausgebildet wie der Wärmetauscher gemäß Fig. 11.

**[0042]** Mit dem Wärmetauscher **3** können Heiztemperaturen bis etwa 200°C erreicht werden, abhängig vom Sättigungsgrad des Zeoliths und der Reaktionszeit.

**[0043]** Wenn das gesamte Zeolith im Wärmetauscher **3** mit der Flüssigkeit reagiert hat, muss das Zeolith zur Regeneration ausgetauscht werden. Das Gehäuse **4** kann hierfür im Boden mit wenigstens einer Öffnungsklappe versehen sein, wie dies für einen Regenerationsbehälter **14** (Fig. 3 bis Fig. 5) für das Zeolith dargestellt ist. Im Boden dieses Regenerationsbehälters **14** ist wenigstens eine Öffnungsklappe **15** vorgesehen. Vorteilhaft sind im Gehäuseboden zwei gegensinnig schwenkbare Öffnungsklappen **15** vorhanden, die ein schnelles Öffnen des Behälters **14** ermöglichen. In gleicher Weise wie der Regenerationsbehälter **14** ist auch das Gehäuse **4** mit wenigstens einer solchen Öffnungsklappe **15** versehen.

**[0044]** Wenn die Kapazität des Zeoliths im Wärmetauscher **3** erschöpft ist, wird die Öffnungsklappe geöffnet, so dass das feuchte Zeolith nach unten fallen kann. Im Fallbereich des Zeoliths befindet sich der Regenerationsbehälter **14** (Fig. 10), der das feuchte Zeolith aufnimmt und Teil eines Fahrzeuges **17**, vorzugsweise eines Lastkraftwagens, ist. Der Regenerationsbehälter **14** ist im Ausführungsbeispiel an der Unterseite der Ladefläche **18** angeordnet. Der Regenerationsbehälter **14** kann selbstverständlich an jeder geeigneten Stelle des Fahrzeuges **17** vorgesehen sein, beispielsweise ebenfalls auf der Ladefläche **18**.

**[0045]** Der Regenerationsbehälter **14** ist mit wenigstens einer Befüllöffnung **19** versehen, im Ausführungsbeispiel mit vier Befüllöffnungen. Vorteilhaft ist an die Befüllöffnung **19** ein Füllstutzen angeschlossen, so dass die zu regenerierenden Zeolith-Granulate einfach eingefüllt werden können. Zum Regenerieren werden die Befüllöffnungen **19** sowie die Öffnungsklappen **15** geschlossen. Der Regenerationsbehälter **14** hat wenigstens einen Anschluss **20** für die Zuführung von Warmluft und wenigstens einen

Abluftstutzen **21** für den Austritt von bei der Regeneration auftretendem Wasserdampf und der Luft. Durch Erwärmung auf etwa 100 bis 200°C wird die Feuchtigkeit aus dem Zeolith durch Verdampfen entfernt. Anschließend kann dieses Zeolith erneut eingesetzt werden.

**[0046]** Vorteilhaft ist es, den Regenerationsbehälter **14** zu isolieren, um die mit Feuchtigkeit beladenen Zeolith-Kugeln vor Frost zu schützen. Dadurch wird auch eine Beschädigung der Zeolith-Kugeln vermieden. Die Isolierung des Regenerationsbehälters **14** hat darüber hinaus den Vorteil, dass bei tiefen Außentemperaturen, beispielsweise im Winter, die Regenerationstemperatur im Regenerationshalter **14** ausreichend hoch gehalten und damit der Wirkungsgrad der Regeneration optimiert wird.

**[0047]** Wird das Zeolith auf etwa 200°C erwärmt, kann ein Regenerationsgrad von mehr als 99% erreicht werden. Die Temperatur des Regenerationsvorganges wird beispielsweise durch Temperatursensoren überwacht.

**[0048]** Die Innenwand des Regenerationsbehälters **14** ist vorteilhaft mit einer gut wärmeleitenden Schicht bedeckt, vorzugsweise aus Metall. Die Beschichtung nimmt die Wärme auf und verteilt sie gleichmäßig über die Innenwand des Regenerationsbehälters **14** an das Zeolith.

**[0049]** Die **Fig. 6** und **Fig. 7** zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel eines solchen Regenerationsbehälters **14**. Die über den Anschluss **20** eingeführte Warmluft gelangt in ein Rohrverteilungssystem **22**. Mit ihm wird die Warmluft im Innenraum des Regenerationsbehälters **14** gleichmäßig verteilt. Das Rohrverteilungssystem **22** hat parallel zueinander liegende Rohre **23**, die mit einem Ende an einen Luftverteiler **24** angeschlossen sind. Die Rohre **23** sind mit Ausströmöffnungen **25** versehen (**Fig. 7**), über die die Warmluft zum Regenerieren der Zeolith-Kugeln austritt. Die Rohre **23** sind mit Abstand hinter- und nebeneinander angeordnet und in die Zeolith-Kugeln eingebettet. Infolge der gleichmäßigen Verteilung der Rohre **23** werden die Zeolith-Kugeln gleichmäßig mit der Warmluft beaufschlagt. Die Warmluft nimmt die Feuchtigkeit aus den Zeolith-Kugeln auf und tritt über den Abluftstutzen **21** nach außen.

**[0050]** Die Öffnungen **25** der Rohre **23** sind kleiner als die Zeolith-Kugeln, so dass sie nicht in die Rohre **23** gelangen können. Das Ende des Regenerationsvorganges kann durch Messung des Gewichts des Zeoliths oder auch durch die Regenerationstemperatur zuverlässig festgestellt werden, so dass die Zuführung der Warmluft nicht unnötig lang erfolgt.

**[0051]** Die **Fig. 8** und **Fig. 9** zeigen eine weitere Ausführungsform eines Regenerationsbehälters **14**.

Er unterscheidet sich vom Regenerationsbehälter gemäß den **Fig. 6** und **Fig. 7** dadurch, dass das Rohrverteilungssystem **22** aus dem Luftverteiler **24** und einem gewendelten Rohr **26** besteht. Das gewendelte Rohr **26** ist mit den Öffnungen **25** versehen, durch welche die über den Anschluss **20** zugeführte Warmluft in den Innenraum des Regenerationsbehälters **14** strömt. Der Wendeldurchmesser des Rohres **26** ist an die Abmessungen des Innenraums des Regenerationsbehälters **14** so angepasst, dass die Warmluft das gesamte im Behälter befindliche feuchte Zeolith erfasst. Über den Anschluss **21** strömt der Wasserdampf und die Luft wieder nach außen.

**[0052]** Die Regeneration des Zeolith-Kugeln wird mit Hilfe der bei Verbrennungsmotoren entstehenden Abwärme durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass bei einem Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors von durchschnittlich 30% bis 70% reine Abwärme an die Umwelt abgegeben werden. Diese Abwärme wird nunmehr gezielt zur Regeneration der Zeolith-Kugeln eingesetzt. Damit wird die Abwärme nutzbringend eingesetzt. Die Regeneration kann hierbei während der Fahrt mit dem Fahrzeug **17** durchgeführt werden. Das Fahrzeug **17** in Form eines LKWs hat einen Verbrennungsmotor **27** (**Fig. 2**) und einen Turbolader **28**. Die Abgase gelangen in eine Abgasleitung **29**.

**[0053]** Der Verbrennungsmotor **27** treibt einen Ventilator **30** an, mit dem ein Wasserkühler **31** gekühlt wird. Er ist über einen Wasser-Luft-Wärmetauscher **32** mit einer Förderleitung **33** für Warmluft leitungsverbunden. Der Turbolader **28** erzeugt Wärme, die über wenigstens eine Leitung **34** der Förderleitung **33** zugeführt wird. Die in der Förderleitung **33** befindliche Warmluft wird mit Hilfe einer Fördereinrichtung **35**, vorzugsweise eines Ventilators, in Pfeilrichtung in **Fig. 2** gefördert. Die Förderleitung **33** ist an einen Luft-Luft-Wärmetauscher **36** (**Fig. 1**) angeschlossen. Auch die Abgasleitung **29** ist an den Luft-Luft-Wärmetauscher **36** angeschlossen. Er ist über wenigstens eine Leitung **37** mit wenigstens einem Regenerationsbehälter **14** strömungsverbunden, in dem sich das zu regenerierende Zeolith befindet. Im Luft-Luft-Wärmetauscher **36** wird die durch die Förderleitung **33** strömende Luft durch das in der Abgasleitung **29** strömende Abgas erwärmt. Die über die Leitung **37** dem Regenerationsbehälter **14** zugeführte Warmluft ist ausreichend hoch, um die Regeneration des Zeoliths zu gewährleisten.

**[0054]** Über den Wasser-Luft-Wärmetauscher **32** wird Außenluft durch das Kühlerwasser auf eine Temperatur von etwa 90°C bis 100°C vorgewärmt. Diese vorgewärmte Luft strömt in der Förderleitung **33** zum Luft-Luft-Wärmetauscher **36**. Durch die Zuführung des Abgases vom Turbolader **28** über die wenigstens eine Leitung **34** wird die in der Förderleitung **33** strömende Luft in vorteilhafter Weise weiter er-

wärmt. Es können dadurch Temperaturen von etwa 150°C bis 250°C für die in der Förderleitung **33** strömende Luft erreicht werden. Damit lassen sich bei der Regenerierung im Behälter **14** so hohe Temperaturen erreichen, dass das Zeolith zu mehr als 99° regeneriert wird.

**[0055]** Der Regenerationsbehälter **14** ist in geeigneter Weise am Fahrzeug **17** gehalten, im Ausführungsbeispiel an der Unterseite der Ladefläche **18**.

**[0056]** Bei einem Halt des Fahrzeuges **17** (Fig. 10) kann das regenerierte Zeolith dem Behälter **14** durch Öffnen der Öffnungsklappen **15** entnommen werden. Die Öffnungsklappen **15** befinden sich vorteilhaft an der Unterseite des Regenerationsbehälters **14**. Im Gebäude **1** wird das Fahrzeug **17** so geparkt, dass das aus dem Regenerationsbehälter **14** nach unten fallende Zeolith durch eine Öffnung im Gehäuseboden **38** nach unten in einen Speicher **39** fällt, der gegen Feuchtigkeit Zutritt geschützt ist. Im Speicher **39** kann das regenerierte Zeolith so lange aufbewahrt werden, bis es für den weiteren Einsatz in den Wärmetauscher **3** gefördert wird. Damit bei der Übergabe vom Regenerationsbehälter **14** zum Speicher **19** keine oder nur eine vernachlässigbar geringe Feuchtigkeitsmenge an das Zeolith gelangt, kann der Übergabebereich gegen die Umgebung abgeschlossen sein.

**[0057]** Nach dem Entladen des Regenerationsbehälters **14** werden die Öffnungsklappen **15** geschlossen. Nunmehr kann der Wärmetauscher **3** mit dem verbrauchten Zeolith auf die Ladefläche **18** des Fahrzeuges **17** transportiert werden. Der Wärmetauscher **3** wird so auf der Ladefläche **18** platziert, dass nach Öffnen des Wärmetauschers **3** das verbrauchte Zeolith in den Regenerationsbehälter **14** fällt. Es ist aber auch möglich, das Zeolith über Leitungen vom Wärmetauscher **3** zum Regenerationsbehälter **14** zu transportieren, der beispielhaft die Füllstützen aufweist. In einem solchen Fall muss der Wärmetauscher **3** nicht auf die Ladefläche **18** des Fahrzeuges **17** transportiert werden. Vielmehr wird zwischen den beiden Behältern wenigstens eine Leitung angeschlossen, über die das Zeolith vom Wärmetauscher **3** in den Regenerationsbehälter **14** gefördert wird. Sobald der Regenerationsbehälter **14** geschlossen ist, kann das Fahrzeug **17** weiterfahren.

**[0058]** Die Regeneration des Zeoliths erfolgt während der Fahrt mit dem Fahrzeug **17**, das andere Güter transportieren kann. Wenn sich der Regenerationsbehälter **14** unterhalb der Ladefläche **18** befindet, steht die gesamte Ladefläche **18** zum Transport von anderen Gütern zur Verfügung. So kann beispielsweise ein Speditionsunternehmen mit dem Fahrzeug **17** Güter transportieren, wobei gleichzeitig die Regeneration des Zeoliths mit Hilfe der entstehenden Abwärme bzw. Abgase durchgeführt wird. Befindet sich der Regenerationsbehälter **14** auf der Ladeflä-

che **18**, dann kann mit dem Fahrzeug **17** auf der verbleibenden Ladefläche **18** weiterhin ein Gütertransport durchgeführt werden.

**[0059]** Hat das Fuhrunternehmen einen Wärmetauscher, dann kann es mit Hilfe dieses Wärmetauschers beispielsweise seine Halle, sein Büro, sein Wohnhaus oder sogar umliegende Gebäude heizen.

**[0060]** Der Transport des Zeoliths aus dem Speicher **39** in den Wärmetauscher **3** kann mit jeder geeigneten Fördereinrichtung durchgeführt werden, beispielsweise mit Förderschnecken und dergleichen.

**[0061]** Es ist auch möglich, das gesättigte Zeolith aus dem Wärmetauscher **3** mit einer Fördereinrichtung, beispielsweise einer Förderschnecke, in einen Zwischenbehälter zu transportieren, in dem das gesättigte Zeolith so lange aufbewahrt wird, bis das Fahrzeug **17** wieder zur Verfügung steht, in dessen Regenerationsbehälter **14** das gesättigte Zeolith gefördert werden kann. Der Zwischenbehälter ist vorteilhaft ein Silo, dem das Zeolith einfach entnommen werden kann. Die Auslassöffnung des Silos befindet sich vorteilhaft in einem solchen Abstand vom Boden **38**, dass das Fahrzeug **17** mit seiner Ladefläche **18** unter die Auslassöffnung des Silos fahren kann. Das gesättigte Zeolith kann dann durch Schwerkraft aus der Auslassöffnung in den Regenerationsbehälter **14** gefördert werden. Dadurch ist ein einfacher Beladevorgang des Regenerationsbehälters **14** gewährleistet. Da auch das gesättigte, mit Feuchtigkeit beladene Zeolith rieselfähig bleibt, kann das gesättigte Zeolith problemlos dem Silo entnommen werden.

**[0062]** Im Speicher **39** kann das regenerierte, getrocknete Zeolith über Jahre hinweg gelagert werden, ohne dass es Feuchtigkeit aufnimmt. Dadurch kann das trockene Zeolith jederzeit zum Einsatz gebracht werden.

**[0063]** Das Zeolith kann Hunderte von Regenerationszyklen durchlaufen, ohne dass es seine Reaktionsfähigkeit verliert.

**[0064]** Der Wärmetauscher **3** kann in Gebäuden eingesetzt werden, wodurch Heizkosten für das Gebäude erheblich reduziert werden. Dadurch kann erheblich CO<sub>2</sub> eingespart werden. Da zur Regenerierung des gesättigten Zeoliths die Abwärme aus dem Verbrennungsmotor genutzt wird, die bislang ungenutzt als Verlustleistung in die Umgebung gelangt, ergibt sich eine nicht unerhebliche Schonung der Umwelt. Für ein Niedrigenergie-Einfamilienhaus werden erfahrungsgemäß etwa 7.000 bis 10.000 kW Heizenergie benötigt. Mit einem Wärmetauscher **3** mit einem Volumen von 14 m<sup>3</sup> kann dieses Niedrigenergie-Einfamilienhaus eine Saison lang geheizt werden. Bei einem solchen Energieverbrauch sind etwa 20 Fahrten des Fahrzeuges **17** notwendig, um das verbrauchte,

das heißt gesättigte Zeolith gegen trockenes Zeolith auszutauschen. Bei einem ständigen zyklischen Austausch des Zeoliths kann die Speichermenge deutlich reduziert werden, wodurch sich auch die Investitionskosten verringern und die Amortisation schneller erreicht wird.

**[0065]** Die Regenerierung des gesättigten Zeoliths kann auch mit Hilfe einer stationären Wärmequelle durchgeführt werden. Solche stationären Wärmequellen können ebenfalls Motoren, wie Verbrennungsmotoren oder Elektromotoren sein, bei denen die entstehende Abwärme zur Regenerierung des beladenen Sorptionsspeichers herangezogen wird. Solche stationären Wärmequellen sind beispielsweise auch Blockheizkraftwerke, Generatoren, Arbeitsmaschinen und dergleichen, bei denen ebenfalls Abwärme entsteht, die zur Regenerierung des Zeoliths herangezogen werden kann. Dadurch kann die Abwärme nutzbringend eingesetzt werden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regenerierung von thermochemischen Sorptionsspeichern, vorzugsweise von Zeolith, bei dem dem mit Feuchtigkeit beladenen Sorptionsspeicher Wärme zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des Transports mit einem Fahrzeug (17) die im Fahrzeug entstehende Abwärme oder bei einer stationären Wärmequelle die entstehende Abwärme zur Regenerierung des mit Feuchtigkeit beladenen Sorptionsspeichers herangezogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass angesaugte Außenluft durch Kühlerflüssigkeit des Motors des Fahrzeuges (17) vorgewärmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die angesaugte Außenluft durch die Abwärme des Motors weiter vorgewärmt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Abwärme des Fahrzeuges (17) oder die Abwärme der stationären Wärmequelle die Abgase des Verbrennungsmotors (27) des Fahrzeuges (17) oder der stationären Wärmequelle sind.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgewärmte Warmluft in einen Regenerationsbehälter (14) für den Sorptionsspeicher geleitet wird.
6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, mit wenigstens einem Regenerationsbehälter für den mit Feuchtigkeit beladenen Sorptionsspeicher, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Regenerationsbehälter (14) Teil eines Fahrzeuges (17), vorzugsweise eines LKWs, oder ein an eine stationäre Wärmequelle angeschlossener Teil ist, der mit wenigstens einer Warmluft führenden Leitung (29, 33) strömungsverbunden ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Regenerationsbehälter (14) über wenigstens einen Wärmetauscher (36) mit der die Warmluft führenden Leitung (29, 33) strömungsverbunden ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass in die die Warmluft führende Leitung (29) Außenluft gefördert wird, die mittels wenigstens eines Flüssigkeits-Luft-Wärmetauschers (32) erwärmt wird.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeits-Luft-Wärmetauscher (32) an einen Kühler (31) des Motors angeschlossen ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die die Warmluft führende Leitung (33) über wenigstens eine Zuführleitung (34) an einen Turbolader (28) des Fahrzeuges (17) angeschlossen ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass an den Wärmetauscher (36) wenigstens eine Abgasleitung sowie die die Außenluft führende Leitung (29) angeschlossen sind.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Regenerationsbehälter (14) an der Unterseite einer Ladefläche (18) des Fahrzeuges (17) angeordnet ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Regenerationsbehälter (14) als Wechselcontainer ausgebildet ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

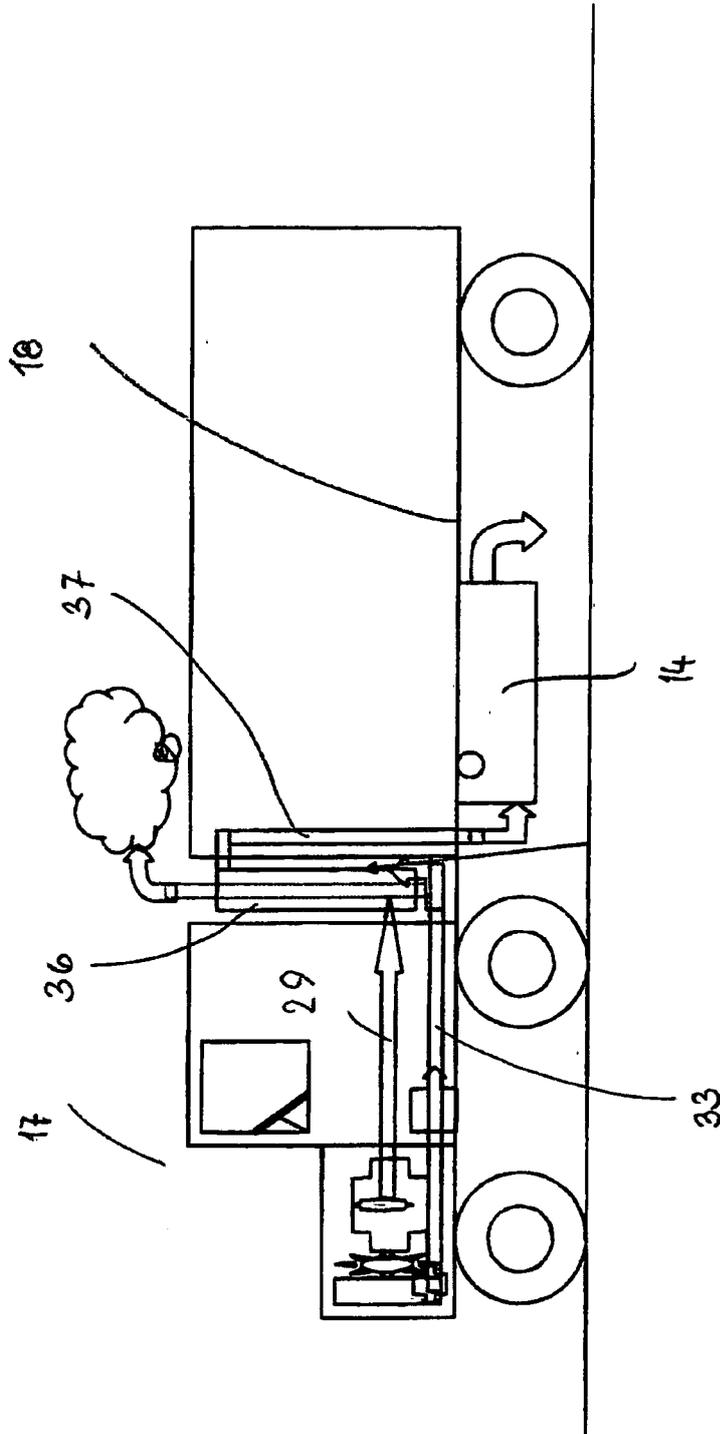


Fig. 1

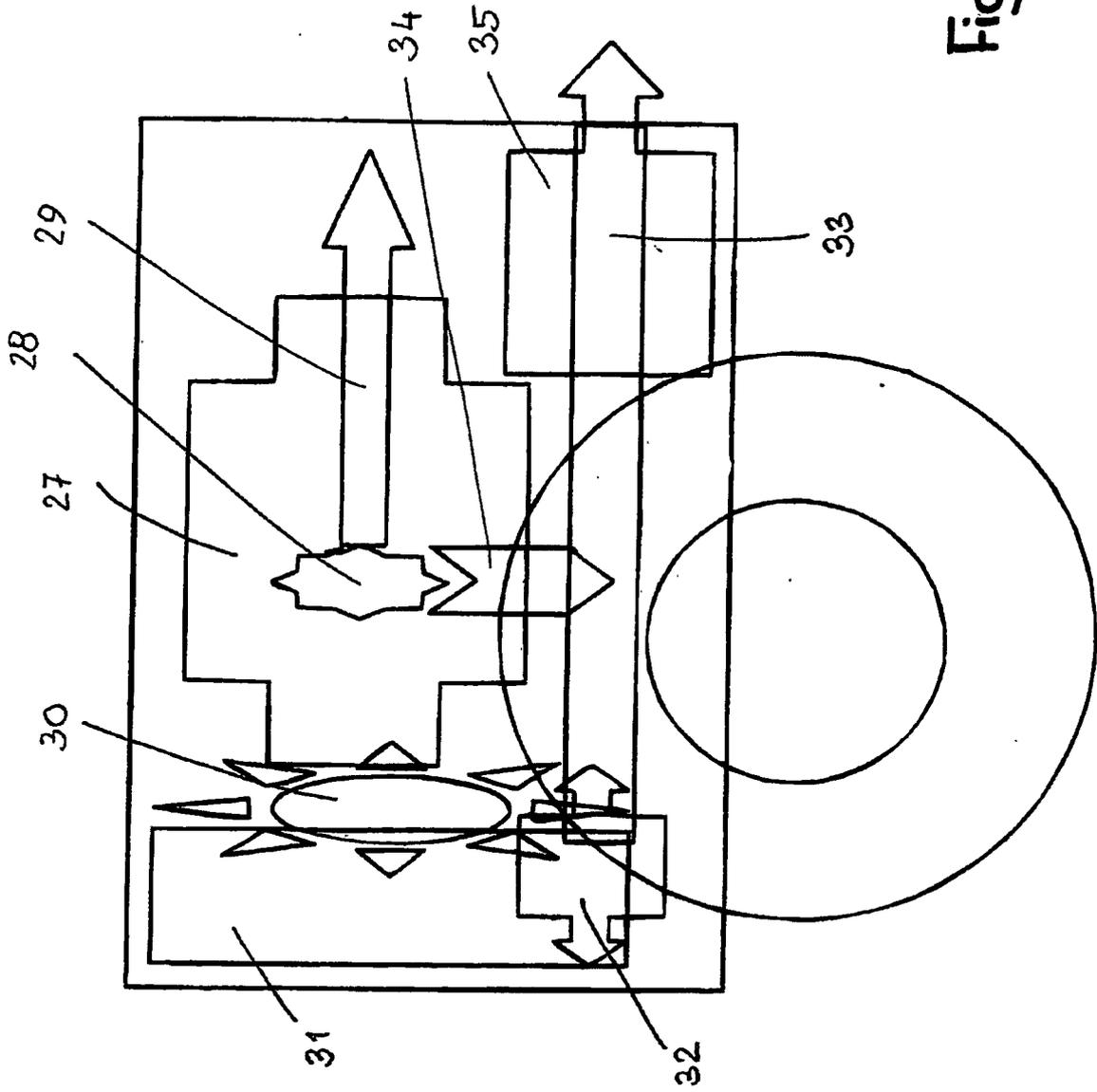


Fig. 2

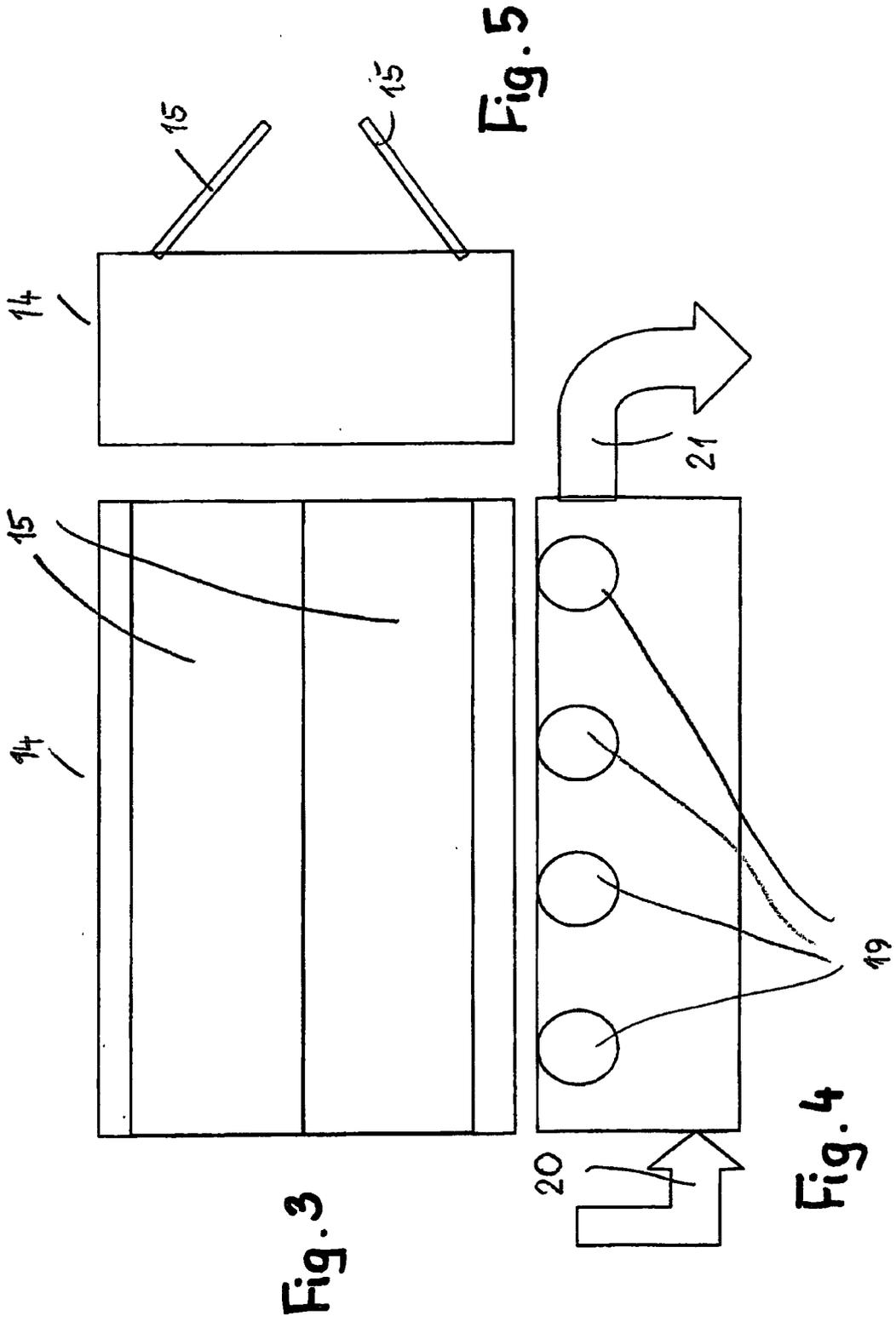


Fig. 6

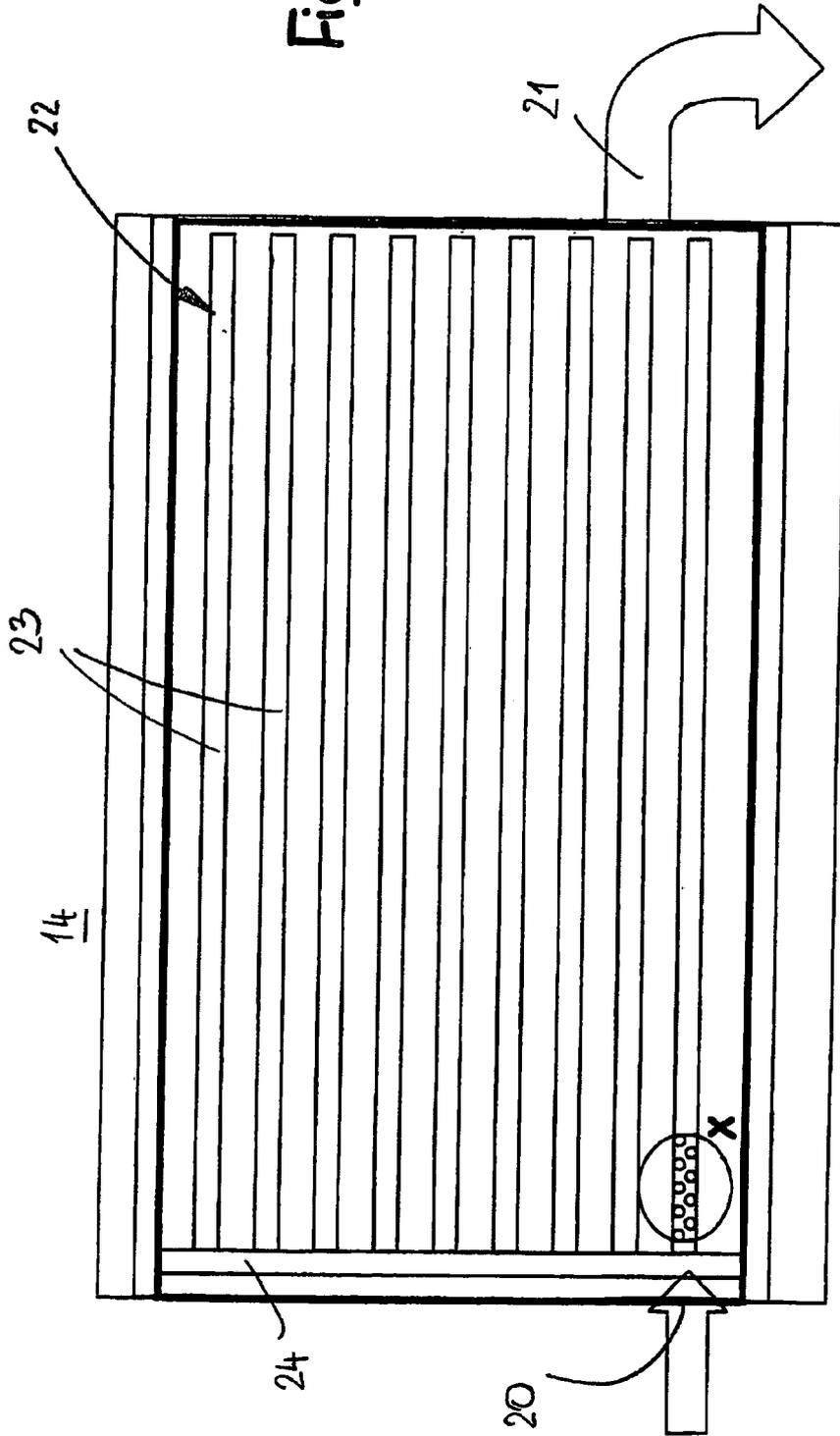
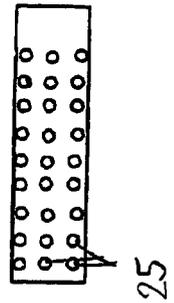
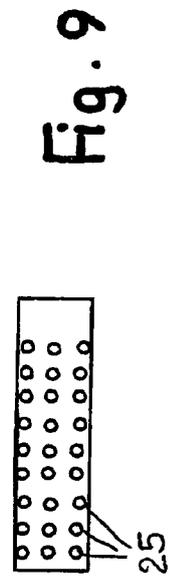
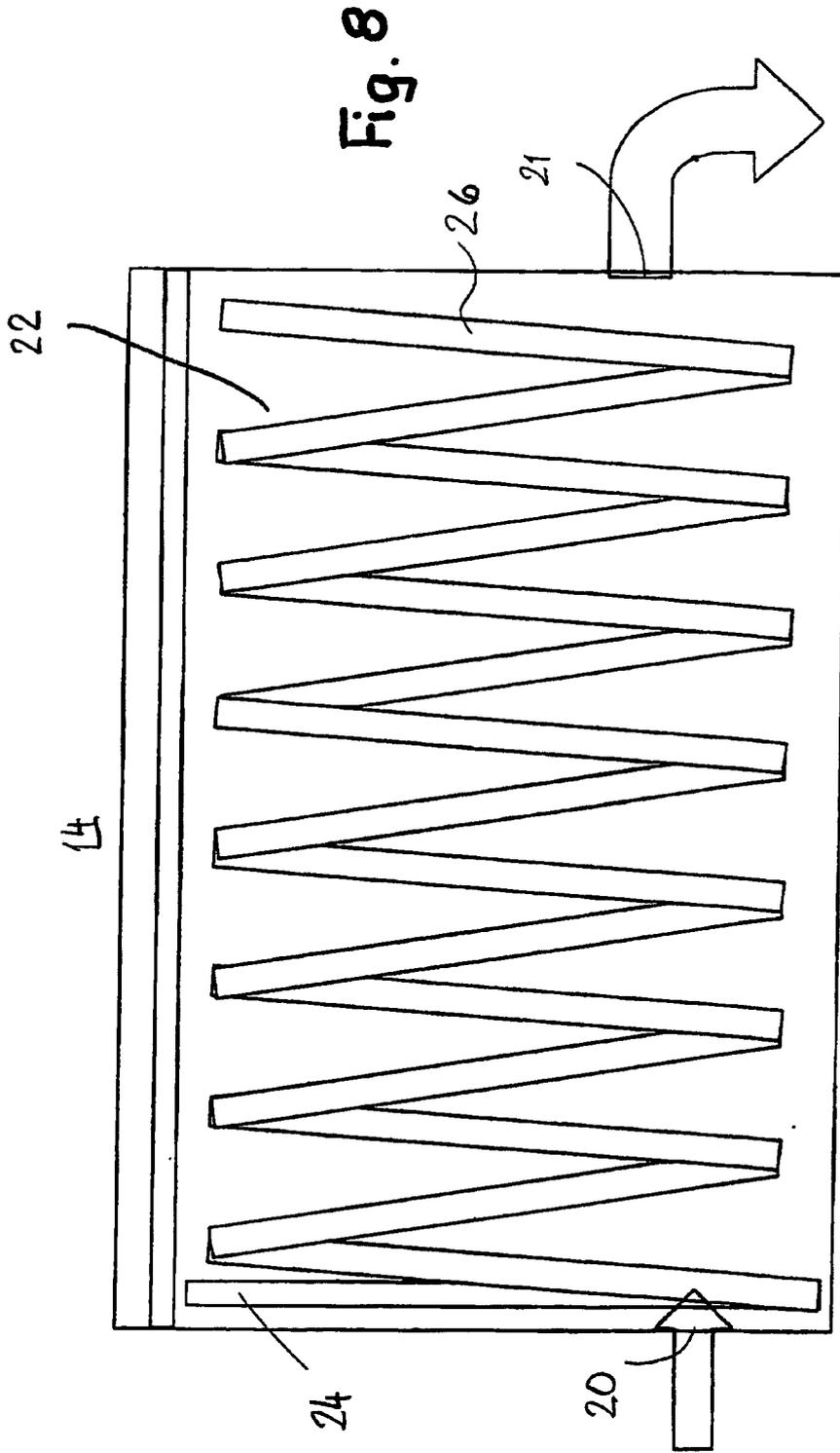


Fig. 7





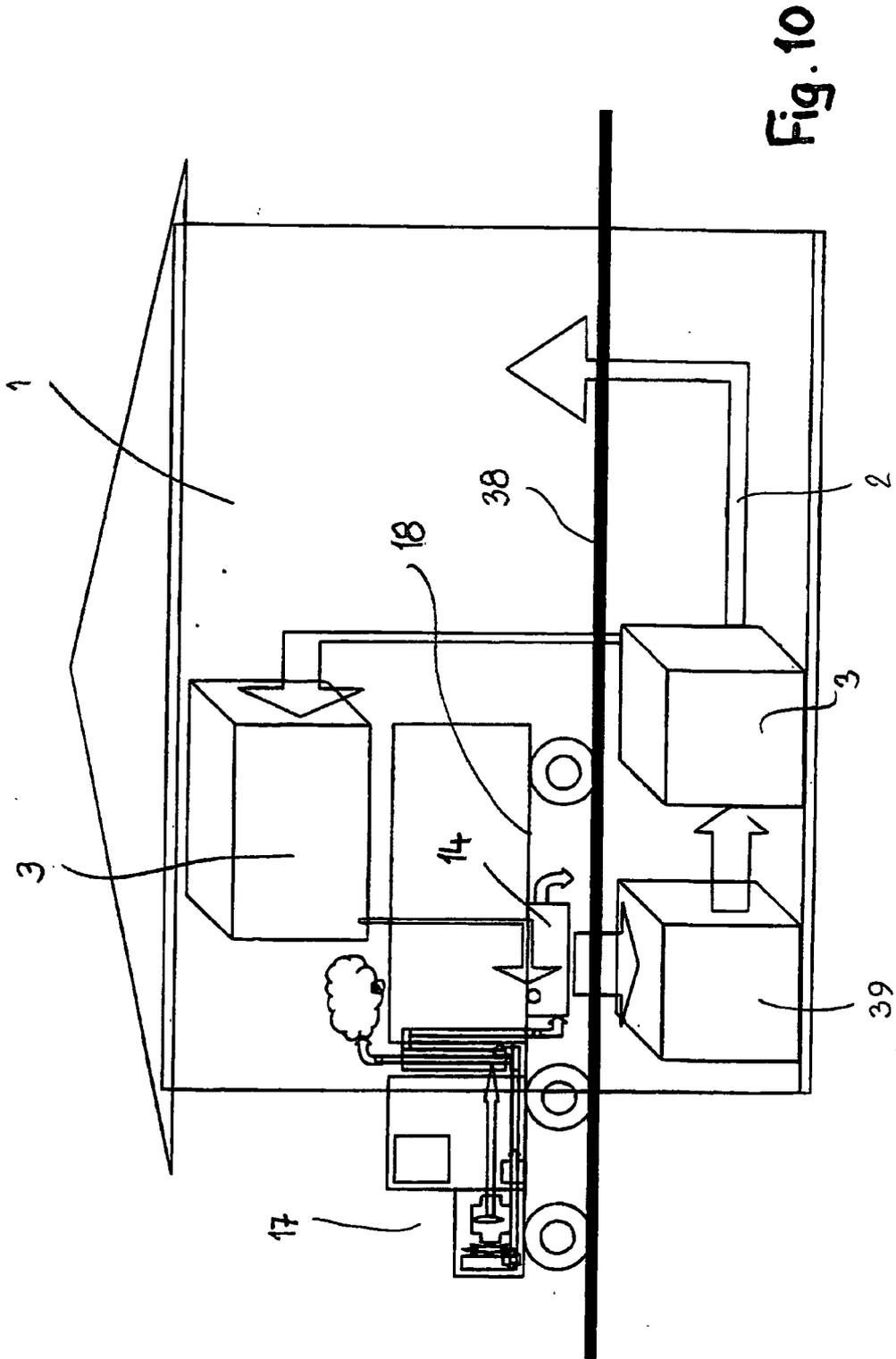


Fig. 10

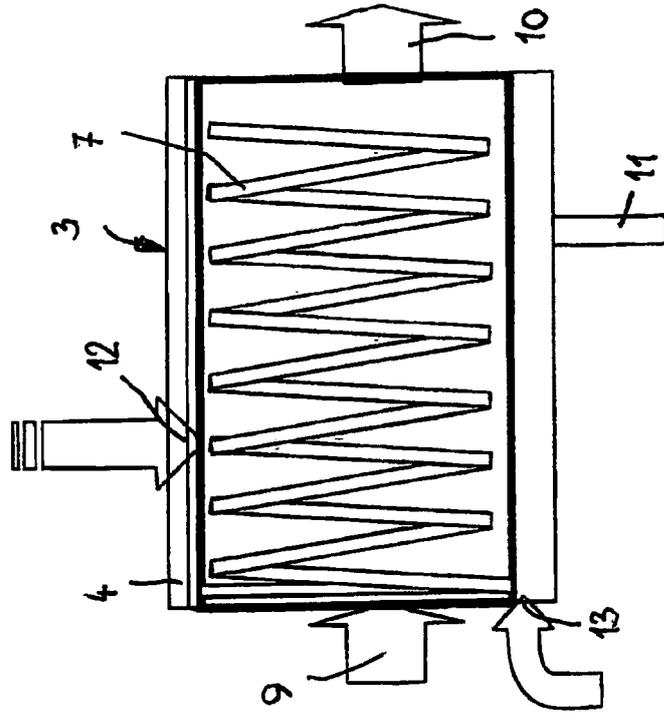


Fig. 12

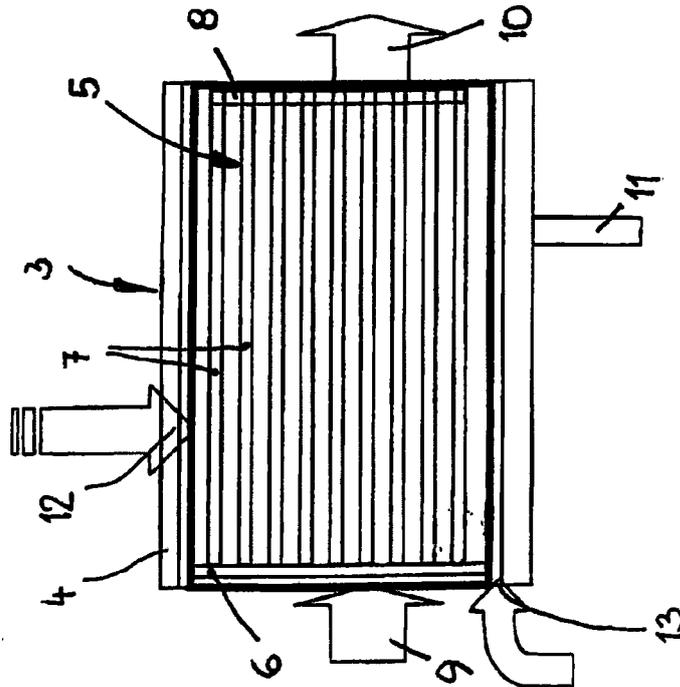


Fig. 11