



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 00 437 T2 2005.04.07**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 275 429 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 00 437.3**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 291 707.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **08.07.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.01.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **06.05.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.04.2005**

(51) Int Cl.7: **B01D 53/00**

**B01D 53/04**

(30) Unionspriorität:

**0109138 10.07.2001 FR**

(73) Patentinhaber:

**Commissariat à l'Energie Atomique, Paris, FR**

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &  
Schwanhäusser, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR**

(72) Erfinder:

**Marillet, Christophe, 13001 Marseille, FR; Chaix,  
Thierry, 74250 Viuz-en-Sallaz, FR**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Einfangen von in Abgasen enthaltenen Dämpfen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einfangen, Rückgewinnen von Dämpfen, insbesondere in Abgasen enthaltenen organischen Dämpfen.

**[0002]** Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Anwendung dieses Verfahrens.

**[0003]** In zahlreichen industriellen Verfahren werden organische Verbindungen benutzt oder erzeugt, die im Laufe des Verfahrens Gasform annehmen können. Es kann sich zum Beispiel um Lösungsmittel in der chemischen, pharmazeutischen oder elektronischen Industrie oder in Farben usw. handeln, oder um Kühl- oder Heizfluid zum Beispiel bei den Verfahren zur Herstellung von elektronischen Bauteilen oder in den thermischen Kreisläufen, usw.

**[0004]** Diese organischen Verbindungen – im Allgemeinen flüchtig bis sehr flüchtig – müssen generell in geschlossene Kreisläufe eingeschlossen sein. Jedoch sind bei den industriellen Verfahren, die im "Batch"-Betrieb arbeiten, das heißt mit unterbrochenen Umwandlungsoperationen, die Kreisläufe, welche die Fluids enthalten, offen oder teilweise offen.

**[0005]** Das Emittieren organischer Dämpfe in die Umgebung ist also üblich.

**[0006]** Diese Emissionen mit Dämpfen von flüchtigen organischen Verbindungen müssen jedoch so kanalisiert und behandelt werden, dass die Restdampf-Ausstoß sehr gering ist. Zwei starke Gründen verpflichten die Industrieunternehmen nämlich, diesen Ausstoß in die Atmosphäre zu reduzieren:

- wirtschaftliche Gründe, denn die organischen Produkte sind sehr teuer und ihre Rückgewinnung ist ein Gebot der Rentabilität;
- Reglementierungen, gebildet durch neue Vorschriften mit dem Bestreben, alle industriellen Sektoren zu erfassen, wobei die Verwendung von Lösungsmitteln und ihre Emission in die Atmosphäre sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene gesetzlich geregelt ist.

**[0007]** Insbesondere kommt ab 2004 eine europäische Richtlinie bezüglich der Vorbeugung und Reduzierung von Umweltverschmutzungen zu Anwendung, während ab 2005 eine weitere europäische Richtlinie bezüglich der durch Lösungsmittel verursachten Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen noch direkter die Verfahren betrifft, in denen Lösungsmittel benutzt werden.

**[0008]** Außerdem sind in Frankreich die Unternehmen abgabepflichtig, deren Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen, Kohlenwasserstoffen, usw. 150 t/Jahr überschreiten, egal ob es sich um einen kanalisiertem oder diffusen Ausstoß handelt.

**[0009]** Schließlich betreffen die Reglementierungen bezüglich der flüchtigen organischen Verbindungen auch die bei diesen Substanzen einzuhaltenen Maximalschwellenwerte, insbesondere in den Werkstätten, sowie die Sicherheit, wenn die Fluide explosiv oder feuergefährlich sind.

**[0010]** Die Verfahren zur Behandlung von Abgasen hinsichtlich des Rückgewinns, Einfangens oder Eliminierens der Dämpfe von flüchtigen organischen Verbindungen können in zwei große Gruppen eingeteilt werden, nämlich einerseits die Abbauprozesse und andererseits die Rückgewinnungsverfahren.

**[0011]** Die Abbauprozesse können als Verfahren definiert werden, in denen die in den zu behandelnden Abgasen vorhandenen Verbindungen während oder nach der Reinigungsbehandlung der Fluide abgebaut werden. Diese Abbautechniken sind insbesondere die biologische Behandlung, die thermische Oxidation oder Verbrennung und die katalytische Oxidation.

**[0012]** Die Rückgewinnungsverfahren sind Verfahren, welche die Rückgewinnung des nach Behandlung der Abgase gesammelten Stoffs ermöglichen. Sie bieten eine große Auswahl an Realisierungsmöglichkeiten, wie das Recycling in dasselbe Verfahren oder in ein anderes Verfahren, oder auch den Verkauf der zurückgewonnenen Produkte. Es gibt im Wesentlichen vier große Gruppen sogenannter "Rückgewinnungs"-Behandlungsverfahren: Adsorption, Absorption, Kondensation und Membranbenutzung.

**[0013]** Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und der Umweltschonung sind die Rückgewinnungsverfahren zu bevorzugen.

[0014] Jedoch weisen die gegenwärtig verfügbaren Verfahren zahlreiche technische Grenzen auf.

[0015] Das Anwendungsverfahren jedes dieser Verfahren ist äußerst beschränkt, wie die folgende Tabelle zeigt, welche die Rückgewinnungsmöglichkeiten zusammenfasst, welche jedes dieser Behandlungsverfahren zulässt.

TABELLE 1

Charakteristika der flüchtigen Bestandteile	Adsorption	Absorption	Kondensation
ketonhaltiges Lösungsmittel	nein	ja	ja
sehr unterschiedliche Polarität der Lösungsmittel	ja	nein	ja
hoher Alkoholprozentsatz	nein	ja	ja
Konzentration < 7 g/m <sup>3</sup>	nein	nein	nein
7 g/m <sup>3</sup> < Konzentration < 25 g/m <sup>3</sup>	ja	ja	nein
Konzentration > 25 g/m <sup>3</sup>	nein	nein	ja

Konzentration: in g/Nm<sup>3</sup>

[0016] Daraus resultiert, dass zahlreiche Anwendungen durch diese Verfahren nicht richtig abgedeckt werden.

[0017] Die Adsorptions- und Absorptionsverfahren, welche bezüglich Abgase die besten Leistungen aufweisen, nämlich mit Werten unter 50 mg/m<sup>3</sup>, sind im Allgemeinen sehr selektiv und bestimmte flüchtige Verbindungen, wie zum Beispiel Lösungsmittel, können durch die festen und flüssigen Substrate, mit denen sie Kontakt haben, nicht eingefangen werden. Die Behandlung der Mischungen ist oft problematisch, denn sie können für jeden der einzufangenden Dämpfe ein spezifisches Substrat erforderlich machen.

[0018] Die Adsorptions- und Absorptionsverfahren erfordern außerdem eine zusätzliche Vorrichtung, um die Regeneration des festen Substrats für die Adsorption und des flüssigen Substrats für die Absorption zu ermöglichen.

[0019] Das Kondensationsverfahren ermöglicht im Allgemeinen nur dann die vorgeschriebenen Werte zu erreichen, wenn man eine sehr niedrige Betriebstemperatur wählt, generell unter -70 °C, die man zu akzeptablen Investitionskosten nur mit flüssigem Stickstoff erreicht.

[0020] Die industriellen Erfahrungen beim Einfangen von Lösungsmittel in großen Industrieanlagen sind typisch für die realen Probleme, nämlich:

- mangelnde Leistung, insbesondere bezüglich des Kryokondensationsverfahrens;
- mangelnde Zuverlässigkeit der Verbrennungsöfen, schnelle Verstopfung der Trenner bzw. Abscheider, Aktivkohlenfeuer, usw.;
- Investitions- und Betriebskosten.

[0021] Ein Verfahren zum Einfangen von Dämpfen, zum Beispiel der Dämpfe von flüchtigen organischen Verbindungen, enthalten in einem Abgas, muss außerdem eine bestimmte Anzahl von Anforderungen erfüllen, um es günstig anwenden zu können.

[0022] So muss insbesondere ein Recycling der den Dampf bildenden Verbindung in das Herstellungsverfahren, aus dem der Dampf stammt, möglich sein, was generell die Reinheit dieser Verbindung am Ende der Einfang- oder Rückgewinnungsbehandlung erforderlich macht, wobei die in Zukunft vorgeschriebenen Werte sehr niedrigen Konzentrationen entsprechen. Die Betriebsbedingungen der industriellen Verfahren sind gekennzeichnet durch Betriebsparameter-Schwankungen, durch von Verfahren zu Verfahren variierende Lösungsmittel und durch innerhalb ein und desselben Verfahrens variierende Lösungsmittel. Schließlich gibt es für die Anlagen zur Anwendung des Verfahrens noch Zuverlässigkeits-, Kosten- und Wartungsaufgaben.

**[0023]** Es besteht also ein Bedarf an einem Verfahren zum Einfangen von in Abgasen enthaltenen Dämpfen, das den oben genannten Kriterien entspricht und das außerdem ein sehr breites Anwendungsfeld abdeckt, unabhängig von den in den Abgasen enthaltenen Dämpfen, und das auf jeden Fall ermöglicht, die vorgeschriebenen Werte zu erreichen, das einfach, zuverlässig und kostengünstig ist und das eine begrenzte Anzahl Schritte umfasst.

**[0024]** Es besteht auch noch ein Bedarf an einem Verfahren zum Einfangen von in Abgasen enthaltenen Dämpfen, das nicht die Nachteile, Mängel und Beschränkungen der Verfahren aus dem Stand der Technik aufweist, sondern die Probleme der Verfahren aus dem Stand der Technik löst.

**[0025]** Der Zweck der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Einfangen von in Abgasen enthaltenen Dämpfen zu liefern, das u.a. diesem Bedarf entspricht und die weiter oben genannten Kriterien und Anforderungen erfüllt.

**[0026]** Dieser Zweck und weitere werden erfindungsgemäß mit einem Verfahren zum Einfangen von in Abgasen enthaltenen Dämpfen erreicht, bei dem in einem ersten Schritt das mit Dämpfen belastete Abgas zunächst einen von einem Kühlfluid durchströmten ersten Kondensator passiert, in dem ein Teil des Dampfes kondensiert wird, dann in ein erstes Adsorptionsbett strömt, gekühlt durch das Kühlfluid, das durch erste Wärmetauscheinrichtungen fließt, um den Rest der Dämpfe zu adsorbieren, woraufhin der Rest des gereinigten Gases ausgeschieden wird; sodann, in einem zweiten Schritt, wenn das erste Adsorptionsbett durch die adsorbierten Dämpfe gesättigt ist, das die Dämpfe enthaltende Abgas einen zweiten mit Kühlfluid gespeisten Kondensator passiert und dann in ein zweites Adsorptionsbett strömt, gekühlt durch das Kühlfluid, das durch zweite Wärmetauscheinrichtungen fließt, und dann als gereinigtes Abgas ausgeschieden wird, während simultan das erste Adsorptionsbett regeneriert wird durch Erwärmung mit einem Heizfluid, das durch die ersten Wärmetauscheinrichtungen fließt, woraufhin die desorbierten Dämpfe des ersten Adsorptionsbetts in den zweiten Kondensator geleitet werden, der dann mit Kühlfluid gespeist wird und wo diese desorbierten Dämpfe des ersten Adsorptionsbetts kondensieren, wobei dann, wenn das zweite Adsorptionsbett gesättigt ist, das die Dämpfe enthaltende Abgas wieder in den mit Kühlfluid gespeisten ersten Kondensator und das erste Adsorptionsbett geleitet wird, das gekühlt wird durch das Kühlfluid, das durch die ersten Wärmetauscheinrichtungen fließt, und das zweite Bett regeneriert wird, und so weiter, und dabei das erste und das zweite Adsorptionsbett sich abwechselnd in der Adsorptionsphase und der Regenerationsphase befinden; wobei in diesem Verfahren das Kühlfluid das Fluid des Verdampfers einer Umkehrwärmepumpe ist, und das Heizfluid das aus dem Kondensator der Umkehrwärmepumpe stammende Fluid ist.

**[0027]** Vorteilhafterweise werden die von dem ersten Adsorptionsbetts beziehungsweise dem zweiten Adsorptionsbetts desorbierten Dämpfe in der Regenerationsphase durch ein Gas befördert, das vorzugsweise gebildet wird durch das in dem zweiten Kondensator, beziehungsweise dem ersten Kondensator, dann in dem ersten Kondensator, beziehungsweise dem zweiten Kondensator, wo die Dämpfe kondensieren, gereinigte Abgas, und das Gas wird in der Regenerationsphase in das erste Adsorptionsbett beziehungsweise das zweite Adsorptionsbett zurückgeleitet.

**[0028]** Dieses Verfahren arbeitet in "geschlossener Schleife" bzw. als geschlossener Kreislauf, kann aber auch in "offener Schleife" bzw. als offener Kreislauf arbeiten.

**[0029]** Es ist dann möglich, die zum Beispiel mittels einer Pumpe eingespeiste Umgebungsluft zu benutzen, um in der Desorptionsphase das erste Adsorptionsbett beziehungsweise das zweite Adsorptionsbett zu regenerieren. In diesem Fall wird diese mit dem Dampf der flüchtigen organischen Verbindung belastete Luft in der Adsorptionsphase mit dem Abgas in den zweiten bzw. den ersten Kondensator und dann in das zweite bzw. das erste Adsorptionsbett geleitet.

**[0030]** Grundsätzlich besteht das erfindungsgemäße Verfahren darin, einerseits zwei Prinzipien des Einfangens von Dämpfen zu vereinen, nämlich die Adsorption und die Kondensation, die fundamental verschieden sind, und andererseits eine sehr übliche industrielle Vorrichtung zu benutzen, nämlich eine Umkehr-Wärmepumpe, damit diese Vereinigung einen realen synergetischen Effekt erzielt, indem insbesondere die Leistungen und der Wirkungsgrad des gesamten Verfahrens optimiert werden.

**[0031]** Die Wärmepumpe ermöglicht nämlich, den ersten Kondensator oder den zweiten Kondensator mit Kühlfluid oder Niedrig- bzw. Tieftemperatur-Fluid zu versorgen, um die in dem Abgas enthaltenen Dämpfe sowie die bei der Regeneration des ersten oder des zweiten Adsorptionsbetts freigewordenen Dämpfe partiell zu kondensieren, das heißt des in der Regenerations-, Desorptionsphase befindlichen Betts.

**[0032]** Die Wärmepumpe ermöglicht auch die Abkühlung des ersten oder des zweiten Adsorptionsbetts, nämlich des in der Einfang-, Adsorptionsphase befindlichen Betts, um so die Dampfeinfangleistungen durch Adsorption deutlich zu steigern. Das genannte Adsorptionsbett (Bett in der Adsorptionsphase) befindet sich generell in der Abgasleitung stromabwärts von dem jeweiligen Kondensator, welcher der gekühlte Kondensator ist.

**[0033]** Die Wärmepumpe ermöglicht auch das Heizen des gerade in der Regenerationsphase befindlichen Adsorptionsbetts, das heißt des zweiten oder des ersten Adsorptionsbetts, durch das von der Kompression der Wärmepumpe stammende Heizfluid oder Hochtemperatur-Fluid, wobei dieses Heizen die Regeneration des fraglichen Adsorptionsbetts bewirkt. Das erste oder zweite während dieser Regenerationsphase derart geheizte Bett setzt konzentrierte Dämpfe frei, zum Beispiel Dämpfe von konzentrierten Lösungsmitteln, die sich leicht verflüssigen lassen in dem mit Kühlfluid versorgten ersten oder zweiten Kondensator.

**[0034]** Mit anderen Worten besteht das erfindungsgemäße Verfahren im Wesentlichen darin, zwei Adsorptionsbette, zwei Kondensatoren (die abwechselnd jeweils die Rolle des Kondensators spielen, wenn sie mit Kühlfluid versorgt werden, oder des Verdampfers, wenn sie mit Heizfluid versorgt werden) sowie eine Wärmepumpe zu verbinden, deren jeweilige Funktionen in der Folge beschrieben werden:

- die Adsorptionsbette fixieren die in den durchströmenden Abgasen enthaltenen Dämpfe;
- die Wärmepumpe ermöglicht – in Höhe ihrer kalten Quelle – die Kondensation der in den Abgasen enthaltenen Dämpfe, zum Beispiel flüchtige organische Verbindungen, ehe sie das erste Adsorptionsbett (bzw. das zweite Adsorptionsbett) passieren, die Kondensation der aus dem in der Regenerationsphase befindlichen zweiten aktiven Bett (bzw. ersten aktiven Bett) stammenden Dämpfe, und schließlich die Kühlung des ersten Adsorptionsbetts (bzw. des zweiten Adsorptionsbetts), das dann als Adsorber arbeitet, und bewirkt derart eine Verbesserung der Adsorptionskapazität von diesem. In Höhe ihrer warmen Quelle ermöglicht die Wärmepumpe durch Zuführung der von dem Kondensator der Wärmepumpe abgegebenen Wärme die Regeneration des gesättigten Adsorptionsbetts.

**[0035]** Das erfindungsgemäße Verfahren entspricht dank der Kombination und Verbindung von zwei spezifischen Verfahren der Adsorption und der Kondensation sowie einer Wärmepumpe dem weiter oben angegebenen Bedarf, befriedigt die Kriterien und Anforderungen und liefert eine Lösung für die Probleme des Stands der Technik.

**[0036]** Mit anderen Worten passiert das zu behandelnde Abgas, das die Dämpfe enthält, die man einfangen und zurückgewinnen will, zunächst einen mit Kühlfluid versorgten ersten oder zweiten Kondensator, dann ein erstes oder zweites Adsorptionsbett, nämlich das in der Adsorptionsphase befindliche gekühlte Bett, ehe es zum Beispiel in die Atmosphäre ausgeschieden wird.

**[0037]** Die Abkühlung zur Kondensation und Adsorption – das heißt, um die Wärmeaustauscheinrichtungen mit Kühlfluid zu versorgen, mit denen das in der Adsorptionsphase befindliche Adsorptionsbett ausgerüstet ist – erfolgt durch den Verdampfer der Wärmepumpe, wobei dieser Verdampfer in Wirklichkeit zugleich den genannten Kondensator und die genannten Wärmeaustauscheinrichtungen bildet, die alle beide mit Kühlfluid versorgt werden.

**[0038]** Außerdem wird der Kondensator der Wärmepumpe erfindungsgemäß auf eine neuartige Weise als Wärmequelle für die Regeneration eines zweiten Adsorptionsbetts benutzt. Die Rückgewinnung der aus dieser Desorption stammenden Dämpfe erfolgt durch den ersten Kondensator stromaufwärts von dem ersten in der Adsorptionsphase befindlichen Adsorptionsbett. Das System wird invertiert, wenn das genannte Adsorptionsbett gesättigt ist und das Desorptionsbett regeneriert wird.

**[0039]** In Bezug auf die existierenden Rückgewinnungsverfahren durch das Einfangen von Dämpfen umfasst das erfindungsgemäße Verfahren zahlreiche Vorteile.

**[0040]** So ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren, Abgase unabhängig von der Art der in ihnen enthaltenen einzufangenden Dämpfe zu behandeln.

**[0041]** Die einzufangenden Dämpfe werden im Allgemeinen durch Dämpfe von organischen Verbindungen gebildet, insbesondere flüchtigen organischen Verbindungen, die meist als Lösungsmittel verwendet werden.

**[0042]** Diese organischen Verbindungen oder ihre Mischungen werden im Allgemeinen aufgrund ihrer Fähigkeit ausgewählt, sich vom Adsorber adsorbieren zu lassen.

**[0043]** Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine exzellente Rückgewinnung der Dämpfe, unabhängig von der Anzahl der sie bildenden Verbindungen, und dies sogar auch dann, wenn diese Verbindungen sehr unterschiedliche Strukturen und Konzentrationen aufweisen.

**[0044]** Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht, komplexe Dämpfe zu behandeln, die eine unbegrenzte Anzahl von Verbindungen enthalten, während die Verfahren nach dem Stand der Technik nur die Behandlung von Dämpfen ermöglichen, die eine geringe Anzahl von Verbindungen – zum Beispiel weniger als 4 – und eventuell nur eine einzige Verbindung umfassen.

**[0045]** Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht also das Einfangen und Regenerieren von Dämpfen unabhängig von ihrer Konzentration.

**[0046]** Der durch das erfindungsgemäße Verfahren tolerierte Konzentrationsbereich von Dämpfen reicht von sehr schwachen Konzentrationen, für die im Extremfall nur das Adsorptionsbett aktiv ist, bis zu sehr starken Konzentrationen, für die die Kondensation im Kondensator oder Kältetauscher einen großen Teil des Einfangprozesses darstellt und die Adsorption eine Nachbehandlung ist, die das Erreichen der vorgeschriebenen Ausstoßwerte ermöglicht.

**[0047]** Das erfindungsgemäße Verfahren kann sich also quasi-momentan anpassen, um Abgase zu behandeln, deren Dampfkonzentration sehr unterschiedlich ist.

**[0048]** Dies ist mit den Verfahren nach dem Stand der Technik nicht möglich, die eine einzige Dampf-Einfangart benutzen.

**[0049]** Dieser Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist besonders interessant, wenn die Dampfarten des Industrieunternehmens zeitlich stark variieren und ihre Konzentrationen dabei stark schwanken. Das erfindungsgemäße Verfahren beherrscht diese Schwierigkeit, die einer in der Industrie sehr häufig angetroffenen Realität entspricht.

**[0050]** Die Gesamtkonzentration der in den Abgasen enthaltenen einzufangenden und durch das erfindungsgemäße Verfahren zu behandelnden Dämpfe kann generell von einigen hundert  $\text{mg}/\text{m}^3$  bis einige  $\text{kg}/\text{m}^3$  gehen.

**[0051]** Das erfindungsgemäße Verfahren kann eine sehr große Abgas-Durchsatzmenge behandeln. Tatsächlich gibt es keine realen Grenzen für die Durchsatzmenge des zu behandelnden Abgases, da nämlich die Größe der Adsorptionsbette sehr variabel ist, denn es können problemlos kleine oder große Bette realisiert werden, und die Leistungsbreite der auf dem Markt verfügbaren Wärmepumpen ist sehr groß und geht zum Beispiel von einigen kW bis mehrere zehn MW.

**[0052]** Die Abgasmengen, die durch das erfindungsgemäße Verfahren behandelt werden können, gehen von einigen zehn  $\text{m}^3/\text{h}$  bis mehr als 100 000  $\text{m}^3/\text{h}$ .

**[0053]** Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht, ein Problem zu lösen, dem man beim Einfangen durch Kondensation oft begegnet, nämlich der Nebelbildung am Ausgang des Kondensers durch die den Dampf bildenden Verbindungen wie zum Beispiel den flüchtigen organischen Verbindungen. Bei dem vorliegenden Verfahren befindet sich das erste Adsorptionsbett (als das in der Adsorptionsphase befindliche) stromabwärts von dem Dampfkondensator und kann die Rolle des Trenners bzw. Abscheiders spielen und den negativen Einfluss dieses Vorhandenseins von sehr feinen flüssigen Bläschen in dem Abgas annullieren.

**[0054]** Das erfindungsgemäße Verfahren löst außerdem auf wirksame und wirtschaftliche Weise das Problem der Regeneration des Adsorptionsbetts, das sich in der Regenerationsphase befindet und das entweder das erste oder das zweite Adsorptionsbett sein kann.

**[0055]** Die durch die Wärmepumpe abgegebene Wärme wird dank ihrer spezifischen Integration in das erfindungsgemäße Verfahren verwertet, und das Zurückgreifen auf zusätzliche komplexe und teure Prozeduren wird überflüssig. Es ist insbesondere nicht mehr nötig, einen zusätzlichen Heizkessel oder eine elektrische Heizung zu benutzen.

**[0056]** Dies wirkt sich vorteilhaft auf die Investitions- und Energiekosten aus.

**[0057]** Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Anwendung des oben beschriebenen Verfahrens.

**[0058]** Die Vorrichtung zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst einen ersten Kondensator, abwechselnd mit Kühlfluid und Heizfluid gespeist, ein erstes Adsorptionsbett mit ersten Wärmetauscheinrichtungen, abwechselnd mit Kühlfluid und Heizfluid gespeist, einen zweiten Kondensator, abwechselnd mit Kühlfluid und Heizfluid gespeist, und ein zweites Adsorptionsbett mit zweiten Wärmetauscheinrichtungen, abwechselnd mit Kühlfluid und Heizfluid gespeist, Einrichtungen zum Fördern eines Dämpfe enthaltenden Abgasstroms in den mit Kühlfluid gespeisten ersten Kondensator und dann in das erste Adsorptionsbett, gekühlt durch das in den ersten Wärmetauscheinrichtungen fließende Kühlfluid, oder in den mit Kühlfluid gespeisten zweiten Kondensator und dann in das zweite Adsorptionsbett, gekühlt durch das in den zweiten Wärmetauscheinrichtungen fließende Kühlfluid, wobei zum Ausscheiden des gereinigten Abgases der andere Kondensator simultan mit einem Heizfluid gespeist wird und das andere Adsorptionsbett simultan regeneriert wird durch Heizen mit dem Heizfluid, das durch die Wärmetauscheinrichtungen fließt, mit denen es ausgestattet ist, und der erste oder zweite Kondensator und die ersten oder zweiten Wärmetauscheinrichtungen, gespeist mit Kühlfluid, abwechselnd jeweils durch den Verdampfer einer Umkehr-Wärmepumpe gebildet werden, und der andere Kondensator und die anderen Wärmetauscheinrichtungen, gespeist mit Kühlfluid, abwechselnd jeweils durch den Kondensator einer Umkehr-Wärmepumpe gebildet werden.

**[0059]** Vorteilhafterweise umfasst die Vorrichtung außerdem Einrichtungen zur Herstellung eines geschlossenen Kreislaufs, um in einem Gas, vorzugsweise gebildet durch das gereinigte Abgas, die in der Regenerationsphase desorbierten Dämpfe des Betts in den mit Heizfluid gespeisten ersten beziehungsweise zweiten Kondensator und dann in den mit Kühlfluid gespeisten zweiten beziehungsweise ersten Kondensator zu befördern, wo die Dämpfe kondensieren, und dann das Gas in das Bett in der Regenerationsphase zu leiten.

**[0060]** Vorteilhafterweise umfasst die Vorrichtung außerdem Einrichtungen zur Herstellung eines offenen Kreislaufs, um in der Umgebungsluft die in der Regenerationsphase desorbierten Dämpfe des Betts in den mit Heizfluid gespeisten ersten beziehungsweise zweiten Kondensator und dann in der Adsorptionsphase mit dem Abgas in das zweite Bett beziehungsweise das erste Bett zu befördern, und um die Luft mit dem gereinigten Abgas auszuscheiden.

**[0061]** Vorteilhafterweise werden der erste und der zweite Kondensator in zwei Teile getrennt, wobei der erste dieser Teile sich in der Nähe von jeweils dem ersten oder zweiten Adsorptionsbett befindet und der erste und der zweite Teil des mit Kühlfluid gespeisten Kondensators jeweils das die einzufangenden Dämpfe enthaltende Abgas und das die in der Regenerationsphase desorbierten Dämpfe des Adsorptionsbetts befördernde Gas empfängt.

**[0062]** Vorzugsweise umfasst die Vorrichtung außerdem Einrichtungen zur Aufnahme der aus dem ersten und zweiten Teil des mit Kühlfluid gespeisten Kondensators stammenden kondensierten Dämpfe.

**[0063]** Vorteilhafterweise befinden der erste Kondensator und das erste Adsorptionsbett in der Vorrichtung in einer ersten Kammer und der zweite Kondensator und das zweite Adsorptionsbett in einer zweiten Kammer, wobei die erste und die zweite Kammer jeweils abwechselnd die Kammer des Verdampfers und des Kondensators der Wärmepumpe bilden.

**[0064]** Die Nutzeffekte und Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind schon weiter oben in der Beschreibung des Verfahrens detailliert worden.

**[0065]** In der Folge wird die Erfindung genauer beschrieben, wobei diese erläuternde und nicht einschränkende Beschreibung sich auf die **Fig. 1** bezieht, die eine schematische Schnittansicht einer Vorrichtung zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist.

**[0066]** Die in der **Fig. 1** dargestellte Vorrichtung umfasst ein erstes Adsorptionsbett **1**, das sich in der **Fig. 1** in der Adsorptionsphase befindet, und ein zweites Adsorptionsbett **2**, das sich in der Figur in der Desorptions- oder Regenerationsphase befindet.

**[0067]** Diese Vorrichtung umfasst auch zwei Abgaskreise, zum Beispiel ausgerüstet mit einem Ventilator, nämlich:

- einen offenen Kreis (in der **Fig. 1** mit fetten Pfeilen dargestellt) für das dampfbelastete Abgase **5**, zum Beispiel aus einem industriellen Verfahren stammend, in dem sich der Verdampfer **6** der Wärmepumpe befindet, der zugleich die Rolle des ersten Kondensators **9** und des Kühlgeräts (oder einer mit Kühlfluid gespeisten Wärmetauscheinrichtung) des ersten Adsorptionsbetts **1** spielt, welches dasjenige ist, das sich in der Adsorptionsphase befindet;

– einen geschlossenen Kreis im Falle der **Fig. 1** (dargestellt durch die gestrichelten fetten Pfeile), in dem ein gereinigtes Gas in den zweiten Kondensator **7** der Wärmepumpe strömt und dann, belastet mit den Dämpfen, die aus der Desorption des zweiten Betts stammen, in den Verdampfer der Wärmepumpe (erster Kondensator), so dass sich die Dämpfe verflüssigen, zum Beispiel die Dämpfe von desorbierten flüchtigen organischen Verbindungen. Dieser Kreis kann auch als offene Schleife realisiert werden, indem die Umgebungsluft zur Desorption benützt wird.

**[0068]** Das zweite desorbierende Bett kann mittels einer klassischen Vakuumpumpe (nicht dargestellt) auf einem Druck gehalten werden, der knapp unter dem atmosphärischen Druck liegt, um den Desorptionsvorgang zu intensivieren.

**[0069]** Die beiden Adsorptionsbetten **1** und **2** werden abwechselnd – zum Beispiel mit einer Periode von 1 bis 10 Stunden – in der Weise benutzt, dass das eine sich in einer Einfang- oder Adsorptionsphase befindet (in der **Fig. 1** linkes Bett **1** der Dämpfe mit niedriger Temperatur von zum Beispiel  $-20\text{ °C}$  bis  $+10\text{ °C}$ , und das andere (**2**) in einer Desorptions- oder Regenerationsphase mit hoher Temperatur, zum Beispiel  $50\text{ °C}$  bis  $70\text{ °C}$ .

**[0070]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst folglich auch ein entsprechendes Leitungssystem sowie einen Satz Ventile in den Leitungen des Wärmepumpe-Kältemittels und des Abgases, so dass man problemlos von einem Bett zum andern umschalten kann und dabei gleichzeitig die ursprünglich als Verdampfer arbeitete Wärmepumpe als Kondensator arbeiten lassen kann und ebenso den ursprünglich als Kondensator arbeitenden Wärmetauscher als Verdampfer. Aus diesem Grund wird die Wärmepumpe als "Umkehr"-Wärmepumpe bezeichnet.

**[0071]** Die Vorrichtung zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist praktisch gekennzeichnet durch die Kopplung der Wärmepumpe und der beiden Adsorptionsbetten in den folgenden Anordnungen der Hauptbestandteile des Systems:

**[0072]** Der Kältemittel-Verdampfer **6** der Wärmepumpe (Kältepunkt der Anlage) kann zum Beispiel durch drei Teile gebildet werden:

1. einem Teil **8**, enthalten in dem ersten Adsorptionsbett (Teil  $A_1$ ), um die Dämpfe (zum Beispiel flüchtige organische Verbindungen) zu kondensieren, die aus dem in der Regenerationsphase befindlichen Bett **2** (zweites Bett) stammen und die sich mit der Verdampfungstemperatur der Wärmepumpe verflüssigen lassen;
2. einem ebenfalls in dem ersten Adsorptionsbett (Teil  $B_1$ ) (von dem vorhergehenden Teil  $A_1$  in der Gasleitung dicht abgetrennt) enthaltenen Teil **10**, der die Kondensation der aus dem Abgas stammenden Dämpfe (zum Beispiel flüchtige organische Dämpfe) ermöglicht, die zum Beispiel aus einem industriellen Verfahren stammen;
3. einem in dem ersten Adsorptionsbett **1** enthaltenen Teil **10** (Teil  $C_1$ ) (stromabwärts von dem vorhergehenden Teil in dem Kreis der zum Beispiel aus einem industriellen Verfahren stammenden Verfahren), in dem die restlichen Dämpfe (zum Beispiel in dem vorhergehenden Teil **9** nicht kondensierte Dämpfe von flüchtigen organischen Verbindungen) von klassischen Adsorbentien wie zum Beispiel Aktivkohle oder Zeolith adsorbiert werden, ehe das gereinigte Abgas **11** ohne Dämpfe definitiv in die Atmosphäre ausgeschieden wird.

Der Kältemittelkondensator **7** der Wärmepumpe (Hitze- oder Wärmepunkt der Anlage) wird ebenfalls durch drei Teile gebildet (es sei daran erinnert, dass der Kondensator in der zweiten Phase des Zyklus zum Verdampfer wird):

4. einem in dem zweiten Adsorptionsbett **2** (Teil A) enthaltenen Teil **12**, neutralisiert während dieser Desorptions- oder Regenerationsphase des zweiten Betts **2**;
5. einem in dem zweiten Adsorptionsbett **2** (Teil B) enthaltenen Teil **13**, um das gereinigte Gas zu erhitzen und die Desorption der Dämpfe des zweiten Betts **2** im Laufe der Regeneration zu begünstigen;
6. einem in dem Adsorptionsbett (Teil C) enthaltenen Teil **14** (stromabwärts von dem vorhergehenden Teil in der Abgasleitung), der durch Zuführung von Wärme, die aus den Kondensatorrohren und der vorgeheizten gereinigten Luft stammt, die Regeneration der Adsorbentien ermöglicht, zum Beispiel der Aktivkohle oder des Zeoliths, die den Adsorbentien bilden.

**[0073]** In der Folge wird mit Hilfe der **Fig. 1** die Zirkulation der Fluide in einer der Betriebsphasen der Vorrichtung oder des Systems zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben:

- das erste Adsorptionsbett **1**, auf der linken Seite der Figur befindlich, ist in der Adsorptionsphase, und das zweite Bett **2**, auf der rechten Seite der Figur befindlich, ist in der Regenerationsphase (Dampf-Desorption);
- die Vorrichtung, in der sich das Bett in der Adsorptionsphase befindet, wird durch einen Wärmetauscher **6** gebildet, der drei Teile ( $A_1$ ,  $B_1$  und  $C_1$ ) umfasst. Durch die Teile  $B_1$  und  $C_1$  strömt zu behandelndes Abgas

(fetter Pfeil), das zum Beispiel aus einem industriellen Verfahren stammt. Der Teil  $C_1$ , der das eigentliche Adsorptionsbett ist, wird durch einen Wärmetauscher **10** gebildet, enthalten in einem Bett **1**, zum Beispiel aus Aktivkohle oder Zeolith, mit einer Zirkulation von verdampfendem Kältemittel, das von dem Drosselventil **16** der Wärmepumpe kommt, um die Abkühlung des Betts und die dem Adsorptionsvorgang entsprechende Wärme zu ermöglichen. Der Teil  $B_1$  (**9**) des Wärmetauschers umfasst kein Adsorptionsbett: in diesem Teil wird das Abgas durch Kondensation der Dämpfe auf der kalten Wand des Wärmetauschers **9** partiell gereinigt.

Man stellt fest, dass das Abgas von  $B_1$  nach  $C_1$  strömt, während das Kältemittel vorzugsweise von  $C_1$  nach  $A_1$  strömt, wobei es B in einem Rohr- oder Plattensystem passiert, welche die drei Zonen durchqueren. Der dicht von den Teilen  $B_1$  und  $C_1$  abgetrennte Teil A erhält im Falle einer geschlossenen Desorptionsschleife das aus dem regenerierenden anderen Bett **2** stammende Abgas. Die kondensierten Dämpfe werden im unteren Teil der Abteile  $B_1$  und  $A_1$  gesammelt und fließen (**17**, **18**) durch Schwerkraft in einen Speicherbehälter **19**.

– die Vorrichtung des in der Regenerationsphase befindlichen Betts **2** entspricht geometrisch vollkommen der des in der Adsorptionsphase befindlichen Betts **1**. Jedoch sind die durch diese Vorrichtung ausgeübten Funktionen völlig anders dank einer Zirkulation und anderen Fluidtemperaturen, nämlich des Abgases und des Kältemittels. Das Kältemittel wird am Ausgang des Verdichters **15** der Wärmepumpe in den Teil A der Vorrichtung eingespeist: der Dampf dieses Kältemittels wird abgekühlt und kondensiert, wobei er die notwendige Wärme abgibt, um den Absorber, zum Beispiel Aktivkohle oder Zeolith, zu regenerieren.

**[0074]** Die Regeneration des Absorbers, zum Beispiel Aktivkohle, erfolgt in klassischer Weise durch die kombinierte Wirkung des vorgeheizten gereinigten Gases und des Beitrags von Wärme des Tauschers **14** in diesem rechten Teil der Figur der Vorrichtung. Um diese Regenerationsphase zu begünstigen, ist die Herstellung eines Teilvakuums vorteilhaft. Dies erfolgt dank einer Absaugung eines Teils des in den Leitungen enthaltenen Gases durch eine Vakuumpumpe. Das Abgas, welches das zu regenerierende Bett **2** verlässt, ist stark mit Dampf belastet: sobald es den Niedertemperatur-Tauscher **8** passiert (Teil  $A_1$ ), wird es erneut gereinigt und kann im Falle einer geschlossenen Schleife wieder in das zu regenerierende Bett **2** eingespeist werden.

**[0075]** Die beschriebene Betriebsart kann mehrere Stunden dauern: die Dauer dieser Periode hängt ab von den Konzentrationen des Abgases, das zum Beispiel aus einem industriellen Verfahren stammt, von der Art der zu behandelnden organischen Dämpfe und von dem Volumen des Adsorptionsbetts.

**[0076]** Sobald sich das Bett einem Sättigungszustand nähert, muss der Wechsel zu einer Betriebsart erfolgen, bei der die Funktionsweise der Adsorptionsbette umgekehrt ist: das mit Dampf, insbesondere organischem Dampf gesättigte Bett (links in der Figur) muss dann geheizt werden, um zu regenerieren, und das Bett rechts in der Figur muss gekühlt werden, um das Einfangen von Dämpfen, zum Beispiel organischen, zu ermöglichen. Diese Wechsel erfolgt dank entsprechender Leitung der Gasfluide und des Kältemittels. Gesteuerte Ventile (nicht dargestellt) vervollständigen die Vorrichtung, um eine automatische Umkehrung des Betriebs zu gewährleisten.

**[0077]** Die Einleitung der Wechselphase kann gesteuert werden:

- aufgrund von Informationen über die Qualität des Ausstoßes in die Atmosphäre, die von einem Sensor stammen, der stromabwärts von den Betten in dem Ausscheidungskamin der Abgase angeordnet ist;
- noch einfacher aufgrund eines Zeitwerts, der einer vorher für jede der Phasen festgelegten Dauer entspricht;
- oder aufgrund einer Kombination dieser beiden Techniken.

**[0078]** In der Folge wird die Erfindung mit Bezug auf erläuternde und nicht einschränkende Beispiele beschrieben.

**[0079]** Diese beiden Beispiele betreffen erfindungsgemäße Anlagen und beziehen sich auf die Behandlung von Abgasen, welche die Dämpfe von zum Beispiel flüchtigen organischen Verbindungen mit unterschiedlichen Charakteristik enthalten.

#### Beispiel 1

**[0080]** Dieses Beispiel betrifft die Behandlung von Abgasen, die Isopropanol enthalten. Ein Betrieb der Feinchemie (chimie fine) war mit einer Anlage ausgerüstet, die nach dem Prinzip einer Tieftemperatur-Kondensation arbeitet (Flüssigstickstoff). Die Investitionskosten dieser Anlage betragen 3 Millionen Francs. Die den gegenwärtigen Vorschriften entsprechenden, zufriedenstellenden Leistungen dieser Anlage im Nominalbetrieb

erwiesen sich als sehr unbefriedigend, wenn plötzliche Konzentrationsveränderungen eintraten. Außerdem entsprachen die Leistungen dieser Anlage nicht den zukünftigen Vorschriften.

**[0081]** Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Ausstattung dieses Betriebs entsprechen diesen neuen Anforderungen mit niedrigeren Investitions- und Betriebskosten.

**[0082]** Der Ausstoß dieses Betriebs beträgt  $200 \text{ Nm}^3/\text{h}$  bei  $293 \text{ K}$  und enthält  $100 \text{ g Isopropanol/Nm}^3$  und  $10 \text{ g Wasser/kg trockener Luft}$ . Das Ziel ist, den zukünftigen europäischen Vorschriften zu entsprechen. Dazu muss der Ausstoß in die Atmosphäre  $130 \text{ mg/m}^3$  betragen, mit einer kleinen Sicherheitsmarge. Das Isopropanol ist eine ziemlich flüchtige Verbindung, also schwer nur durch Kondensation zu behandeln (die Kondensationstemperatur muss nämlich unter  $-80^\circ\text{C}$  liegen), aber leicht adsorbierbar. Eine parametrische Untersuchung hat ermöglicht, die optimalen Dimensionierungsbedingungen zu finden und für den Verdampfer der Wärmepumpe eine Temperatur von  $-15^\circ\text{C}$  festzulegen.

**[0083]** Es wurden also für die Adsorptionsbetten der erfindungsgemäßen Vorrichtung zwei Kästen mit quadratischem Querschnitt und einer Seitenlänge von  $55 \text{ cm}$  und einer Höhe von  $1,1 \text{ m}$  vorgesehen, von denen jeder  $96,3 \text{ kg}$  Aktivkohle enthält.

**[0084]** Die nötige Kälteleistung beträgt  $7\,500 \text{ W}$  für die kalte Gruppe (mit der Temperatur  $-15^\circ\text{C}$ ). Die Wärmetauscher jedes Betts haben eine Austauschfläche von  $20,5 \text{ m}^2$  für das Abgas des Verfahrens (C, C<sub>1</sub> und B, B<sub>1</sub>) und von  $3 \text{ m}^2$  zur Rückgewinnung der Dämpfe, die von der Desorption stammen (Teil A, A<sub>1</sub>).

**[0085]** Die Investitionskosten für diese Anlage überschreiten nicht  $500\,000 \text{ Francs}$  und der mittlere Energieverbrauch beträgt  $6 \text{ kWh}$ .

**[0086]** Bei diesen beiden Posten ermöglicht die erfindungsgemäße Anlage in Bezug auf die existierende Anlage eine große Kostenreduzierung.

#### Beispiel 2

**[0087]** Dieses Beispiel hat den Zweck, den Einfluss der Änderung der zu behandelnden Dämpfe auf die Dimensionierung der Anlage zu ermitteln.

**[0088]** Es betrifft die Behandlung Ethanol enthaltender Abgase.

**[0089]** Das Ethanol ist eine leichtere Verbindung als das Isopropanol und ist auch schwerer kondensierbar. Außerdem ist seine Adsorption durchschnittlich. Die Ausstoßbedingungen entsprechen den vorhergehenden. Die nötige Kälteleistung steigt auf  $8\,760 \text{ W}$ , aber für eine kalte Temperatur von  $-20^\circ\text{C}$ . die Austauschflächen betragen  $22,7 \text{ m}^2$  für den Ausstoß bzw. das Abgas des Verfahrens und  $2,6 \text{ m}^2$  zur Rückgewinnung der aus der Regeneration stammenden Lösungsmittel. Unter bestimmten Bedingungen erhalten wir zwei Kästen mit  $55 \text{ cm}$  Seitenlänge und  $1,2 \text{ m}$  Höhe, von denen jeder  $112 \text{ kg}$  Aktivkohle enthält.

**[0090]** Wir stellen also nur einen sehr geringen Unterschied zwischen den beiden vorhergehenden Dimensionierungen fest, obwohl diese sich auf Substanzen mit sehr unterschiedlichen Charakteristika beziehen. Mit unserem Verfahren ist es also möglich, zahlreiche Abgase zu behandeln und jedesmal effiziente Lösungen anzubieten.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Einfangen von in einem Abgas enthaltenen Dämpfen, bei dem in einem ersten Schritt das die Dämpfe enthaltende Abgas zunächst in einen ersten Kondensator strömt, der mit einem Kühlfluid gespeist wird, so dass ein Teil der Dämpfe in diesem Kondensator kondensiert, und dann in ein Adsorptionsbett strömt, gekühlt durch das Kühlfluid, das durch erste Wärmetauscheinrichtungen fließt, um den Rest der Dämpfe zu adsorbieren, woraufhin der Rest des gereinigten Gases ausgeschieden wird; sodann, in einem zweiten Schritt, wenn das erste Adsorptionsbett durch die adsorbierten Dämpfe gesättigt ist, wird das die Dämpfe enthaltende Abgas in einen zweiten mit Kühlfluid gespeisten Kondensator geleitet, dann in ein zweites Adsorptionsbett, gekühlt durch das Kühlfluid, das durch zweite Wärmetauscheinrichtungen fließt, und dann als gereinigtes Abgas ausgeschieden, während simultan das erste Adsorptionsbett regeneriert wird durch Erwärmung mit einem Heizfluid, das durch die ersten Wärmetauscheinrichtungen fließt, woraufhin die desorbierten Dämpfe des ersten Adsorptionsbetts in den zweiten Kondensator geleitet werden, der dann mit Kühlfluid gespeist

wird und wo diese desorbierten Dämpfe des ersten Adsorptionsbetts kondensieren, wobei dann, wenn das zweite Adsorptionsbet gesättigt ist, das die Dämpfe enthaltende Abgas wieder in den mit Kühlfluid gespeisten ersten Kondensator und das erste Adsorptionsbett geleitet wird, das gekühlt wird durch das Kühlfluid, das durch die ersten Wärmetauscheinrichtungen fließt, und das zweite Bett regeneriert wird, und so weiter, und dabei das erste und das zweite Adsorptionsbett sich abwechselnd in der Adsorptionsphase und der Regenerationsphase befinden; wobei in diesem Verfahren das Kühlfluid das Fluid des Verdampfers einer Umkehrwärmepumpe ist, und das Heizfluid das aus dem Kondensator der Umkehrwärmepumpe stammende Fluid ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Dämpfe, desorbiert von dem ersten Adsorptionsbetts beziehungsweise dem zweiten Adsorptionsbetts, in der Regenerationsphase durch ein Gas befördert werden, das vorzugsweise gebildet wird durch das in dem zweiten Kondensator, beziehungsweise dem ersten Kondensator, dann in dem ersten Kondensator, beziehungsweise dem zweiten Kondensator, wo die Dämpfe kondensieren, gereinigtes Abgas, und das Gas in der Regenerationsphase in das erste Adsorptionsbett beziehungsweise das zweite Adsorptionsbett zurückgeleitet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Dämpfe, desorbiert von dem ersten Adsorptionsbetts, beziehungsweise dem zweiten Adsorptionsbetts, in der Regenerationsphase durch die Umgebungsluft befördert werden, die zum Beispiel durch ein Ventil in den zweiten Kondensator beziehungsweise den ersten Kondensator eingespeist wird, wobei die Luft dann in der Adsorptionsphase mit dem Abgas in das erste beziehungsweise das zweite Adsorptionsbet geleitet wird und dann mit dem gereinigten Abgas ausgeschieden wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die einzufangenden Dämpfe gebildet werden durch Dämpfe von organischen Verbindungen, insbesondere ausgewählt unter den flüchtigen organischen Verbindungen.

5. Vorrichtung zur Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einem ersten Kondensator/Verdampfer (**8, 9, A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>**), abwechselnd mit Kühlfluid und Heizfluid gespeist, einem ersten Adsorptionsbett (**1**) mit ersten Wärmetauscheinrichtungen (**10**) abwechselnd mit Kühlfluid und Heizfluid gespeist, einem zweiten Kondensator (**12, 13, B, A**), abwechselnd mit Kühlfluid und Heizfluid gespeist, und einem zweiten Adsorptionsbett (**2**) mit zweiten Wärmetauscheinrichtungen (**14, C**) abwechselnd mit Kühlfluid und Heizfluid gespeist, Einrichtungen zum Fördern eines Dämpfe enthaltenden Abgasstroms (**5**) in den mit Kühlfluid gespeisten ersten Kondensator (**8, 9, A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>**) und dann in das erste Adsorptionsbett (**1**), gekühlt durch das in den ersten Wärmetauscheinrichtungen (**10, C<sub>1</sub>**) fließende Kühlfluid, oder in den mit Kühlfluid gespeisten zweiten Kondensator (**12, 13, B, A**) und dann in das zweite Adsorptionsbett (**2**), gekühlt durch das in den zweiten Wärmetauscheinrichtungen (**14, C**) fließende Kühlfluid, wobei zum Ausscheiden des gereinigten Abgases der andere Kondensator simultan mit einem Heizfluid gespeist wird und das andere Adsorptionsbet simultan regeneriert wird durch Heizen mit dem Heizfluid, das durch die Wärmetauscheinrichtungen fließt, mit denen es ausgestattet ist, und der erste oder zweite Kondensator/Verdampfer und die ersten oder zweiten Wärmetauscheinrichtungen, gespeist mit Kühlfluid, abwechselnd jeweils durch den Verdampfer (**6**) einer Umkehrwärmepumpe gebildet werden, und der andere Kondensator/Verdampfer und die anderen Wärmetauscheinrichtungen, gespeist mit Kühlfluid, abwechselnd jeweils durch den Kondensator (**7**) einer Umkehrwärmepumpe gebildet werden.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, mit außerdem Einrichtungen zur Herstellung eines geschlossenen Kreislaufs, um in einem Gas, vorzugsweise gebildet durch das gereinigte Abgas, die in der Regenerationsphase desorbierten Dämpfe des Betts in den mit Heizfluid gespeisten ersten beziehungsweise zweiten Kondensator (**8, 9, A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>; 12, 13, B, A**) und dann in den mit Kühlfluid gespeisten zweiten beziehungsweise ersten Kondensator zu befördern, wo die Dämpfe kondensieren, und dann das Gas in der Regenerationsphase in das Bett (**2**) zu leiten.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, mit außerdem Einrichtungen zur Herstellung eines offenen Kreislaufs, um in der Umgebungsluft die in der Regenerationsphase desorbierten Dämpfe des Betts in den mit Heizfluid gespeisten ersten beziehungsweise zweiten Kondensator und dann in der Adsorptionsphase mit dem Abgas (**5**) in das zweite Bett beziehungsweise das erste Bett (**2, 1**) zu befördern, und um die Luft mit dem gereinigten Abgas auszuschleiden (**11**).

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, bei welcher der erste und der zweite Kondensator in zwei Teile getrennt sind, wobei der erste dieser Teile (**9, 13, B<sub>1</sub>, B**) sich in der Nähe von jeweils dem ersten oder zweiten Adsorptionsbett befindet und der erste (**9, B<sub>1</sub>**) und der zweite (**8, A<sub>1</sub>**) Teil des mit Kühlfluid gespeisten Kondensators jeweils das die einzufangenden Dämpfe enthaltende Abgas (**5**) und das die in der Regenerationsphase desor-

bierten Dämpfe des Adsorptionsbetts befördernde Gas empfängt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, mit außerdem Einrichtungen (**17, 18, 19**) zur Aufnahme der aus dem ersten (**9, B<sub>1</sub>**) und zweiten (**8, A<sub>1</sub>**) Teil des mit Kühlfluid gespeisten Kondensators stammenden kondensierten Dämpfe.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, bei welcher der erste Kondensator (**8, 9, A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>**) und das erste Adsorptionsbett (**1**) sich in einer ersten Kammer befinden und der zweite Kondensator und das zweite Adsorptionsbet (**2**) in einer zweiten Kammer, wobei die erste und die zweite Kammer jeweils abwechselnd die Kammer des Verdampfers (**6**) und des Kondensators (**7**) der Wärmepumpe bilden.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

