

(19)



(11)

EP 2 213 939 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

04.08.2010 Patentblatt 2010/31

(51) Int Cl.:

F23G 7/06 (2006.01)(21) Anmeldenummer: **10000851.5**(22) Anmeldetag: **28.01.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

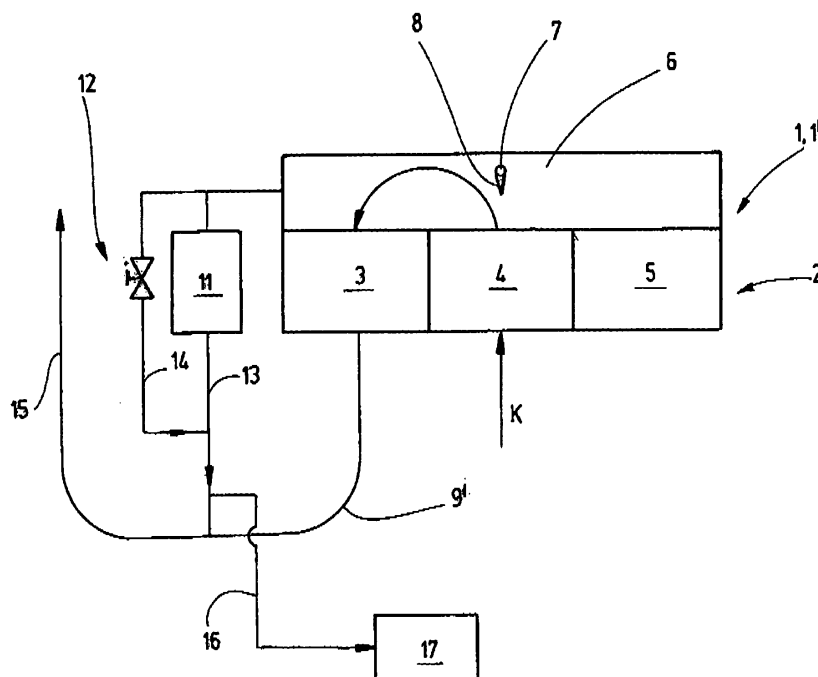
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA RS(30) Priorität: **28.01.2009 DE 102009007725**(71) Anmelder: **KBA-MetalPrint GmbH****70435 Stuttgart (DE)**(72) Erfinder: **Hänel, Matthias****74394 Helligheim (DE)**(74) Vertreter: **Grosse, Rainer et al****Gleiss Grosse Schrell & Partner****Patentanwälte Rechtsanwälte****Leitzstrasse 45****70469 Stuttgart (DE)****(54) Verfahren zum Betreiben einer Oxidationsanlage sowie Oxidationsanlage**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Oxidationsanlage (1), mit einem vorgesehenen durchschnittlichen Wärmeeintrag mittels eines in wechselnder Konzentration vorliegenden Reaktionsstoffes, wobei durch den Wärmeeintrag ein gewünschtes Wärmeprofil in mindestens einem Wärmebett (3,4,5) eines Wärmetauschers (2) aufrechterhalten wird. Dabei ist ein,

insbesondere unmittelbar an eine Brennkammer (6) der Oxidationsanlage (1) zum Aufladen gekoppelter, Wärmespeicher (11) zur Aufnahme von Wärmeüberschuss und/oder Abgabe von Wärme, insbesondere im Falle eines unterdurchschnittlichen Wärmeeintrags vorgesehen. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Oxidationsanlage (1).

**Fig.3.****EP 2 213 939 A2**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Oxidationsanlage, mit einem vorgesehenen durchschnittlichen Wärmeeintrag mittels eines in wechselnder Konzentration vorliegenden Reaktionsstoffes, wobei durch den Wärmeeintrag ein gewünschtes Wärmeprofil in mindestens einem Wärmebett eines Wärmetauschers aufrechterhalten wird. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Oxidationsanlage.

[0002] Verfahren der eingangs genannten Art sind bekannt. Ein solches Verfahren kann beispielsweise zum Betreiben einer die Oxidationsanlage darstellenden thermisch-regenerativen Abluftreinigungsanlage eingesetzt werden. In diesem Anwendungsfall dient es dazu, Kohlenwasserstoffe, also Reaktionsstoffe, aus Abluft eines vorgeschalteten Prozesses durch Oxidation, insbesondere Totaloxidation, zu entfernen. Durch die Oxidation der Abluft entstehende Abgase können nachfolgend der Reinigungsanlage als Reingas, also ohne Reaktionsstoffe, in die Umgebung abgegeben werden. Das der Abluftreinigungsanlage zugeführte Rohgas, also mit den Kohlenwasserstoffen verunreinigte Luft, kann eine zeitlich variierende Konzentration der Kohlenwasserstoffe aufweisen. Das bedeutet, dass die der Abluftreinigungsanlage zugeführte Abluft zu verschiedenen Zeitpunkten verschiedene Anteile des Reaktionsstoffes enthalten kann. Da die Oxidation der Kohlenwasserstoffe erst ab einer bestimmten Reaktionstemperatur in der Abluftreinigungsanlage auftritt, muss diese Temperatur in der Anlage erzeugt und aufrechterhalten werden. Vorteilhafterweise entsteht bei der Oxidation der Kohlenwasserstoffe ein Wärmeeintrag in die Anlage, aufgrund welchem die notwendige Temperatur in der Anlage vorliegt. Dies ist jedoch erst ab einer Konzentration, die größer als eine Auslegungskonzentration ist, der Fall. Unterhalb der Auslegungskonzentration muss der Abgasreinigungsanlage zusätzlicher Brennstoff zugeführt werden, um die in der Abluft enthaltenen Schadstoffe, also Kohlenwasserstoffe, zuverlässig und vollständig zu oxidieren beziehungsweise zu verbrennen.

[0003] Um den Wirkungsgrad der Abluftreinigungsanlage zu erhöhen, ist der Wärmetauscher vorgesehen. Dieser führt bei der Verbrennung der Kohlenwasserstoffe entstehende Wärme der Abluft zu, sodass diese bereits bei einem Eintreten in eine Reaktions- beziehungsweise Brennkammer der Abluftreinigungsanlage eine Temperatur aufweist, die höher ist als die Ausgangstemperatur der Abluft. Der Wärmetauscher weist insbesondere mehrere Wärmebetten auf, die abwechselnd in verschiedenen Betriebsarten, nämlich Rohgasbetrieb, Reingasbetrieb und Spülbetrieb betrieben werden können. Im Rohgasbetrieb wird die belastete Abluft durch das Wärmebett hindurchgeleitet, wobei das Wärmebett zuvor durch hindurchgeleitetes, heißes Reingas erhitzt wurde. Im Reingasbetrieb wird das heiße, aus der Brennkammer kommende Reingas durch das entsprechende Wärmebett geleitet, sodass es aufgeheizt wird, um an-

schließend im Rohgasbetrieb die Oxidation der Kohlenwasserstoffe beziehungsweise des Reaktionsstoffes vornehmen zu können. Im Spülbetrieb wird ein Wärmebett betrieben, um sicherzustellen, dass beim Übergang eines Wärmebettes vom Rohgasbetrieb in den Reingasbetrieb kein Rohgas in die Umgebung gelangt, das heißt es muss sichergestellt sein, dass sich kein Rohgas mehr in dem Wärmebett befindet. Hierzu wird aus der Brennkammer der Abluftreinigungsanlage stammendes Reingas durch das zu spülende Wärmebett geleitet und wieder dem Rohgasstrom zugeführt.

[0004] Auf diese Weise kann, bei einer ausreichenden Dimensionierung des Wärmebettes, ein autothermer Betrieb der Abluftreinigungsanlage sichergestellt werden. In dem autothermen Betrieb muss der Abluftreinigungsanlage kein zusätzlicher Brennstoff zugeführt werden, um die Kohlenwasserstoffe vollständig zu oxidieren. Zur Oxidation reicht also allein die bei der Oxidation entstehende Wärme aus. Um bereits bei geringen Konzentrationen, also Konzentrationen unterhalb der durchschnittlichen Konzentration des vorliegenden Reaktionsstoffes, eine Oxidation zu erreichen, muss das Wärmebett auf eine Auslegungskonzentration dimensioniert werden, bei welcher der autotherme Betrieb durchgeführt werden soll. Das bedeutet, dass je geringer die zu erwartende durchschnittliche Konzentration des Reaktionsstoffes ist, das Wärmebett umso größer dimensioniert werden muss, um ausreichend Wärme des Abgases der Abluft beziehungsweise dem Reaktionsstoff zuzuführen. Je größer das Wärmebett jedoch dimensioniert ist, umso größer ist der Temperaturabfall über diesem. Die Abgastemperatur sinkt über das Wärmebett von einer hohen Temperatur auf eine niedrige Temperatur ab.

[0005] Dies hat jedoch den Nachteil, dass die aus der Abluftreinigungsanlage entlassenen Abgase eine zu geringe Temperatur aufweisen, um sie für einen Prozess in einer weiteren Anlage sinnvoll nutzen zu können. Auch muss in der Abluftreinigungsanlage ein so genannter Bypass vorgesehen sein, über welchen das Abgas - mit den vollständig oxidierten Kohlenwasserstoffen - direkt aus der Brennkammer der Abluftreinigungsanlage ins Freie entlassen werden kann. Dies ist notwendig, um bei einer hohen Konzentration des Reaktionsstoffes eine Überhitzung der Abluftreinigungsanlage beziehungsweise des Wärmebettes zu vermeiden. Es bereitet also Schwierigkeiten, die Abluftreinigungsanlage derart auszulegen, dass sie über einen weiten Konzentrationsbereich des Reaktionsstoffes effizient arbeitet. Ist die Anlage auf eine hohe Konzentration des Reaktionsstoffes ausgelegt, so muss beim Betreiben mit niedrigen Konzentrationen zusätzlicher Brennstoff eingebracht werden, während bei Auslegung auf niedrige Konzentrationen bei einem Betreiben mit hoher Konzentration Abgas aus der Brennkammer direkt ins Freie entlassen werden, womit die darin enthaltene Wärme nicht in dem Wärmetauscher umgesetzt werden kann und folglich verlorengeht.

[0006] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben einer Oxidationsanlage vorzuschla-

gen, welche über einen weiten Konzentrationsbereich effizient betrieben werden kann, sodass möglichst wenig zusätzlicher Brennstoff eingebracht werden muss und möglichst wenig ungenutzte Wärme mit dem Abgas abgegeben wird.

[0007] Dies wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren zum Betreiben einer Oxidationsanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 1 erreicht. Dabei ist ein, insbesondere unmittelbar an eine Brennkammer der Oxidationsanlage zum Aufladen gekoppelter, Wärmespeicher vorgesehen, der zur Aufnahme von Wärmeüberschuss, insbesondere bei überdurchschnittlicher Konzentration des Reaktionsstoffes, und/oder Abgabe von Wärme, insbesondere im Falle eines unterdurchschnittlichen Wärmeeintrags wegen unterdurchschnittlicher Konzentration des Reaktionsstoffes, dient. Eine Oxidationsanlage dient beispielsweise dazu, ein Schadstoffe aufweisendes Rohgas, also ein Gas, welches den Reaktionsstoff aufweist, derart zu reinigen, dass keine negativen Einflüsse des Reaktionsstoffes auf eine Umgebung der Oxidationsanlage auftreten. Dies wird erreicht, indem das Rohgas derart temperaturbeaufschlagt wird, dass der Reaktionsstoff vollständig reagiert beziehungsweise oxidiert. Der Reaktionsstoff kann folglich ein Brennstoff sein. Zur Erhöhung des Wirkungsgrades der Oxidationsanlage ist der Wärmetauscher vorgesehen, mit welchem Wärme aus dem Abgas der Oxidationsanlage in das dieser zugeführte Rohgas eingebracht wird. Dabei ist eine Rückwärmung von 95% bis 97% möglich, das heißt, dass 95% bis 97% der in dem Abgas der Oxidationsanlage enthaltenen Wärme wieder dem Rohgas zugeführt werden kann. Um zu vermeiden, dass eine Reaktion des Reaktionsstoffes nur unter Einbringung zusätzlichen Brennstoffes durchführbar ist, wird der Wärmespeicher vorgesehen. Dieser dient zur Aufnahme von Wärmeüberschuss, also von Wärme, die nicht in dem Wärmetauscher umgesetzt werden kann. Wärmeüberschuss liegt beispielsweise vor, wenn die Konzentration des vorliegenden Reaktionsstoffes über der Auslegungskonzentration der Oxidationsanlage liegt.

[0008] Liegt lediglich ein unterdurchschnittlicher Wärmeeintrag vor, ist also die Konzentration des Reaktionsstoffes unter die Auslegungskonzentration der Anlage abgesunken, so kann aus dem Wärmespeicher Wärme abgegeben werden. Dabei soll insbesondere in dem Wärmebett ein Wärmeprofil aufrechterhalten werden, welches eine Reaktion des Reaktionsstoffes ermöglicht. Auf diese Weise kann die Reaktion des Reaktionsstoffes aufrechterhalten werden, ohne zusätzlichen Brennstoff in die Anlage einbringen zu müssen. Beispielsweise kann das Verfahren zum Betreiben einer thermisch-regenerativen Abluftreinigungsanlage eingesetzt werden, bei der mit einer zeitlich schwankenden Menge an Schadstoffen belastete Abluft zum Aufheizen durch den Wärmetauscher und anschließend zur Oxidation der Schadstoffe durch die Brennkammer geleitet wird. Oberhalb und bei der Auslegungskonzentration ist dabei ein selbsterhaltender Betrieb der Abluftreinigungsanlage durchführbar.

[0009] Dem Wärmespeicher kann bei einer Konzentration, die größer als die Auslegungskonzentration ist, Wärme zugeführt und bei einer kleineren Konzentration Wärme zum kontinuierlichen selbsterhaltenen Betrieb der Oxidationsanlage in die Brennkammer zurückgeführt werden. Dabei ist der Wärmespeicher beispielsweise strömungstechnisch parallel zu dem Wärmetauscher angeordnet. Die beschriebene Vorgehensweise kann nicht nur zum Betreiben der Oxidationsanlage, sondern auch zu deren Auslegung verwendet werden. Die Auslegung ist also so vorgesehen, dass der Wärmespeicher Wärmeüberschuss aufnehmen und/oder Wärme, insbesondere im Falle des unterdurchschnittlichen Wärmeeintrags, wieder abgeben kann. Auf diese Weise kann die Oxidationsanlage so ausgelegt werden, dass ein autothermer Betrieb über einen weiten Konzentrationsbereich vorgesehen werden kann. Im Vergleich zu einer aus dem Stand der Technik bekannten Oxidationsanlage kann beispielsweise die Auslegungskonzentration der Anlage höher gewählt werden. Das Verfahren kann auch auf eine generische wärmetechnische Anlage angewandt werden.

[0010] Mittels des Wärmespeichers kann ein ausreichend großer Wärmevorrat zwischengespeichert und bei Bedarf, also zeitversetzt, wieder abgegeben werden. Dieser Wärmevorrat kann sowohl zum Abgeben der für eine Reaktion benötigten Wärme, als auch zum Sicherstellen eines kontinuierlichen Betriebs einer weiteren Anlage, die an die Oxidationsanlage angeschlossen ist, verwendet werden. Dabei kann eine kontinuierliche Wärmeabgabe des Wärmespeichers vorgesehen sein, also nicht nur bei Vorliegen des unterdurchschnittlichen Wärmeeintrags. Dies gilt insbesondere im Falle eines stationären Betriebs der Oxidationsanlage, in welchem dem Wärmespeicher kontinuierlich Wärme zugeführt als auch entzogen wird. Der Wärmespeicher kann unmittelbar an den Reaktionsraum beziehungsweise die Brennkammer der Anlage angeschlossen sein. Das bedeutet, dass das Abgas der Anlage für den Wärmespeicher abgegriffen wird, bevor es einen optional vorhandenen, in Reihe geschalteten Wärmetauscher durchläuft. Es ist auch möglich, dass das Abgas parallel den Wärmespeicher und den Wärmetauscher durchströmt, das heißt, der Wärmetauscher ist strömungstechnisch parallel zu dem Wärmespeicher vorgesehen. Auf diese Weisen weist das dem Wärmespeicher zugeführte Fluid ein hohes Temperaturniveau auf.

[0011] Zusätzlich oder alternativ kann ein angepasstes Dimensionieren des Wärmebetts vorgesehen sein. Das Wärmebett wird kleiner dimensioniert, als es für eine autotherme Reaktion bei einer niedrigen Konzentration des Reaktionsstoffes notwendig wäre. Es liegt also eine Unterdimensionierung des Wärmebetts vor, die Auslegungskonzentration der Anlage wird somit höher gewählt. Das bedeutet, dass bei einer herkömmlichen Oxidationsanlage eine Reaktion des Reaktionsstoffes nur unter Einbringung zusätzlichen Brennstoffes möglich wäre, wenn die Konzentration vorübergehend unter die

Auslegungskonzentration der Anlage absinkt. Dies wird durch das Vorsehen des Wärmespeichers verhindert. Aus diesem wird, wie vorstehend beschrieben, Wärme abgegeben, insbesondere wenn der unterdurchschnittliche Wärmeeintrag vorliegt. Damit kann auch bei einer Konzentration, die unter der Auslegungskonzentration der Anlage liegt, ein Betrieb der Anlage sichergestellt werden. Durch die zumindest teilweise Trennung von Reaktionskinetik, also der Brennkammer und dem Wärmetauscher, von der Wärmespeicherung in dem Wärmespeicher, ist es nicht nur möglich, flexibler auf sich wechselnde Konzentrationen des Reaktionsstoffes zu reagieren stellen, sondern es ist auch eine Rückführung von Abgas der Oxidationsanlage mit höheren Temperaturen realisierbar. Das bedeutet, dass das Abgas der Oxidationsanlage an eine weitere Anlage zur sinnvollen Verwendung der Wärme abgegeben werden kann. Dabei ist es auch vorteilhaft, dass mittels des Wärmespeichers ein ausreichend großer Wärmevorrat zwischengespeichert und bei Bedarf, also zeitversetzt, abgegeben werden kann. Durch die Unterdimensionierung des Wärmebetts kann auch der Druckverlust über das Wärmebett reduziert werden.

[0012] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Anlage in dem Wärmespeicher gespeicherte Wärme an mindestens eine weitere Anlage abgibt. Um die in dem Wärmespeicher gespeicherte Wärmeenergie nutzen zu können, wird diese an eine weitere Anlage abgegeben. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die Anordnung des Wärmespeichers. Während aus dem Stand der Technik Anlagen bekannt sind, welche eine Wärmespeicherung in der weiteren Anlage vorsehen, ist der Wärmespeicher hier in der Oxidationsanlage enthalten und auf diese Weise zwischen Brennkammer und der weiteren Anlage angeordnet. Auf diese Weise ist eine Effizienzerhöhung des Gesamtprozesses, umfassend sowohl die Oxidationsanlage als auch die mindestens eine weitere Anlage, möglich. Es kann auch vorgesehen sein, dass die in dem Wärmespeicher gespeicherte Wärme an die weitere Anlage abgegeben wird. Dies ist auch dann der Fall, wenn die Konzentration des Reaktionsstoffes die Auslegungskonzentration der Oxidationsanlage unterschreitet, sodass lediglich ein unterdurchschnittlicher Wärmeeintrag vorliegt. In diesem Fall kann mit der in dem Wärmespeicher gespeicherten Wärme sowohl die Reaktion des Reaktionsstoffes als auch der zuverlässige und kontinuierliche Betrieb der weiteren Anlage sichergestellt werden. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass der Wärmespeicher den Wärmeüberschuss aufnimmt und ausschließlich zum Betreiben der weiteren Anlage abgibt, während die Reaktion des Reaktionsstoffes beispielsweise unter Einbringen von zusätzlichem Brennstoff aufrechterhalten wird. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Oxidationsanlage insbesondere in dem Wärmespeicher - aufgrund der wechselnden Konzentration des Reaktionsstoffes - diskontinuierlich gespeicherte Wärme an mindestens eine weitere Anlage abgibt. Die Abgabe kann dabei vorzugs-

weise kontinuierlich erfolgen. Aufgrund der wechselnden Konzentration des Reaktionsstoffes, der beispielsweise bei einem Produktionsprozess nicht in gleichmäßiger, sondern in wechselnder Konzentration anfällt, wird die anfallende Wärmemenge entsprechend schwanken, wobei nur beim Anfall eines Wärmeüberschusses, also von Wärme, die für den Oxidationsbetrieb der Oxidationsanlage nicht benötigt wird, diese überschüssige Wärme im Wärmespeicher gespeichert wird.

[0013] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Temperatur eines der weiteren Anlage zum Wärmeabgeben zugeführten Fluids gesteuert und/oder geregelt wird. Bevor die in der Oxidationsanlage erzeugte beziehungsweise in dem Wärmespeicher gespeicherte Wärmeenergie mit dem Fluid der weiteren Anlage zugeführt wird, muss die dabei vorliegende Temperatur angepasst werden. Beispielsweise erfolgt ein Anpassen der Temperatur auf eine Auslegungstemperatur der weiteren Anlage. Insbesondere soll dabei eine Übertemperatur vermieden werden, die zu einer Beschädigung der weiteren Anlage führen kann. Das Anpassen erfolgt beispielsweise durch Beimengen von kaltem Fluid und/oder durch entsprechendem wechselweisen Betrieb von verschiedenen Kammern des Wärmespeichers.

[0014] Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass als Wärmespeicher ein zu dem mindestens einen Wärmebett separater Speicher verwendet wird. "Separat" bedeutet nicht, dass die beiden Elemente (Wärmebett einerseits und Wärmespeicher andererseits) räumlich separat ausgestaltet sein müssen, denn sie können beispielsweise auch in einem gemeinsamen Außengehäuse untergebracht sein. Mit "separat" wird zum Ausdruck gebracht, dass der Wärmespeicher ein Extradelement ist, also nicht ein Element der reinen Oxidationsbetrieb betreffenden Oxidationsanlage. Der Wärmespeicher ist also beispielsweise kein weiteres Wärmebett der Oxidationsanlage. Üblicherweise weist die Oxidationsanlage mehrere Wärmebetten auf, die abwechselnd zum Einsatz gelangen, indem durch ein zuvor aufgeheiztes Wärmebett der Reaktionsstoff strömt, sich dabei erwärmt und dann in eine Brennkammer gelangt. Das in der Brennkammer entstehende heiße Abgas durchströmt ein weiteres Wärmebett, das vorgeheizt wird, um - im nachfolgenden Zyklus - nach Umsteuern der Gasströme zum Aufheizen des Reaktionsstoffes zur Verfügung zu stehen.

[0015] Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Oxidationsanlage insbesondere in dem Wärmespeicher, insbesondere - aufgrund der wechselnden Konzentration des Reaktionsstoffes - diskontinuierlich, gespeicherte Wärme an sich selbst, insbesondere an das mindestens eine Wärmebett zu ihrem/ dessen Aufheizen, insbesondere vor einem Neustart der Oxidationsanlage, abgibt. Die Wärmeabgabe kann bevorzugt kontinuierlich erfolgen.

[0016] Aufgrund der im üblichen Oxidationsbetrieb der Wärmebetten angefallenen überschüssigen Wärme, mit der der Wärmespeicher beladen wurde, steht diese Wär-

meenergie für bestimmte Situationen der Oxidationsanlage selbst wieder zur Verfügung, insbesondere dafür, dass mit dieser aus dem Wärmespeicher stammenden Wärme das mindestens eine Wärmebett oder auch mehrere Wärmebetten aufgeheizt wird, was im Normalbetrieb der Oxidationsanlage unterstützend erfolgen kann und/oder vor einem Neustart der abgekühlten Oxidationsanlage. Wird diese - beispielsweise über das Wochenende - abgeschaltet, so kühlt das mindestens eine Wärmebett auf eine niedrigere Temperatur ab als die normale Betriebstemperatur dieses Wärmebetts. Da zuvor überschüssige Energie im Wärmespeicher gespeichert wurde, kann bei einem Neustart der Oxidationsanlage zum Wochenanfang die im Wärmespeicher gespeicherte Wärme genutzt werden, um das mindestens eine Wärmebett aufzuheizen, sodass sehr schnell und effektiv ein Betrieb zur Oxidation des Reaktionsstoffes durchgeführt werden kann. Da auch das mindestens eine Wärmebett eine gewisse Wärmespeichereigenschaft hat, da es über eine relativ große Zeitspanne die Wärme nur langsam an die Umgebung abgibt, ist bei diesem Vorgehen selbstverständlich sichergestellt, dass mittels der vom Wärmespeicher gelieferten Wärme die Temperatur des Wärmebetts erhöht werden kann.

[0017] Bevorzugt ist vorgesehen, dass der Wärmespeicher mit einem Wärmehaltevermögen oder einer Wärmespeicherkapazität verwendet wird, das/die größer ist, als das Wärmehaltevermögen oder die Wärmespeicherkapazität des mindestens einen Wärmebetts. Aufgrund dieses Umstands ist sichergestellt, dass bei einem Abkühlen der Oxidationsanlage die im Wärmespeicher gespeicherte Wärme über eine längere Zeitspanne und/oder mit einer höheren Temperatur zur Verfügung steht, als die Wärme, die sich im Wärmebett befindet.

[0018] Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass mit den Wärmespeicher durchströmendem Medium, insbesondere Luft, das/die dadurch zu Heißmedium, insbesondere Heißluft, wird, das mindestens eine Wärmebett aufgeheizt wird. Die Oxidationsanlage sieht also Mittel vor, um das Medium, insbesondere die Luft, zu fördern, um eine Wärmeentnahme aus dem Wärmespeicher vornehmen zu können und diese Wärme in das Wärmebett einbringen zu können. Das Einbringen in das Wärmebett erfolgt insbesondere von oben her.

[0019] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass als weitere Anlage ein weiterer Wärmetauscher, eine Heizung, eine Produktionsvorrichtung, eine Kältemaschine oder eine Energiewandlereinrichtung verwendet wird. Der weitere Wärmetauscher kann Teil eines Sekundärkreislaufes sein, dem Wärme des Abgases der Oxidationsanlage zugeführt wird. Mittels des weiteren Wärmetauschers wird die Wärme auf ein Fluid (zum Beispiel Luft, Thermalöl, Dampf oder Wasser) des Sekundärkreislaufs übertragen, in dem ein Weitertransport der Wärme zu einem Einsatzort stattfindet. Beispielsweise kann der Sekundärkreislauf mit einer Heizung oder einer

Produktionsvorrichtung zusammenarbeiten. Dies wird als indirekte Wärmenutzung bezeichnet. Die Heizung beziehungsweise die Produktionsvorrichtung kann aber auch die weitere Anlage darstellen und unmittelbar mit der Wärme beaufschlagt werden (direkte Wärmenutzung). Dies kann beispielsweise zum Betreiben eines Heißlufttrockners vorgesehen sein. Ebenso ist ein Betreiben beziehungsweise Beheizen der Produktionsvorrichtung möglich. Ist die weitere Anlage eine Kältemaschine, insbesondere eine Absorptionskältemaschine, so kann ein diese durchströmendes Fluid auf eine niedrigere Temperatur gebracht werden. Die Wärmeenergie kann jedoch auch, beim Verwenden einer Energiewandlereinrichtung als weitere Anlage, zur Erzeugung von beispielsweise elektrischer oder mechanischer Energie genutzt werden. Zu diesem Zweck kann zum Beispiel eine Gas- beziehungsweise Dampfturbine oder eine Brennstoffzelle eingesetzt werden. Wie bereits beschrieben, besteht die Besonderheit der Oxidationsanlage darin, dass der Wärmespeicher zwischen Brennkammer und der weiteren Anlage vorgesehen ist, also nicht zunächst ein Wärmetauschen auf eine niedrigere Temperatur durchgeführt wird und erst dann die Wärme gespeichert wird.

[0020] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass eine Reaktion des Reaktionsstoffes in dem Wärmebett und/oder der Brennkammer abläuft, wobei mittels des Wärmetauschers der dem Wärmebett und/oder der Brennkammer zugeführte Reaktionsstoff mit Wärme von aus der Brennkammer ausströmendem Abgas aufgeheizt wird. Die Reaktion des Reaktionsstoffes läuft ab, sobald dieser eine ausreichend hohe Temperatur erreicht hat. Dies kann bereits bei Durchlaufen des Wärmebetts der Fall sein, sodass die Reaktion auch bereits in dem Wärmebett ablaufen kann. Alternativ oder zusätzlich ist die Brennkammer zur Reaktion des Reaktionsstoffes vorgesehen. In der Brennkammer ist beispielsweise ein Brenner angeordnet, der eine permanente Flamme erzeugt. Damit wird eine Stütztemperatur erzeugt beziehungsweise der durch das Durchlaufen des Wärmebetts aufgewärmte Reaktionsstoff entzündet. Der Wärmetauscher dient dazu, dem aus der Brennkammer ausströmenden Abgas Wärme zu entziehen und dem Reaktionsstoff beziehungsweise der Abluft zuzuführen. Dabei wird der dem Wärmebett beziehungsweise der Brennkammer zugeführte Reaktionsstoff erwärmt, wodurch eine Reaktion des Reaktionsstoffes in dem Wärmebett beziehungsweise der Brennkammer ermöglicht wird.

[0021] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass zumindest ein Teil des Abgases zusätzlich zum Aufheizen des Wärmespeichers verwendet wird. Das in der Brennkammer anfallende Abgas, in welchem der Reaktionsstoff bereits vollständig oxidiert ist, wird sowohl für einen Wärmetauschvorgang zwischen dem Abgas und dem nicht oxidierten beziehungsweise verbrauchten Reaktionsstoff als auch zum Aufheizen des Wärmespeichers verwendet. Das Aufheizen wird insbesondere

dann durchgeführt, wenn die Konzentration des Reaktionsstoffes die Auslegungskonzentration der Oxidationsanlage überschreitet und somit Wärmeüberschuss vorliegt.

[0022] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass der Wärmespeicher nahezu auf die höchste in der Oxidationsanlage vorliegende Temperatur aufgeheizt wird. Um die in der Oxidationsanlage anfallende Wärme möglichst effizient zu nutzen, soll die dort bei der Reaktion des Reaktionsstoffes vorliegende beziehungsweise höchste Temperatur auch in dem Wärmespeicher zur Verfügung stehen. Dieser wird daher zumindest nahezu auf diese höchste Temperatur aufgeheizt. Beim Entladen des Wärmespeichers zum Abgeben von Wärme zum Aufrechterhalten des Wärmeprofiles oder zum Betreiben der weiteren Anlage steht demzufolge im Wesentlichen diese hohe Temperatur zur Verfügung.

[0023] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass als Wärmespeicher ein Langzeitwärmespeicher verwendet wird. Das bedeutet, dass der Wärmespeicher die gespeicherte Wärme für einen längeren Zeitraum, beispielsweise bis zu mehrere Tage, vorhalten kann, insbesondere über eine längere Zeit, als das mindestens eine Wärmebett. Dabei ist es vorteilhaft, wenn eine beim Aufheizen des Wärmespeichers entstehende Temperaturschichtung in dem Wärmespeicher möglichst lange erhalten bleibt, also keine Vergleichmäßigung der Temperatur in dem Wärmespeicher stattfindet. Üblicherweise stellt sich in einem Wärmespeicher nach Abschluss eines Beladevorgangs mit der Zeit, insbesondere nach langem Stillstand, eine Temperatur ein, welche einer mittleren Temperatur des Wärmespeichers entspricht. Mittels des Wärmespeichers kann also bei Entnahme der Wärme lediglich eine Temperatur erreicht werden, welche der mittleren Temperatur entspricht. Dahingegen ist es bei der Oxidationsanlage wünschenswert, möglichst eine Temperatur zu erreichen, welche der beim Beladen vorliegenden hohen Temperatur entspricht. Es soll also eine Temperaturschichtung in dem Wärmespeicher vorliegen, die auch bei langer Standzeit erhalten bleibt. Somit kann, je nach Durchströmungsrichtung des Wärmespeichers, beim Entnehmen der Wärme auch eine Temperatur erzielt werden, welche unterhalb der mittleren Temperatur liegt. Die gewünschte Temperatur kann also mit geeigneter Wahl der Durchströmungsrichtung ausgewählt werden. Dies liegt in der beschriebenen Temperaturschichtung begründet sowie gegebenenfalls in der Beladung oder Entladung einzelner Kammern des Wärmespeichers.

[0024] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass bei einer Konzentration, die unterhalb einer Minimalkonzentration liegt, zusätzlicher Brennstoff in die Brennkammer und/oder das Wärmebett eingebracht wird. Ist die Konzentration des vorliegenden Reaktionsstoffes zu niedrig, liegt diese also unterhalb der Auslegungskonzentration, kann die Anlage nur unter Einbringung von Wärme betrieben werden. Das bedeutet, dass entweder Wärme aus dem Wärmespeicher ab-

gegeben oder zusätzlicher Brennstoff in die Anlage eingebracht werden muss. Wird auch die Minimalkonzentration, die kleiner als die Auslegungskonzentration ist, unterschritten, so ist lediglich das Einbringen von Brennstoff vorgesehen. Das Einbringen kann in die Brennkammer und/oder das Wärmebett erfolgen. Auf diese Weise wird auch bei Unterschreiten der Minimalkonzentration eine vollständige Oxidation des Reaktionsstoffes gewährleistet. Es kann auch vorgesehen sein, die Minimalkonzentration der Oxidationsanlage während des Betriebs dynamisch anzupassen. So kann es vorteilhaft sein, die Minimalkonzentration zumindest zeitweilig auf Null abzusenken, um die Reaktion des Reaktionsstoffes lediglich durch Wärmeeintrag aus dem Wärmespeicher sicherzustellen. Dies kann beispielsweise bei einer hohen gespeicherten Wärmemenge durchgeführt werden.

[0025] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird bei unterdurchschnittlichem Wärmeeintrag aber einer die Minimalkonzentration überschreitenden Konzentration ein Autothermbetrieb unter Abgabe von Wärme aus dem Wärmespeicher in das Wärmebett und/oder die Brennkammer durchgeführt. Liegt die Konzentration des Reaktionsstoffes also zwischen der Minimalkonzentration und der Auslegungskonzentration der Anlage, so soll trotzdem ein Autothermbetrieb der Anlage ermöglicht werden, obwohl dies bei aus dem Stand der Technik bekannten Anlagen bei unterdurchschnittlichem Wärmeeintrag nicht möglich ist, da die Konzentration kleiner als die Auslegungskonzentration ist. Zu diesem Zweck wird Wärme aus dem Wärmespeicher abgegeben. Dies kann sowohl in das Wärmebett als auch in die Brennkammer erfolgen. Durch die Abgabe der Wärme in das Wärmebett und/oder die Brennkammer wird der Reaktionsstoff auf die zu seiner Reaktion benötigte Temperatur gebracht, sodass diese ohne Weiteres ablaufen kann. Damit wird eine vollständige Oxidation beziehungsweise Reaktion des Reaktionsstoffes ermöglicht, obwohl die Temperatur des Reaktionsstoffes mittels des Wärmetauschers nicht auf die dazu notwendige Temperatur gebracht werden kann. Mit der aus dem Wärmespeicher abgegebenen Wärme soll also das gewünschte Wärmeprofil in dem Wärmebett des Wärmetauschers aufrechterhalten werden. Wie bereits beschrieben kann die Minimalkonzentration auch variabel vorgesehen und insbesondere auf Null absenkbar sein.

[0026] In einer bevorzugten Weiterbildung liegt bei einer Konzentration, die oberhalb einer Auslegungskonzentration liegt, der Wärmeüberschuss vor. Die Oxidationsanlage ist auf das Vorliegen einer bestimmten Konzentration, der Auslegungskonzentration, ausgelegt. In dieser ist der Autothermbetrieb durchführbar. Das bedeutet, dass ab einer Konzentration, die größer als diese Auslegungskonzentration ist, mehr Wärme in die Anlage eingebracht wird, als durch den Wärmetauscher zurückgeführt werden kann. In diesem Fall liegt daher der Wärmeüberschuss vor, der zum Beladen des Wärmespeichers verwendet werden kann.

[0027] Schließlich ist - nach einer Weiterbildung der

Erfindung - vorzugsweise vorgesehen, dass der Reaktionsstoff ein Schadstoff, insbesondere flüchtiger Kohlenwasserstoff, ist. Der Reaktionsstoff darf also nicht unbehandelt in eine Umgebung der Anlage entlassen werden. Daher ist es vorgesehen, eine Reaktion des Reaktionsstoffes in der Anlage durchzuführen, insbesondere diesen zu oxidieren, sodass keine negativen Auswirkungen auf die Umgebung ausgeübt werden. Der Schadstoff kann beispielsweise ein flüchtiger Kohlenwasserstoff sein, wie er in vielen verarbeitenden Industrien, insbesondere farbverarbeitenden Industrien, anfällt.

[0028] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass als Wärmebett eine Schüttung und/oder mindestens ein Formelement verwendet wird, wobei insbesondere ein keramisches Material vorgesehen ist. Es kann vorgesehen sein, das Wärmebett aus mindestens einem Formelement, zum Beispiel einem Wabenstein, zusammenzusetzen, welches vorteilhafterweise aus Keramik besteht. Alternativ zu dem Formelement ist auch eine Schüttung möglich. Das Wärmebett kann zu einem Teil oder vollständig aus einem keramischen Material bestehen. Das keramische Material ist hochgradig hitzebeständig und weist einen geringen Ausdehnungskoeffizienten auf. Das bedeutet, dass bei wechselnder Temperaturbeaufschlagung des Wärmebetts keine starkes Ausdehnen beziehungsweise Zusammenziehen des Materials auftritt. Daher kann mit einem keramischen Wärmebett sowohl die Auslegung der Anlage vereinfacht werden, als auch deren Lebensdauer, bedingt durch die hohe Temperaturbeständigkeit des Keramikmaterials, erhöht werden.

[0029] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Oxidationsanlage, insbesondere thermisch-regenerative Abluftreinigungsanlage, vorzugsweise zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens, mit einem vorgesehenen durchschnittlichen Wärmeeintrag mittels eines in wechselnder Konzentration vorliegenden Reaktionsstoffes, wobei durch den Wärmeeintrag ein gewünschtes Wärmeprofil in mindestens einem Wärmebett eines Wärmetauschers aufrechterhalten ist. Dabei ist ein, insbesondere unmittelbar an eine Brennkammer der Oxidationsanlage zum Aufladen gekoppelter, Wärmespeicher vorgesehen, der zur Aufnahme von Wärmeüberschuss und/oder zur Abgabe von Wärme, insbesondere im Falle eines unterdurchschnittlichen Wärmeeintrags dient. Hinsichtlich der Oxidationsanlage sind die vorstehenden Ausführungen ebenfalls anwendbar. Bei der Auslegung der Oxidationsanlage wird es angestrebt, bei einer zu erwartenden durchschnittlichen Konzentration des Reaktionsstoffes einen autothermen Betrieb zu ermöglichen. Liegt die Konzentration des Reaktionsstoffes unterhalb dieser Auslegungskonzentration, so wird dem Wärmespeicher Wärme entnommen und einer Brennkammer beziehungsweise dem Wärmebett der Oxidationsanlage derart zugeführt, dass eine Reaktion des Reaktionsstoffes ablaufen kann.

[0030] Nach einer Weiterbildung der Erfindung sind mindestens zwei Wärmebetten vorgesehen, wobei min-

destens ein erstes Wärmebett vor einer Brennkammer und mindestens ein zweites Wärmebett nach einer Brennkammer angeordnet sind. Der Wärmetauscher verfügt somit über mindestens zwei Wärmebetten, wobei ein erstes strömungstechnisch vor der Brennkammer und ein zweites strömungstechnisch nach dieser vorgesehen sind.

[0031] Zweckmäßigerweise ist vorzugsweise eine alternierende Durchströmung der Wärmebetten vorgesehen. Das bedeutet, dass das erste Wärmebett und das zweite Wärmebett abwechselnd mit dem heißen Abgas der Oxidationsanlage und dem dieser zugeführten Reaktionsstoff durchströmt werden. Während der Durchströmung mit dem Abgas wird das jeweilige Wärmebett aufgeheizt, wohingegen während des Durchströmens mit dem Reaktionsstoff Wärme an diesen abgegeben wird, womit sich das Wärmebett abkühlt. Die Reaktion des Reaktionsstoffes kann dabei sowohl in der Brennkammer als auch in dem vor der Brennkammer angeordneten Wärmebett ablaufen.

[0032] Weiterhin ist nach einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass der Wärmespeicher im Wesentlichen parallel zu dem zweiten Wärmebett angeordnet und insbesondere an die Brennkammer angeschlossen ist. Der Wärmespeicher wird also strömungstechnisch parallel zu dem Wärmebett betrieben. Das bedeutet, dass ein Einlass des Wärmespeichers auch gleichzeitig ein Einlass des Wärmebetts und ein Auslass des Wärmespeichers gleichzeitig ein Auslass des Wärmebetts sein kann beziehungsweise diese strömungstechnisch miteinander verbunden sind. Der Wärmespeicher kann also ebenso wie das zweite Wärmebett unmittelbar an die Brennkammer angeschlossen sein.

[0033] Es kann vorgesehen sein, dass eine weitere Anlage an mindestens einen Mediumanschluss, insbesondere Abgasanschluss, der Anlage angeschlossen ist. Der Mediumanschluss kann mit dem Wärmespeicher und/oder mit mindestens einem, insbesondere dem zweiten Wärmebett, in Fluidverbindung stehen. Der Mediumanschluss kann also mittels des Wärmespeichers und/oder mittels des mindestens einen Wärmebetts mit Wärme gespeist werden, die an die weitere Anlage weitergegeben wird. Auf diese Weise kann mit der Wärme, die in der Oxidationsanlage erzeugt wird, die weitere Anlage betrieben und die Wärme sinnvoll genutzt werden.

[0034] Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass das mindestens eine Wärmebett zum Aufheizen, insbesondere bei einem Neustart der Oxidationsanlage, an den Wärmespeicher angeschlossen ist. Auf dieses erfindungsgemäße Vorgehen wurde bereits vorstehend bei der Abhandlung des Verfahrens eingegangen.

[0035] Ferner ist - wie bereits auch vorstehend schon ausgeführt - das Wärmehaltevermögen oder die Wärmespeicherkapazität des Wärmespeichers größer, als das Wärmehaltevermögen oder die Wärmespeicherkapazität des mindestens einen Wärmebetts. Hierdurch ist sichergestellt, dass der Wärmespeicher Wärme länger

und/oder mit höherer Temperatur über einen bestimmten Zeitraum hält, als das Wärmebett, sodass es möglich ist, Wärme des Wärmespeichers zu nutzen, um das Wärmebett aufzuheizen.

[0036] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert, ohne dass eine Beschränkung der Erfindung erfolgt. Es zeigen:

- Figur 1 eine schematische Ansicht einer thermischregenerativen Abluftreinigungsanlage in einer ersten Betriebsart,
- Figur 2 die aus Figur 1 bekannte Abluftreinigungsanlage in einer weiteren Betriebsart,
- Figur 3 eine erste Variante der Abluftreinigungsanlage mit Wärmespeicher und Umgehungseinrichtung, und
- Figur 4 eine weitere Variante der Abluftreinigungsanlage.

[0037] Die Figur 1 zeigt eine Oxidationsanlage 1 in Form einer Abluftreinigungsanlage 1', die einen Wärmetauscher 2 in Form von drei Wärmebetten 3, 4 und 5 aufweist, die beispielsweise mit keramischen Wabenkörpern ausgestattet sind. Die Oxidationsanlage 1 dient dazu, mit flüchtigen Kohlenwasserstoffen beziehungsweise dem Reaktionsstoff belastete Abluft K, die Rohgas darstellt, zu reinigen. Die Abluft K soll also von den Kohlenwasserstoffen befreit werden. Zu diesem Zweck wird sie durch eines der Wärmebetten 3, 4 oder 5 geleitet. In Figur 1 ist dargestellt, wie die Abluft K durch das Wärmebett 4 geleitet wird. Das Wärmebett 4 ist dabei auf eine hohe Temperatur, beispielsweise 800°C, vorgeheizt. Anschließend gelangt die Abluft K in eine Brennkammer 6 der Abluftreinigungsanlage 1'. In der Brennkammer 6 ist ein Brenner 7 angeordnet, der eine Flamme 8 erzeugen kann. Der Brenner 7 ist dazu vorgesehen, eine Stütztemperatur in der Brennkammer 6 zu erzeugen. Durch die Beaufschlagung der Abluft K mit der in dem Wärmebett 4 herrschenden Temperatur werden die Kohlenwasserstoffe oxidiert, sodass aus dem Rohgas, welches Kohlenwasserstoffe enthält, Reingas wird, welches lediglich oxidierte, das heißt verbrannte, Kohlenwasserstoffe aufweist. Das Oxidieren kann dabei sowohl bereits in dem Wärmebett 4 als auch erst in der Brennkammer 6 ablaufen. Das in der Brennkammer 6 vorhandene Reingas wird anschließend durch das Wärmebett 5 geleitet, um es aufzuheizen. Anschließend erfolgt eine Abgabe des Reingases gemäß Strömungsweg 9 in eine Umgebung beziehungsweise Außenatmosphäre der Abluftreinigungsanlage 1'. Mittels gestrichelter Strömungswege ist angedeutet, dass es in einer anderen Betriebsart auch möglich ist, dass Reingas sowohl durch das Wärmebett 5 als auch durch das Wärmebett 3 geleitet wird. Nach einer gewissen Zeit erfolgt eine Umtaktung,

das heißt, die Abluft K wird nicht mehr durch das Wärmebett 4 geleitet, sondern durch das Wärmebett 3 oder durch das Wärmebett 5. Dementsprechend wird das Wärmebett 4 nunmehr verwendet, um das Reingas hindurchzuleiten, damit es sich wieder aufheizt, da es zuvor Wärme an das Rohgas abgegeben hat.

[0038] Um zu verhindern, dass bei einem Übergang von dem Rohgasbetrieb eines Wärmebetts 3, 4 oder 5 in den Reingasbetrieb Rohgas in das Reingas gelangt, erfolgt ein so genannter Spülbetrieb. Dies ist in Figur 2 dargestellt. Dabei wird Reingas gemäß dem Strömungsweg 10 aus der Brennkammer 6 durch ein Wärmebett 3, 4 oder 5 geleitet, das zuvor Rohgas geführt hat. In dem dargestellten Beispiel wird das Reingas durch das Wärmebett 3 geleitet. Dieses Vorgehen dient dazu, um Rohgasreste auszuspülen, die gemäß Strömungsweg 11 zusammen mit dem Reingas in den belasteten Abluftstrom K zurückgeführt werden. Auf diese Weise ergibt sich ein Kreislauf, der solange aufrechterhalten wird, bis das Wärmebett 3 keine Rohgasreste mehr aufweist.

[0039] In der Figur 3 ist nun eine erste Variante der Abluftreinigungsanlage 1' in einer Betriebsart dargestellt, in welcher das Rohgas beziehungsweise die Abluft K zunächst das Wärmebett 4 durchläuft, in die Brennkammer 6 gelangt und anschließend das Wärmebett 3 durchläuft. Parallel zu dem Wärmebett 3 ist ein Wärmespeicher 91 vorgesehen, der mittels einer Umgehungseinrichtung 12, die hier als steuer- beziehungsweise regelbares Ventil dargestellt ist, umgehbar ist. Das Reingas kann also aus der Brennkammer 6 durch das Wärmebett 3 (Strömungsweg 9') und/oder durch den Wärmespeicher 11 (Strömungsweg 13) und/oder an dem Wärmespeicher 11 vorbei durch die Umgehungseinrichtung 12 (Strömungsweg 14) strömen. Vorzugsweise kann die Umgehungseinrichtung 12 bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel entfallen. Durch den Wärmespeicher 11 wird ein möglicher Energieverlust vermieden. Zusätzlich oder alternativ zu der Umgehungseinrichtung 12 kann auch eine Einrichtung vorgesehen sein, mittels welcher der Zufluss aus der Brennkammer 6 zu dem Wärmespeicher 11 unmittelbar unterbrochen wird. Dies ist in Figur 3 jedoch nicht dargestellt. Das Reingas wird entweder entlang des Strömungswegs 15 in die Umgebung der Abluftreinigungsanlage 1 entlassen, oder aber das durch den Wärmetauscher 11 oder die Umgehungseinrichtung 12 strömende Reingas wie durch den Strömungsweg 16 angedeutet, einer weiteren Anlage 17 zugeführt. Alternativ kann auch eine Zuführung des Reingases, welches den Wärmetauscher 2 beziehungsweise das Wärmebett 3 durchläuft in die weitere Anlage vorgesehen sein. Das entlang der Strömungswege 13 und/oder 14 strömende Reingas kann sich auch an einer oder verschiedenen Stellen mit dem Reingas, welches entlang des Strömungswegs 9' strömt, vereinen.

[0040] Die Abluftreinigungsanlage 1' weist nicht dargestellte Ventilatoren und/oder Steuerklappen auf, mit welchen das Fluid (Reingas und/oder Rohgas) innerhalb der Abluftreinigungsanlage 1' bewegt werden kann. Über

die Strömungskappen sind dabei unterschiedliche Strömungswege einstellbar - beispielsweise einzelne Strömungswege versperrbar -, während die Ventilatoren zum Transport des Fluids dienen.

[0041] Dabei kann es sowohl vorgesehen sein, der weiteren Anlage 17 Reingas zuzuführen, welches sowohl das Wärmebett 3 oder den Wärmespeicher 11, das Wärmebett 3 oder die Umgehungseinrichtung 12 oder lediglich das Wärmebett 3 durchlaufen hat, zuzuführen.

[0042] Es kann selbstverständlich auch vorgesehen sein, dass das Reingas zusätzlich oder alternativ zu dem Wärmebett 3 das Wärmebett 5 durchströmt. In diesem Fall ist es vorgesehen, dass das Wärmebett 5 ebenfalls mit dem Abgasstrom gemäß Strömungsweg 9' strömungstechnisch verbunden ist.

[0043] Die Umgehungseinrichtung 12 stellt einen so genannten Bypass dar. Mit diesem kann das Reingas beziehungsweise Abgas unter Umgehung des Wärmespeichers 11 beispielsweise unmittelbar aus der Brennkammer 6 in die Umgebung der Anlage beziehungsweise an die weitere Anlage 17 abgegeben werden. Die Umgehungseinrichtung 12 ist in Abhängigkeit von der Temperatur des Wärmespeichers 11 steuerbar beziehungsweise regelbar. Insbesondere soll das Reingas bei Überschreiten einer Maximaltemperatur des Wärmespeichers 11 um diesen herumgeführt werden. Das bedeutet, dass eine Überfüllung des Wärmespeichers 11 auftreten kann beziehungsweise dass ein Beladen des Wärmespeichers 11 unterbrochen wird, sobald in diesem die Maximaltemperatur auftritt beziehungsweise festgestellt wird.

[0044] Aus dem Stand der Technik bekannte Abluftreinigungsanlagen 1' sind so ausgelegt, dass bei einer Konzentration des Reaktionsstoffes, welche mindestens eine Auslegungskonzentration erreicht, ein Autothermbetrieb der Abluftreinigungsanlage 1' durchgeführt werden kann. Dies bedeutet, dass mittels des Brenners 7 kein zusätzlicher Brennstoff in die Brennkammer 6 eingebracht werden muss, sondern dass die Reaktionswärme des Reaktionsstoffes, beispielsweise der Kohlenwasserstoffe, ausreicht, um die Reaktionstemperatur des Reaktionsstoffes zu erreichen. Zu diesem Zweck müssen die Wärmebetten 3, 4 und 5 ausreichend groß dimensioniert werden, um eine möglichst hohe Wärmemenge von dem aus der Brennkammer 6 abgegebenen Abgases beziehungsweise Reingases dem reaktionsstoffhaltigen Rohgas zuzuführen, und auf diese Weise dessen Temperatur soweit als möglich zu erhöhen. Daraus folgt, dass je kleiner die Auslegungskonzentration ist, bei welcher die Abluftreinigungsanlage 1' betreibbar ist, desto größer müssen die Wärmebetten 3, 4 und 5 dimensioniert sein.

[0045] Die in Figur 3 dargestellte Abluftreinigungsanlage 1' weist nun unter dimensionierte Wärmebetten 3, 4 und 5 auf. Das bedeutet, dass die Wärmebetten 3, 4 und 5 kleiner ausgelegt sind, als ein Autothermbetrieb bei einer Auslegungskonzentration erfordert. Stattdessen ist die Abluftreinigungsanlage 1' auf eine Ausle-

gungskonzentration ausgelegt, welche höher ist als eine Minimalkonzentration. Unterhalb der Minimalkonzentration wird zusätzlicher Brennstoff zugeführt, bei einer Konzentration, die zwischen Minimalkonzentration und Auslegungskonzentration liegt, wird dagegen dem Wärmespeicher 11 Wärme entnommen, um die Oxidation des Reaktionsstoffes kontinuierlich fortzuführen. Bei den aus dem Stand der Technik bekannten Anlagen entspricht dagegen die Auslegungskonzentration im Wesentlichen der Minimalkonzentration. Es kann bei diesen also vorkommen, wenn die Konzentration des Reaktionsstoffes unter die Auslegungskonzentration abfällt, dass mittels des Wärmetauschers 2 der Reaktionsstoff beziehungsweise das Rohgas nicht auf eine Temperatur gebracht werden kann, welche zur Oxidation des Reaktionsstoffes notwendig ist. In diesem Fall liegt ein unterdurchschnittlicher Wärmeeintrag in das Rohgas vor. Der Wärmespeicher 11 ist nun dazu vorgesehen, im Falle des unterdurchschnittlichen Wärmeeintrags Wärme abzugeben, insbesondere in die Brennkammer 6 und/oder in das Wärmebett 3, um weiterhin eine kontinuierliche Reaktion des Reaktionsstoffes zu ermöglichen, ohne zusätzlichen Brennstoff über den Brenner 7 in die Brennkammer 6 oder in die Wärmebetten 3, 4 oder 5 einbringen zu müssen. Das bedeutet, dass bei unterdurchschnittlichem Wärmeeintrag die in dem Wärmespeicher 11 gespeicherte Wärme verwendet wird, um die Temperatur des Rohgases, also des Reaktionsstoffes, zu erhöhen.

[0046] Es stellen sich somit folgende Betriebsarten der Abluftreinigungsanlage 1' dar: Bei einer Konzentration des Reaktionsstoffes unterhalb der Minimalkonzentration wird der Abluftreinigungsanlage 1' beziehungsweise der Brennkammer 6 und/oder den Wärmebetten 3, 4 und/oder 5 zusätzlicher Brennstoff zugeführt, um eine Oxidation des Reaktionsstoffes zu ermöglichen. Bei einer Konzentration, die größer oder gleich der Minimalkonzentration, aber geringer als die Auslegungskonzentration ist, wird in dem Wärmespeicher 11 gespeicherte Wärme in die Brennkammer 6 beziehungsweise eines oder mehrere der Wärmebetten 3, 4 und 5 zurückgeführt. Entspricht die Konzentration der Auslegungskonzentration, so befindet sich die Abluftreinigungsanlage 1' in dem Autothermbetrieb, das bedeutet, dass weder zusätzlicher Brennstoff noch Wärme aus dem Wärmespeicher 11 zugeführt werden müssen. Ist die Konzentration höher als die Auslegungskonzentration, so wird durch die Oxidation des Reaktionsstoffes mehr Wärme gebildet, als mit Hilfe des Wärmetauschers 2 umgesetzt werden kann. Es entsteht ein Wärmeüberschuss. Dieser Wärmeüberschuss kann von dem Wärmespeicher 11 aufgenommen und zur späteren Verwendung gespeichert werden. Das bedeutet, dass zumindest ein Teil des Abgases beziehungsweise des Reingases aus der Brennkammer 6 zum Aufheizen des Wärmespeichers 11 verwendet wird. Ist der Wärmespeicher 11 vollständig beladen oder überschreitet eine Temperatur des Wärmespeichers 11 eine Maximaltemperatur, so kann der Wärmespeicher 11 mittels einer Umgehungseinrichtung 12 entlastet werden,

indem das Abgas beziehungsweise das Reingas um den Wärmespeicher 11 herumgeführt wird. Es erfolgt also kein weiteres Beladen des Wärmespeichers 11. Nach einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, dass keine Umgehungseinrichtung 12 vorhanden ist, das heißt, es liegt eine Anordnung gemäß Figur 3, jedoch ohne Umgehungseinrichtung 12 (mit oder ohne Anlage 17) vor. Dies bedeutet, dass die Funktion der Umgehungseinrichtung 12 quasi vom Wärmespeicher 11 miterfüllt wird, das heißt, der Wärmespeicher ist in der Lage, den kompletten Wärmeüberschuss aufzunehmen, wodurch eine besonders hohe Energieeffizienz erzielt wird. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist also der Brennkammer 6 nur der Wärmespeicher 11 nachgeschaltet. Die Umgehungseinrichtung 12 (heißer Bypass) ist nicht vorhanden.

[0047] Die Auslegung der Abluftreinigungsanlage 1' erfolgt derart, dass die Wärmebetten 3, 4 und 5 unterdimensioniert werden. Während bei einer bekannten Abluftreinigungsanlage 1' beispielsweise ein Autothermbetrieb bei einer Konzentration von 1,3 bis 1,5 g/m³ vorgesehen ist, wofür Wärmebetten 3, 4 und 5 mit einer Höhe von 2,0 m notwendig sind, erfolgt erfindungsgemäß eine Auslegung der Abluftreinigungsanlage 1' auf eine Auslegungskonzentration von 3 g/m³. Auf diese Weise sind Wärmebetten 3, 4 und 5 mit einer Höhe von beispielsweise 1 m ausreichend. Bisher erfolgte lediglich eine Optimierung des in der Abluftreinigungsanlage 1' ablaufenden Prozesses. Nun soll zusätzlich der in der weiteren Anlage 17 ablaufende Prozess beachtet werden, sodass eine Optimierung eines die beiden Prozesse umfassenden Gesamtprozesses erfolgt. Auf diese Weise kann sowohl die Abluftreinigungsanlage 1' als auch die weitere Anlage 17 mit hoher Effizienz und möglichst geringen Energiekosten betrieben werden.

[0048] Figur 4 zeigt eine weitere Variante der Abluftreinigungsanlage 1'. Es sei zunächst auf die auch hier zutreffenden Ausführungen zu Figur 3 verwiesen. In dem in Figur dargestellten Beispiel ist die weitere Anlage 17 eine Produktionsvorrichtung 18, die direkt, also unmittelbar, mit Abgas der Abluftreinigungsanlage 1' gespeist wird, wie durch den Strömungsweg 16 angedeutet ist. Die Produktionsvorrichtung 18 besteht aus drei Heißlufttrocknern 19, die zueinander parallel mit dem Abgas beaufschlagt sind. Nach dem Durchlaufen der Heißlufttrockner 19 kann das Abgas wieder mit Lösungsmitteln beziehungsweise Kohlenwasserstoffen verunreinigt sein. Es wird daher, wie durch den Strömungsweg 20 angedeutet, wiederum als Abluft K der Abluftreinigungsanlage 1' zugeführt, um dort erneut gereinigt zu werden.

[0049] Alternativ oder zusätzlich zu der weiteren Anlage 17 kann ein weiterer Wärmetauscher 21 vorgesehen sein, der beispielsweise strömungstechnisch parallel zu dem Wärmespeicher 11 angeordnet ist. Der Wärmetauscher 21 kann zuschaltbar parallel zu dem Wärmespeicher 11 von Abgas aus der Brennkammer 6 durchströmt werden. Mit dem Wärmetauscher 21 kann ein einem Sekundärkreislauf 22 zugeordnetes Fluid (beispielsweise

Thermalöl, Dampf oder ähnliches) erhitzt und einer weiteren Anlage (hier nicht dargestellt) zugeführt werden.

[0050] Über einen Anschluss 23, der sich auf einer der Brennkammer 6 strömungstechnisch abgewandten Seite des Wärmespeichers 11 befindet, kann diesem Fluid zugeführt werden. Dieses Fluid durchläuft den Wärmespeicher 11 in Richtung der Brennkammer 6 und erwärmt sich dabei, vorteilhafterweise bis auf eine Temperatur, die nahezu der beim Beladen des Wärmespeichers 11 verwendeten Maximaltemperatur entspricht. Das erwärmte Fluid kann nun wahlweise der Brennkammer 6, dem Wärmetauscher 21 und/oder der weiteren Anlage 17 zugeführt werden. Auf diese Weise kann sowohl die Reaktion des Reaktionsstoffes in der Brennkammer 6 aufrechterhalten, als auch dem Sekundärkreislauf 22 mittels des Wärmetauschers 21 beziehungsweise der weiteren Anlage 17 weiterhin Wärme zugeführt werden.

[0051] Soll das Fluid der weiteren Anlage 17 zugeführt werden, so muss das aufgeheizte Fluid auf eine Temperatur gebracht werden, die zum Betrieb der weiteren Anlage 17 geeignet ist. Dies kann erfolgen, indem das Fluid zunächst durch den Wärmetauscher 21 geleitet wird, wobei dem Fluid Wärme entzogen und es damit auf eine geringere Temperatur gebracht wird. Alternativ ist es jedoch auch möglich, das aufgeheizte Fluid mit kühlerem Fluid zu versetzen und so seine Temperatur derart einzustellen, dass es der weiteren Anlage 17 zugeführt werden kann. Auf diese Weise kann die weitere Anlage 17 kontinuierlich mit Wärme versorgt werden, sollte die in der Abluftreinigungsanlage 1' erzeugte Wärmemenge nicht ausreichend sein.

[0052] Mit Bezug auf die vorstehenden Ausführungen ist nach einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung vorgesehen, dass die im Wärmespeicher gespeicherte Wärme genutzt wird, um den Betrieb der Oxidationsanlage selbst zu fördern. Die vom Wärmespeicher gelieferte Wärme wird also nicht einer weiteren Anlage zugeführt, sondern wird in der eigenen Oxidationsanlage verwendet. Selbstverständlich ist es jedoch auch möglich, beide Maßnahmen gleichzeitig vorzusehen oder auch zeitlich nacheinander, nämlich Wärme des Wärmespeichers sowohl einer weiteren Anlage zuzuführen als auch der eigenen Oxidationsanlage. Ferner ist es selbstverständlich möglich, dass die Wärme des Wärmespeichers nur für die weitere Anlage verwendet wird.

[0053] Bei der Verwendung der Wärme des Wärmespeichers für eigene Zwecke, also zum Betrieb der Oxidationsanlage, ist insbesondere vorgesehen, dass für den Fall eines Abschaltens der Oxidationsanlage, also eines Auskühlens ihrer Komponenten, insbesondere des mindestens eines Wärmebetts, vor einem Wiedereinschalten Wärme des Wärmespeichers genutzt wird, um diese Komponenten wieder aufzuheizen. Der Wärmespeicher hat demgemäß gegenüber den genannten Komponenten ein besseres Wärmehaltvermögen beziehungsweise eine bessere Wärmespeicherkapazität, sodass der Wärmespeicher Wärme zur Verfügung stel-

len kann, die ein Aufheizen dieser Komponenten ermöglicht. Mithin erfolgt dadurch ein reaktionsstofffreies Vorheizen der Anlage. Ist ein gewünschtes Temperaturniveau erreicht, so kann der übliche Betrieb durchgeführt werden, bei dem Reaktionsstoff oxidiert wird. Fällt dabei ein Wärmeüberschuss an, so wird dieser im Wärmespeicher gespeichert. Durch das Speichern des Wärmeüberschusses wird der Anströmbereich des Wärmebetts nicht so heiß, dass dort chemische Reaktionen mit dem Reaktionsstoff stattfinden. Daher ist die thermische Belastung der Konstruktion reduziert.

[0054] Das Auskoppeln von Überschusswärme und deren Speichern im Wärmespeicher vereinfacht und erleichtert die Betriebsführung der den Oxidationsbetrieb betreffenden Teil der Oxidationsanlage, wobei dieser Teil dadurch keine unkontrollierten Energieeinträge erhält. Der Wärmespeicher führt daher eine Energiepuffer- und/oder Temperaturlättungsfunktion aus.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Oxidationsanlage (1), mit einem vorgesehenen durchschnittlichen Wärmeeintrag mittels eines in wechselnder Konzentration vorliegenden Reaktionsstoffes, wobei durch den Wärmeeintrag ein gewünschtes Wärmeprofil in mindestens einem Wärmebett (3,4,5) eines Wärmetauschers (2) aufrechterhalten wird, **gekennzeichnet durch** einen, insbesondere unmittelbar an eine Brennkammer (6) der Oxidationsanlage (1) zum Aufladen gekoppelten, Wärmespeicher (11) zur Aufnahme von Wärmeüberschuss und/oder Abgabe von Wärme, insbesondere im Falle eines unterdurchschnittlichen Wärmeeintrags.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oxidationsanlage (1) insbesondere in dem Wärmespeicher (11), insbesondere - aufgrund der wechselnden Konzentration des Reaktionsstoffes - diskontinuierlich, gespeicherte Wärme an mindestens eine weitere Anlage (17) abgibt.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Wärmespeicher (11) ein zu dem mindestens einen Wärmebett (3,4,5) separater Wärmespeicher (11) verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oxidationsanlage (1) insbesondere in dem Wärmespeicher (11), insbesondere - aufgrund der wechselnden Konzentration des Reaktionsstoffes - diskontinuierlich, gespeicherte Wärme an sich selbst, insbesondere an das mindestens eine Wärmebett (3,4,5) zu ihrem/dessen Aufheizen, insbesondere vor einem Neustart der Oxidationsanlage (1), abgibt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmespeicher (11) mit einem Wärmehaltevermögen oder einer Wärmespeicherkapazität verwendet wird, das/die größer ist, als das Wärmehaltevermögen oder die Wärmespeicherkapazität des mindestens einen Wärmebetts (3,4,5).
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit den Wärmespeicher (11) durchströmenden Medium, insbesondere Luft, das/die dadurch zu Heißmedium, insbesondere Heißluft, wird, das mindestens eine Wärmebett (3,4,5) aufgeheizt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als weitere Anlage (17) ein weiterer Wärmetauscher (21), eine Heizung, eine Produktionsvorrichtung (18), eine Kältemaschine oder eine Energiewandlereinrichtung verwendet wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Reaktion des Reaktionsstoffes in dem Wärmebett (3,4,5) und/oder der Brennkammer (6) abläuft, wobei mittels des Wärmetauschers (2) der dem Wärmebett (3,4,5) und/oder der Brennkammer (6) zugeführte Reaktionsstoff mit Wärme von aus der Brennkammer (6) ausströmendem Abgas aufgeheizt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Teil des Abgases zusätzlich zum Aufheizen des Wärmespeichers (11) verwendet wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Konzentration, die unterhalb einer Minimalkonzentration liegt, zusätzlicher Brennstoff in die Brennkammer (6) und/oder das Wärmebett (3,4,5) eingebracht wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei unterdurchschnittlichem Wärmeeintrag aber einer die Minimalkonzentration überschreitenden Konzentration ein Autothermbetrieb unter Abgabe von Wärme aus dem Wärmespeicher (11) in das Wärmebett (3,4,5) und/oder die Brennkammer (6) durchgeführt wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Konzentration, die oberhalb einer Auslegungskonzentration liegt, der Wärmeüberschuss vorliegt.
13. Oxidationsanlage (1), insbesondere thermisch-regenerative Abluftreinigungsanlage (1'), vorzugswei-

se zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, mit einem vorgesehenen durchschnittlichen Wärmeeintrag mittels eines in wechselnder Konzentration vorliegenden Reaktionsstoffes, wobei durch den Wärmeeintrag ein gewünschtes Wärmeprofil in mindestens einem Wärmebett (3,4,5) eines Wärmetauschers (2) aufrechterhalten ist, **gekennzeichnet durch** einen, insbesondere unmittelbar an eine Brennkammer (6) der Oxidationsanlage (1) zum Aufladen gekoppelten, Wärmespeicher (11) zur Aufnahme von Wärmeüberschuss und/oder Abgabe von Wärme, insbesondere im Falle eines unterdurchschnittlichen Wärmeeintrags.

5

10

15

14. Oxidationsanlage nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine weitere Anlage (17) an einen Mediumanschluss, insbesondere Abgasanschluss, der Anlage angeschlossen ist.

20

15. Oxidationsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Wärmebett (3,4,5) zum Aufheizen, insbesondere vor einem Neustart der Oxidationsanlage (1), an den Wärmespeicher (11) angeschlossen ist.

25

16. Oxidationsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Wärmehaltevermögen oder die Wärmespeicherkapazität des Wärmespeichers (11) größer ist, als das Wärmehaltevermögen oder die Wärmespeicherkapazität des mindestens einen Wärmebetts (3,4,5).

30

35

40

45

50

55

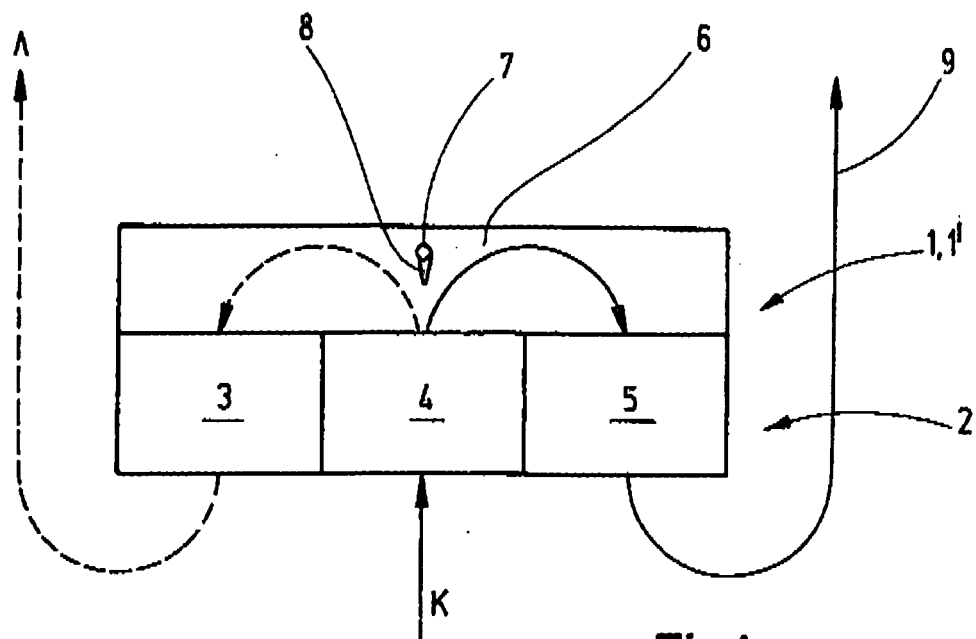


Fig.1

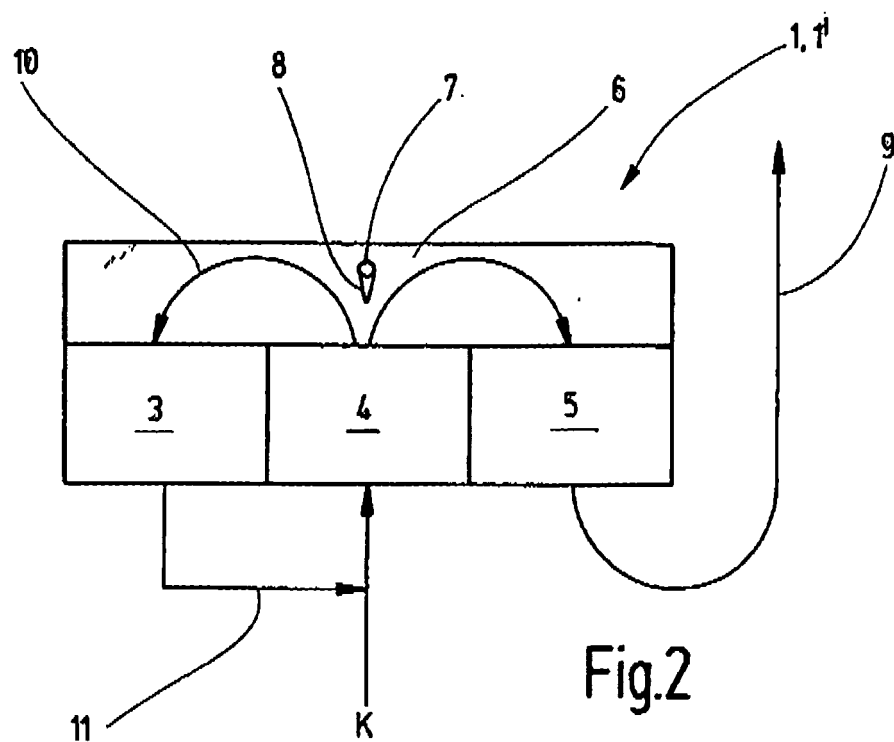


Fig.2

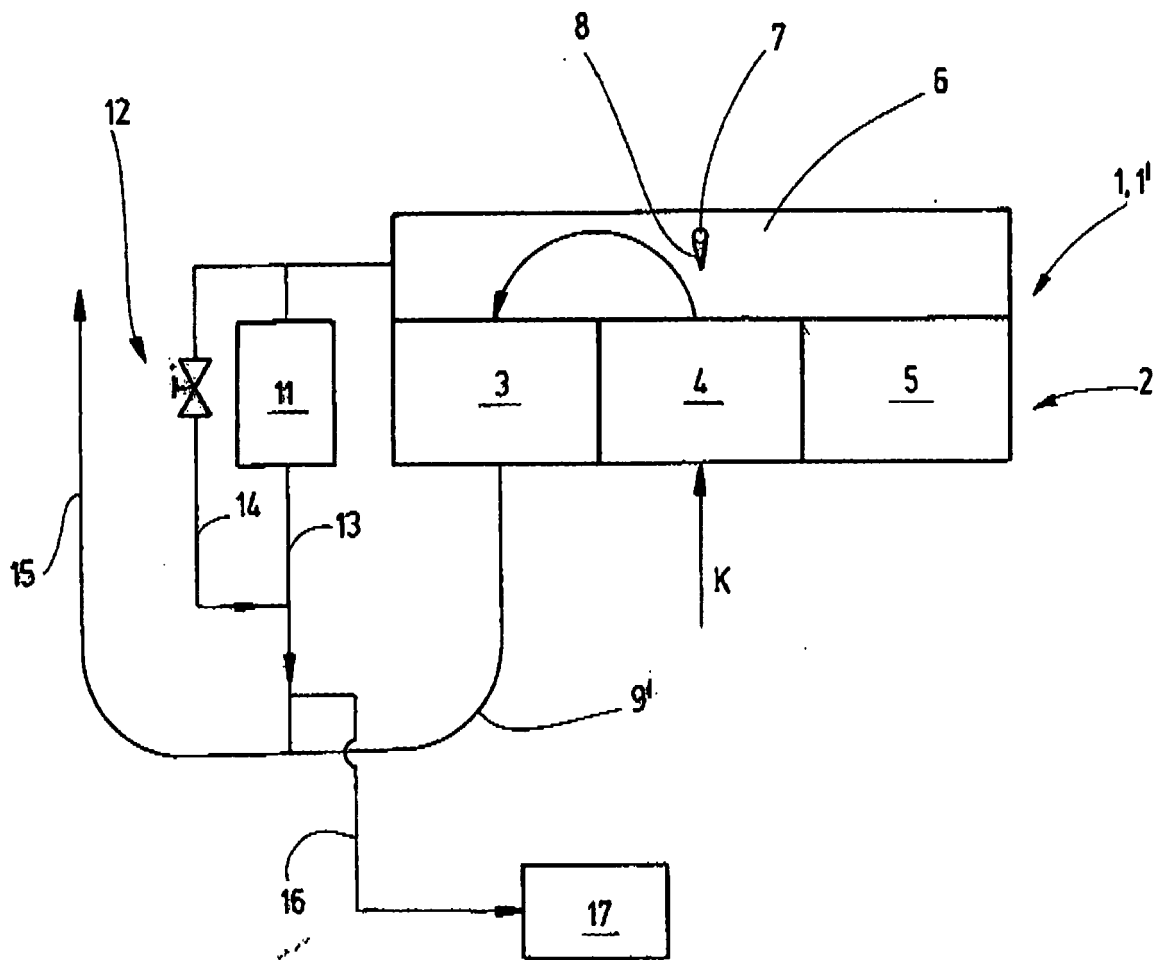


Fig.3.

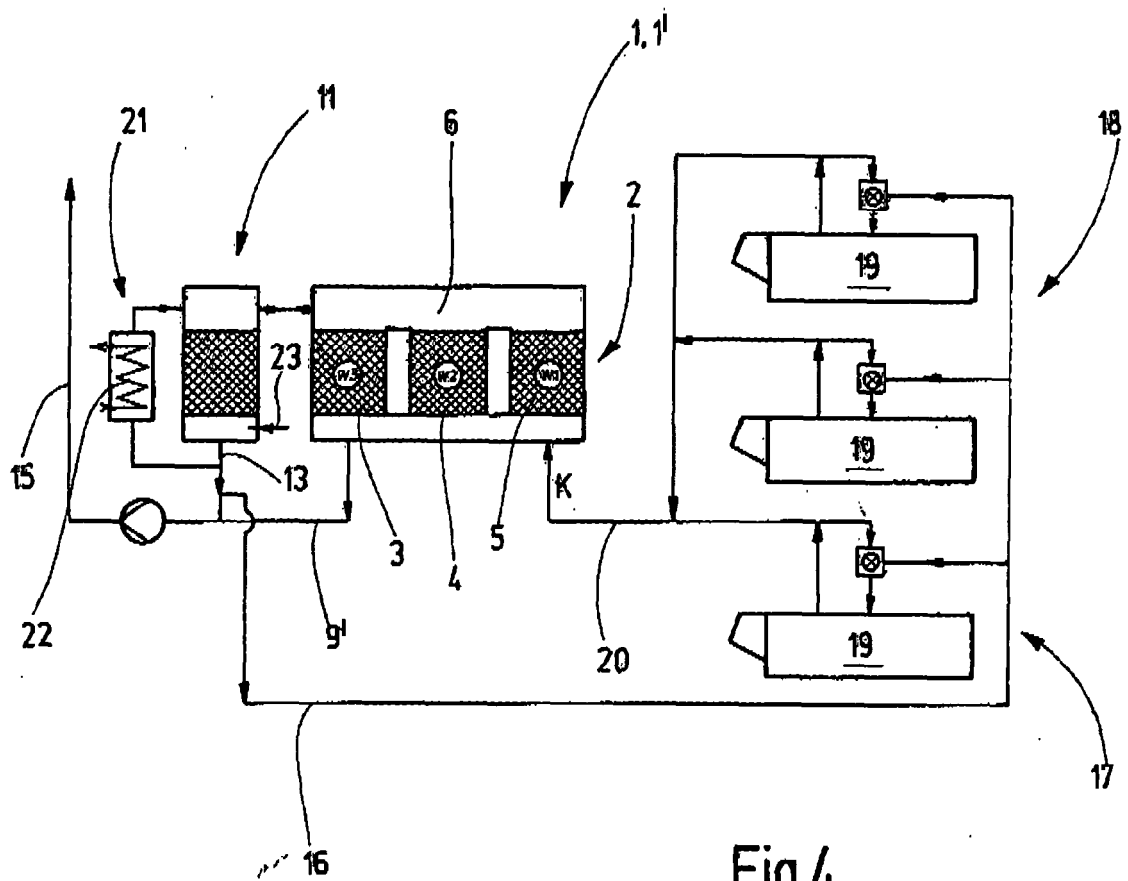


Fig.4