



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Bei der Verbrennung von Kraftstoff in herkömmlichen Brennkraftmaschinen wird in der Regel nur der Heizwert des Kraftstoffs genutzt, weil die Abgase mit einer Temperatur, die oberhalb des Taupunkts liegt, in die Umgebung abgegeben werden.

**[0002]** Wenn man die Abgase vor dem Verlassen der Brennkraftmaschine bis unter den Taupunkt abkühlt, dann kondensiert der in den Abgasen enthaltene Wasserdampf und setzt dabei die Kondensationswärme frei. Die Kondensationswärme beträgt, je nach Kraftstoffart, zwischen 6 und 7 % des Heizwerts des eingesetzten Kraftstoffs. Die Kondensationswärme kann einer weiteren Verwendung zugeführt werden, so dass der in der Brennkraftmaschine eingesetzte Kraftstoff effizienter genutzt wird.

**[0003]** Aus der EP 2 161 438 A2 ist eine Vorrichtung bekannt, bei der ein Teilstrom der Abgase kondensiert wird. Dabei handelt es sich um die Abgase, die in einer Abgasrückführung in den Ansaugtrakt der Brennkraftmaschine zurückgeführt werden. Weil nur ein Teilstrom der Abgase unter die Taupunkttemperatur abgekühlt wird, ist diese Vorrichtung hinsichtlich der Brennwertnutzung nur von begrenzter Wirksamkeit. Diese Vorrichtung zielt mehr darauf, die rückgeführten Abgase möglichst weit abzukühlen, um niedrige Verbrennungstemperaturen in der Brennkraftmaschine zu erreichen. Die EP 2 161 438 A2 beschreibt im Wesentlichen zwei Optionen, wie das anfallende Kondensat entsorgt oder verwendet werden kann. Eine Option sieht vor, das Kondensat nach dem Katalysator in das Abgasrohr einzudüsen und ungenutzt an die Umgebung abzugeben.

**[0004]** Optional ist auch vorgesehen, das Kondensat in den Ansaugtrakt der Brennkraftmaschine in das noch unverbrannte Kraftstoff-Luft-Gemisch einzudüsen und das Kraftstoff-Luft-Gemisch abzukühlen, um eine weitere Absenkung der im Brennraum entstehenden Temperaturen zu erreichen.

**[0005]** Eine ähnliche Technik ist aus der EP 2 375 047 A2 bekannt. Auch hier kann nur die in dem rückgeführten Abgas enthaltene Kondensationswärme rückgewonnen werden. Das dabei anfallende Kondensat wird durch eine Reaktion mit einer beschichteten der Oberfläche einer Neutralisationseinheit neutralisiert. Wenn diese Beschichtung verbraucht ist, muss die Neutralisationseinheit ersetzt werden.

**[0006]** Aus der US 2011/0002818 A1 ist ein Katalysator bekannt, bei dem ein Fluid durch Mikrokanäle strömt. Zwei Wände dieser Mikrokanäle können mit einem porösen Material beschichtet sein, das

auch als Schaum ausgebildet sein kann. Diese poröse Oberfläche dient dazu, den Katalysator oder ein Sorptionsmittel zu tragen.

## Offenbarung der Erfindung

**[0007]** Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Erzeugen eines Kondensats aus den Abgasen einer Brennkraftmaschine, umfassend einen Wärmetauscher und einen Sammler für das Kondensat, ist vorgesehen, dass die Vorrichtung eine Sprühvorrichtung umfasst, und dass die Sprühvorrichtung das Kondensat auf beziehungsweise in den Kühlluftstrom eines luftgekühlten Kühlers sprüht.

**[0008]** Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist darin zu sehen, dass der Wärmetauscher von dem gesamten Abgasstrom der Brennkraftmaschine durchströmt wird bzw. werden kann, sodass die gesamte Kondensationswärme der Abgase der Brennkraftmaschine in dem Wärmetauscher auf ein bevorzugt flüssiges Wärmeträgermedium, wie z. B. Kühlwasser, übertragen werden kann. Dadurch wird ein erheblicher Anteil, nämlich die erwähnten 6 bis 7 %, des Energiegehalts des Kraftstoffs einer weiteren Nutzung zugänglich gemacht. Infolgedessen wird der Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine verbessert und der Kraftstoffbedarf reduziert.

**[0009]** Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist darin zu sehen, dass die Sprühvorrichtung das Kondensat von außen auf einen an sich mit Luft gekühlten Kühler sprüht, sodass die den Wärmetauscher durchströmende Kühlluft durch die Verdampfung des Kondensats adiabat gekühlt wird und infolgedessen das den Kühler durchströmende zu kühlende Medium wirkungsvoller und auf niedrigere Temperaturen abgekühlt wird. Dadurch erhöht sich die Effizienz des Gesamtsystems weiter.

**[0010]** Weil die erfindungsgemäße Sprühvorrichtung das Kondensat bei Umgebungsdruck in die Kühlluft bzw. auf einen luftgekühlten Kühler sprüht, ist keine Fördervorrichtung oder Pumpe zur Druckerhöhung des Kondensats erforderlich. Die Druckdifferenz zwischen dem im Abgasrohr herrschenden Abgasdruck und dem Umgebungsdruck ist ausreichend, um das Kondensat vom Sammler durch die Sprühvorrichtung zu fördern.

**[0011]** Prinzipiell können alle luftgekühlten Kühler durch Sprühen des Kondensats in den Kühlluftstrom in ihrer Effizienz und Kühlleistung verbessert zu werden.

**[0012]** Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn der Kühler ein Ladeluftkühler der Brennkraftmaschine ist. Dann nämlich wird die verdichtete und dadurch erwärmte Ladeluft noch wirkungsvoller abgekühlt. Infolgedessen steigt die Zylinderfüllung und die Verbren-

nungstemperaturen sinken. Beide Effekte wirken sich positiv auf Emissionsverhalten und den Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine aus.

**[0013]** Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, dass der Kühler ein Kondensator einer Klimaanlage oder einer Adsorptionskältemaschine ist. Durch die erfindungsgemäß verbesserte Kühlleistung muss das Kältemittel der Klimaanlage auf einen weniger hohen Druck verdichtet werden und infolgedessen benötigt der Verdichter der Klimaanlage weniger Antriebsleistung. Im Ergebnis wird der Kälteprozess der Klimaanlage effizienter

**[0014]** In ähnlicher Weise gilt dies auch, wenn der Kühler Teil einer Absorptionskältemaschine, einer Dampfstrahlkältemaschine und/oder einer Dampfkraftmaschine ist. Bei allen diesen angesprochenen thermodynamischen Kreisprozessen wird der thermodynamische Wirkungsgrad verbessert, wenn die Wärmeabfuhr verbessert wird. Diese Verbesserung tritt durch das erfindungsgemäße Besprühen des luftgekühlten Kühlers mit Kondensat beziehungsweise das Eindüsen des Kondensats in die Kühlluft auf.

**[0015]** In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist zwischen Sammler und Sprühvorrichtung eine Kondensatleitung angeordnet. Weil das Druckniveau des Kondensats sehr niedrig ist, werden an diese Kondensatleitung keine besonderen Anforderungen gestellt.

**[0016]** Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der Sammler als trichterförmige Vertiefung im Rohrboden eines Abgasrohrs ausgebildet ist, so dass sich das Kondensat aufgrund der Schwerkraft in der trichterförmigen Vertiefung sammelt. Der optimale Abstand zwischen Wärmetauscher und Sammler kann oft empirisch ermittelt werden.

**[0017]** Es ist auch möglich, zwei oder mehr erfindungsgemäße Vorrichtungen hintereinander anzuordnen, wobei das Abgas der Brennkraftmaschine die beiden Vorrichtungen nacheinander durchströmt. Dann ist es möglich, die in den Abgasen enthaltenen Wärme auf zwei verschiedenen Temperaturniveaus abzuführen und somit eine noch weiter verbesserte Nutzung der Abwärme bei verschiedenen Temperaturen zu ermöglichen.

**[0018]** Außerdem kann das Kondensat zwei oder mehr Stellen gesammelt werden.

**[0019]** Dieses Kondensat kann auch auf mehrere Kühler verteilt werden. Selbstverständlich ist dies auch möglich, wenn nur ein Kondensatsammler vorhanden ist. Dann wird die Kondensatleitung aufgeteilt und es wird bei jedem Kühler, der durch Kondensat adiabat gekühlt werden soll, eine Sprühvorrichtung angeordnet.

**[0020]** Um das Kondensat mit größtmöglicher Effizienz und zumindest schon teilweise neutralisiert aus dem Abgas der Brennkraftmaschine abzuscheiden, ist erfindungsgemäß ein Wärmetauscher vorgesehen, der eine Gruppe von ersten Kanälen und eine Gruppe von zweiten Kanälen umfasst. Die Kanäle der ersten Gruppe werden von den Abgasen einer Brennkraftmaschine durchströmt, während die Kanäle der zweiten Gruppe von einer Kühlflüssigkeit durchströmt werden. Die Kanäle der ersten Gruppe werden von einem Schaum aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung begrenzt. Aluminium ist als Basis-Material der Wände der ersten Gruppe von Kanälen besonders geeignet, weil es die in den Abgasen enthaltenen sauren Bestandteile neutralisiert.

**[0021]** Diese neutralisierten Bestandteile können dann bspw. durch einen Filter vom Kondensat getrennt werden.

**[0022]** Ein Aluminiumschaum bzw. ein Schaum aus einer Aluminium-Zinklegierung ist deswegen besonders geeignet, weil er den Abgasen eine große Oberfläche bietet, sodass eine sehr effiziente Wärmeabfuhr aus dem Abgasstrom in das Kühl- bzw. Kältemittel erreicht wird. Die große Kontaktfläche zwischen dem Abgas und den Wänden der Kanäle begünstigt auch die Reduzierung der im Kondensat enthaltenen, kondensierenden Bestandteile.

**[0023]** Diese Reduzierung wird noch weiter gefördert, wenn dem Aluminium ein Zinkanteil zu legiert wird bzw. die Wände der ersten Gruppe von Kanälen mit einer Zinkschicht galvanisch beschichtet wird. Damit sind die im Kondensat enthaltenen, korrosiven Bestandteile mit einer noch höheren Umsetzungsrate neutralisierbar.

**[0024]** Die Wände der zweiten Gruppe von Kanälen bestehen aus einem herkömmlichen metallischen Rohrmaterial. Dieses Rohrmaterial ist durch Walzen oder Ziehen hergestellt und ist gas- und flüssigkeitsdicht.

**[0025]** Besonders geeignet hierfür sind Stahlrohre, sei es aus allgemeinem Baustahl oder aus Edelstahl. Die Materialwahl der Wände der zweiten Gruppe von Kanälen hängt von den Eigenschaften des Kühlmittels, welches die zweite Gruppe von Kanälen durchströmt, aber auch den Eigenschaften der Abgase ab.

**[0026]** Um einen erfindungsgemäßen Wärmetauscher herstellen zu können, werden die Wände der zweiten Gruppe von Kanälen in eine Gießform eingesetzt und anschließend wird der Metallschaum durch an sich bekannte gießtechnische Prozesse in die Form eingebracht. Dadurch entsteht ein Metallschaum und Metallverbund, mit den zuvor beschriebenen positiven Eigenschaften hinsichtlich Wärme-

übertragung und Reduzierung der korrosiven Bestandteile des Abgases.

[0027] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen entnehmbar. Alle in der Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein.

[0028] Es zeigen:

[0029] Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine,

[0030] Fig. 2 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0031] Fig. 3 zwei hintereinander geschaltete erfindungsgemäße Vorrichtungen,

[0032] Fig. 4 die Anordnung einer erfindungsgemäßen Sprühvorrichtung an einem Ladeluftkühler,

[0033] Fig. 5 die Integration der erfindungsgemäßen Sprühvorrichtung in einen Kältemittelkreislauf,

[0034] Fig. 6 die Einbindung einer erfindungsgemäßen Sprühvorrichtung in einen rechtsläufigen Kreisprozess zur Erzeugung mechanischer Energie,

[0035] Fig. 7 die Einbindung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in eine Dampfstrahlkältemaschine und

[0036] Fig. 8 einen erfindungsgemäßen Wärmetauscher.

#### Offenbarung der Erfindung

[0037] In der Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine schematisch und stark vereinfacht dargestellt. Die Brennkraftmaschine 7 umfasst einen Ansaugtrakt 9 und ein Abgasrohr 11.

[0038] Die Brennkraftmaschine 7 umfasst einen optionalen Abgasturbolader 15 mit einem Turbinenteil 17 und einem Verdichter 19 sowie einen optionalen Ladeluftkühler 13.

[0039] Die Strömungsrichtung der angesaugten Verbrennungsluft ist in der Fig. 1 durch einen ersten Pfeil 21 angedeutet, während die Strömungsrichtung der Abgase durch das Abgasrohr 11 durch einen zweiten Pfeil 23 angedeutet ist.

[0040] Stromabwärts des Abgasturboladers 15 sind in Strömungsrichtung hintereinander ein erfindungs-

gemäßer Abgaswärmetauscher 25 und ein erfindungsgemäßer Sammler 27 in das Abgasrohr 11 integriert.

[0041] An dem Ladeluftkühler 13 ist eine erfindungsgemäße Sprühvorrichtung 29 angebracht. Der Sammler 27 und die Sprühvorrichtung 29 sind über eine Kondensatleitung 31 miteinander verbunden.

[0042] An dem Wärmetauscher 25 sind eine Vorlaufleitung 33 und eine Rücklaufleitung 35 angedeutet. Über die genannten Leitungen 33 und 35 ist der erfindungsgemäße Wärmetauscher 25 in ein Kreislaufverbundsystem mit einem Wärmeverbraucher 37 verbunden. Eine Umwälzpumpe 39 fördert den flüssigen Wärmeträger durch die Leitungen 33 und 35.

[0043] Dieses Kreislaufverbundsystem überträgt die im Wärmetauscher 25 aus dem Abgas „gewonnene“ Abwärme auf den Wärmeverbraucher 37. Der Wärmetauscher 25 ist in dem Kreislaufverbundsystem die Abwärmequelle, die den Wärmeverbraucher 37 mit thermischer Energie versorgt.

[0044] Der Wärmeverbraucher 37 kann bspw. die Heizung eines Kraftfahrzeugs sein. Allerdings kann die Abwärme auch in verschiedensten anderen Wärmeverbrauchern verwendet werden.

[0045] In den Fig. 2 und Fig. 3 sind zwei Anordnungen einer erfindungsgemäßen Vorrichtung nochmals vereinfacht dargestellt. In der Fig. 2 ist gut zu erkennen, dass der Wärmetauscher 25 eine zylindrische Außenkontur aufweist, sodass er mit wenig Bauraumbedarf und optimal in das Abgasrohr 11 integriert werden kann. Die konstruktiven Details des erfindungsgemäßen Wärmetauschers werden weiter unten im Zusammenhang mit der Fig. 8 erläutert.

[0046] Stromabwärts des erfindungsgemäßen Wärmetauschers 25 ist der Sammler 27 im Abgasrohr 11 angeordnet. Er umfasst eine Vertiefung im Rohrboden des Abgasrohrs 11 und sammelt das Kondensat.

[0047] Das Abgas hat im Abgasrohr 11 stromabwärts des Abgaswärmetauschers 25 einen Druck  $p_{\text{Abgas}}$ , der höher ist als der Umgebungsdruck  $p_{\text{Umgebung}}$ .

[0048] Um den Austritt von Abgas durch die Kondensatleitung zu verhindern, ist in dem trichterförmigen Sammler 27 ein Schwimmer 41 vorgesehen ist, welcher den Ausgang des Sammlers 27 bzw. den Anschluss zu der Kondensatleitung 31 verschließt, wenn kein Kondensat in dem trichterförmigen Sammler 27 vorhanden ist. In der in Fig. 2 dargestellten Situation ist der trichterförmige Sammler 27 etwa zur Hälfte mit flüssigem Kondensat gefüllt, sodass der Schwimmer 41 schwimmt und eine hydraulische Verbindung zwischen dem Sammler 27 und der Sprühvorrichtung 29 freigibt.

**[0049]** Mit dem Bezugszeichen **43** ist ein Kühler angedeutet, der bspw. ein Ladeluftkühler oder ein anderer Kühler eines thermodynamischen Kreisprozesses sein kann.

**[0050]** Der Kühler **43** wird in der Regel von Kühlluft durchströmt; es handelt sich daher zumeist um einen luftgekühlten Kühler. Bevor die durch die Pfeile **45** angedeutete Kühlluft den Kühler **43** durchströmt, wird über die erfindungsgemäße Sprühvorrichtung **29** Kondensat in den Kühlluftstrom gesprüht oder eingedüst. Dadurch wird die Kühlluft adiabat gekühlt, sodass die Kühlluft beim Durchströmen des Kühlers **23** eine niedrigere Temperatur hat, als ohne die Zugabe von Kondensat. Infolgedessen wird das den Kühler **43** durchströmende Fluid, sei es gasförmig oder flüssig, weiter abgekühlt, was in vielen thermodynamischen Kreisprozessen vorteilhaft ist, weil es den Wirkungsgrad erhöht und den Energiebedarf verringert. Außerdem erhöht sich dadurch auch die Leistungsfähigkeit des Kühlers **43**.

**[0051]** In der Fig. 3 sind zwei erfindungsgemäße Vorrichtungen hintereinander im Abgasrohr **11** angeordnet. Aufgrund der stufenweisen Abkühlung des Abgases zuerst in dem ersten Wärmetauscher **25.1** und anschließend im zweiten Wärmetauscher **25.2** hat das Abgas unterschiedliche Temperaturen. Die Austrittstemperatur des Abgases aus dem ersten Wärmetauscher **25.1** ist in Fig. 3 mit  $T_{a,1}$  bezeichnet, während die Austrittstemperatur der Abgase aus dem zweiten Wärmetauscher **25.2** mit  $T_{a,2}$  bezeichnet ist. Es gilt dabei, dass  $T_{a,1}$  größer als  $T_{a,2}$  ist. Infolge dessen sammeln sich in den Sammlern **27.1** und **27.2** unterschiedlichen Menge an Kondensat. Auch sind die Temperaturen in den Rücklaufleitungen **35.1** und **35.2** der Wärmetauscher **25.1** und **25.2** verschieden. Die Austrittstemperatur des Wärmeträgers in der Rücklaufleitung **35.1** ist höher als in der in der Rücklaufleitung **35.2**. Diesen Effekt kann man sich zu Nutzen machen, indem man die beiden Wärmetauscher **25.1** und **25.2** an zwei verschiedene Wärmeverbraucher **37** (nicht dargestellt) anschließt, die Wärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus benötigen.

**[0052]** In der Fig. 3 sind zwei verschiedene Optionen der Nutzung des Kondensats aus den Sammlern **27.1** und **27.2** dargestellt. Zunächst ist es möglich, dass das die in den Sammlern **27.1** und **27.2** gesammelten Kondensatmengen in die Kühlluft eines Kühlers **34.1** eingedüst werden. Alternativ ist es auch möglich, dass nur das Kondensat des ersten Sammlers **27.1** über die Sprühvorrichtung **29.1** auf den ersten Kühler **43.1** gesprüht wird und das Kondensat des zweiten Sammlers **27.2** über die ebenfalls angedeutete Sprühvorrichtung **27.3** auf einen zweiten Kühler **43.3** gesprüht wird. Auch hier zeigt sich die große Flexibilität der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

**[0053]** In der Fig. 4 ist die Einbindung einer Sprühvorrichtung **29** in einen Kühlkreislauf für einen Ladeluftkühler **13** schematisch dargestellt. Bei diesem System ist der Ladeluftkühler **13** als Luft-Wasser-Wärmetauscher ausgebildet, und das Kühlwasser als Wärmeträgermedium wird in einem zweiten Luft-Wasser-Kühler **43** mit Hilfe von Umgebungsluft gekühlt. Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, dass in die Kühlluft, die den Kühler **43** durchströmt, mit Hilfe einer Sprühvorrichtung **29** Kondensat eingedüst wird, um die Kühlluft adiabat abzukühlen und somit das Kühlwasser in dem Kreislaufverbundsystem bestehend aus dem Ladeluftkühler **13** und dem Kühler **43** weitest möglich abzukühlen.

**[0054]** Es ist selbstverständlich auch möglich, den Ladeluftkühler als Luft/Luft-Kühler auszubilden, wie dies in der Fig. 1 angedeutet ist und die Sprühvorrichtung **29** dann in unmittelbarer Nähe des Ladekühlers **13** anzuordnen, sodass die Umgebungsluft, welche den Ladeluftkühler **13** durchströmt durch das Einsprühen von Kondensat abgekühlt wird.

**[0055]** In der Fig. 5 ist der Kreisprozess einer Klimaanlage oder Kältemaschine angedeutet. Mit dem Bezugszeichen **50** ist ein Verdampfer gekennzeichnet. Der Verdichter trägt das Bezugszeichen **47**, während eine Drossel mit dem Bezugszeichen **49** gekennzeichnet ist. Der Kondensator in diesem Kältemaschinenkreislauf ist mit dem Bezugszeichen **43** gekennzeichnet, weil er einem Kühler im Sinne der Erfindung entspricht. Dieser luftgekühlte Kondensator bzw. Kühler **43** wird ebenfalls mit Kondensat durch eine Sprühvorrichtung **29** abgekühlt. Anders ausgedrückt: In die Kühlluft, welche den Kühler **43** durchströmt, wird das Kondensat eingedüst und kühlt die Kühlluft ab wird. Dies führt dazu, dass der Kondensator bzw. der Kühler **43** auf einem niedrigerem Druckniveau betrieben werden kann, sodass die Arbeit des Verdichters **47** reduziert und somit der Energiebedarf der Maschinenkreislauf verringert wird.

**[0056]** In der Fig. 6 ist ein rechtsläufiger Kreisprozess dargestellt, bei dem in einer Entspannungsmaschine **51** mechanische Arbeit gewonnen wird. Auch hier gibt es einen Kondensator bzw. Kühler **43**, dessen Kühlluft mit Hilfe des Kondensat adiabat abgekühlt wird. Ein Verdampfer **50** und eine (Umwälz-) Pumpe **39** sind ebenfalls vorhanden.

**[0057]** In der Fig. 7 ist die Einbindung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in eine Dampfstrahlkälteanlage angedeutet. Eine Dampfstrahlkälteanlage ist seit etwa 100 Jahren Stand der Technik, sodass auf eine detaillierte Beschreibung verzichtet wird. Die Strahldüse wird mit dem Bezugszeichen **53** bezeichnet. Der Dampferzeuger hat das Bezugszeichen **55** und die Umwälzpumpe für das flüssige kondensierte Wasser, das Bezugszeichen **39**. Stromabwärts des im Dampferzeugers **55** verdampften Wassers kann

ein Wärmetauscher **57** zur Überhitzung des Dampfes eingesetzt werden. In manchen Anwendungsfällen ist es möglich, dass der Wärmetauscher **25** stromaufwärts des Dampferzeugers **55** in den Dampfkreislauf zur Vorwärmung eingesetzt werden.

**[0058]** In der **Fig. 8** ist ein erfindungsgemäßer Abgaswärmetauscher **25** in einer Isometrie vereinfacht dargestellt. In der **Fig. 8** ist gut zu erkennen, dass der Wärmetauscher **25** eine zylindrische Außenkontur hat, die einfach in ein Abgasrohr **11** integriert werden kann. Wie üblich, wird der Wärmetauscher **25** im Gegenstrom betrieben, d.h. die Vorlaufleitung **33** ist in Strömungsrichtung des Abgases **23** hinter dem Wärmetauscher **25** angeordnet und die Rücklaufleitung **35** ist am Eintritt des Abgases **23** in den Wärmetauscher **35** abgeschlossen.

**[0059]** Wie aus der **Fig. 8** gut zu erkennen ist, hat der Wärmetauscher **25** eine wabenförmige Struktur, die Kanäle bilden. In der ersten Gruppe von Kanälen **57** strömen die Abgase und in der zweiten Gruppe von Kanälen **59** strömt das Kühlwasser.

**[0060]** Die Wände **61**, welche die Kanäle **57** begrenzen sind aus einem Aluminium-Schaum, der eine möglichst große Oberfläche aufweist, hergestellt. Dadurch findet gleichzeitig mit der Kondensation des in dem Abgas vorhandenen Wasserdampf eine Reduktion der sauren Bestandteile der Abgase statt. Dieser Effekt kann noch weiter verbessert werden, wenn eine Aluminium-Zink-Legierung für die Herstellung der Wände **61** eingesetzt wird. Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, die Wände **61** galvanisch mit einer Zinkschicht zu versehen. Die Wände **61** sind nicht gasdicht und nicht flüssigkeitsdicht, weil solche Metallschäume zumindest teilweise offenporig sind.

**[0061]** Um eine Trennung der Abgase von dem in den zweiten Kanälen **59** strömenden Kühlwasser zu erreichen, sind die Wände **63** der Kühlwasserkanäle aus einem Rohr mit bspw. quadratischem Querschnitt ausgebildet. Dieses metallische Rohr ist durch Walzen bzw. durch Ziehen hergestellt und somit gas- und flüssigkeitsdicht.

**[0062]** Die Herstellung eines solchen Wärmetauschers kann durch Gießen erfolgen. Dabei werden zunächst die Rohre, welche die Wände **63** der Kanäle **59** bilden in eine Form eingesetzt und anschließend wird der Metallschaum durch einen an sich aus der Gießereitechnik bekannten Prozess in die Form eingebracht und bildet dort die Wände **61** der Kanäle **57**.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- EP 2161438 A2 [0003, 0003]
- EP 2375047 A2 [0005]
- US 2011/0002818 A1 [0006]

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erzeugen eines Kondensats aus den Abgasen einer Brennkraftmaschine (7) umfassend einen Wärmetauscher (25) und einen Sammler (27) für das Kondensat, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine Sprühvorrichtung (29) umfasst, und dass die Sprühvorrichtung (29) das Kondensat auf einen luftgekühlten Kühler (43, 13) sprüht.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kühler ein Ladeluftkühler (13) der Brennkraftmaschine (7) ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kühler (43) ein Kondensator einer Klimaanlage oder einer Adsorptionskältemaschine ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kühler (43) ein Teil einer Dampfstrahlkältemaschine und/oder einer Dampfkraftmaschine ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen Sammler (27) und Sprühvorrichtung (29) ein Schwimmer (41) angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen Sammler (27) und Sprühvorrichtung (29) eine Kondensatleitung (31) angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sammler (27) als trichterförmige Vertiefung im Rohrboden eines Abgasrohrs (11) ausgebildet ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei oder mehr Vorrichtungen vorgesehen sind, und dass der Abgasstrom die Vorrichtungen hintereinander durchströmt.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmetauscher eine Gruppe von ersten Kanälen (57) und eine Gruppe von zweiten Kanälen (59) umfasst, wobei die Kanäle (57) der ersten Gruppe von dem Abgas der Brennkraftmaschine (7) durchströmt werden, und wobei die Kanäle (59) der zweiten Gruppe von einer Kühlflüssigkeit durchströmt werden, dass die Kanäle (57) der ersten Gruppe von als Metallschaum ausgebildeten Wänden (61) begrenzt werden, dass dieser Metallschaum Aluminium, eine Aluminiumlegierung, Zink oder eine Zinklegierung enthält.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wände (61) der Kanäle (57) der ersten Gruppe aus einem Metallschaum aus einer Aluminium-Zink-Legierung bestehen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wände (61) der ersten Gruppe mit Zink beschichtet sind.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kanäle (59) der zweiten Gruppe aus einem Metallrohr, bevorzugt aus Stahl oder Edelstahl, begrenzt werden.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kanäle (57) der ersten Gruppe und die Kanäle (59) der zweiten Gruppe einander abwechselnd angeordnet sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kanäle (57) der ersten Gruppe und/oder die Kanäle (59) der zweiten Gruppe einen quadratischen oder rechteckigen Querschnitt aufweisen.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

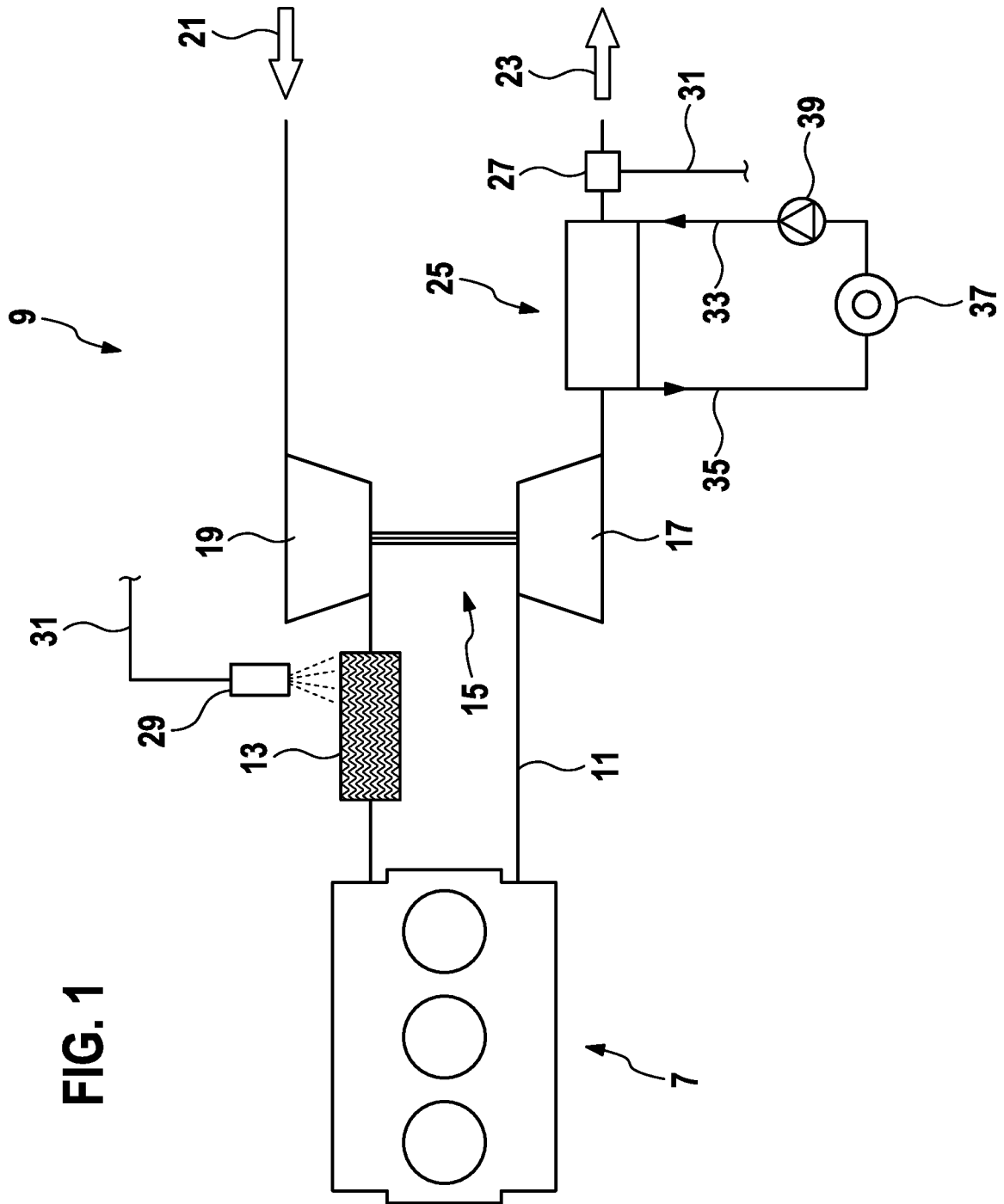


FIG. 1

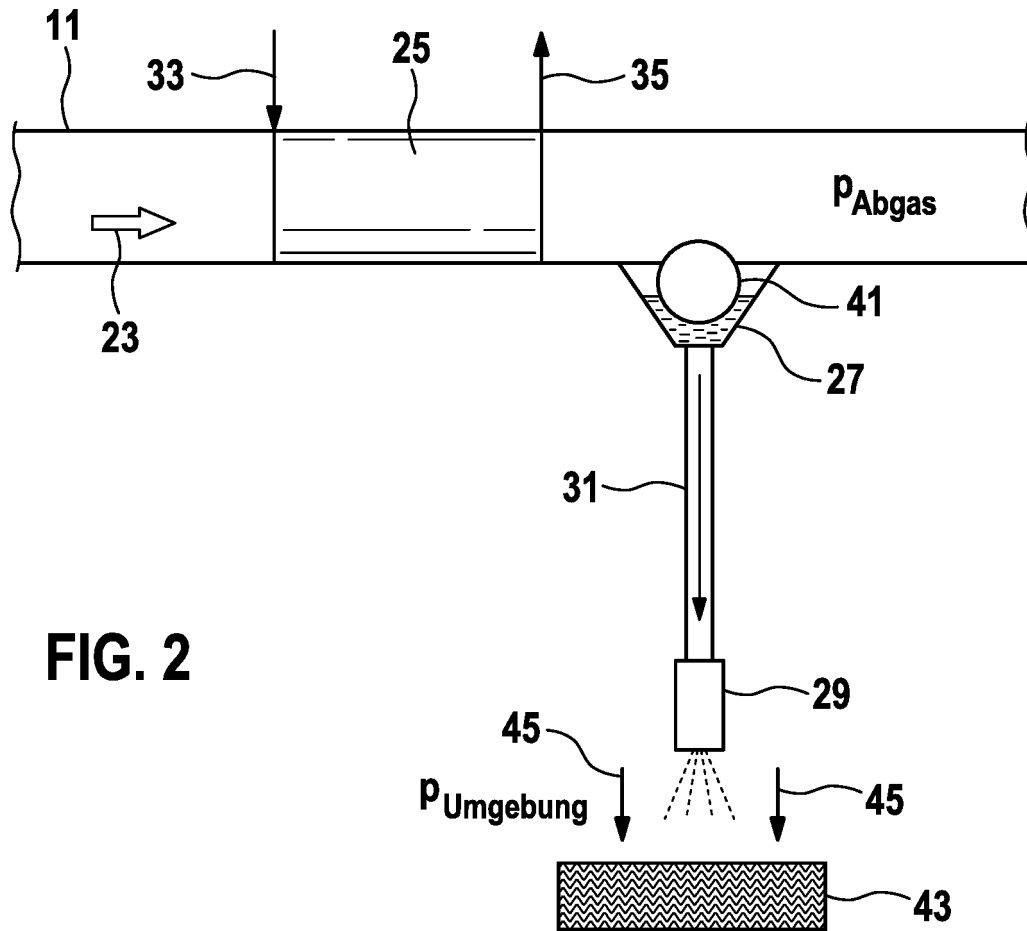


FIG. 2

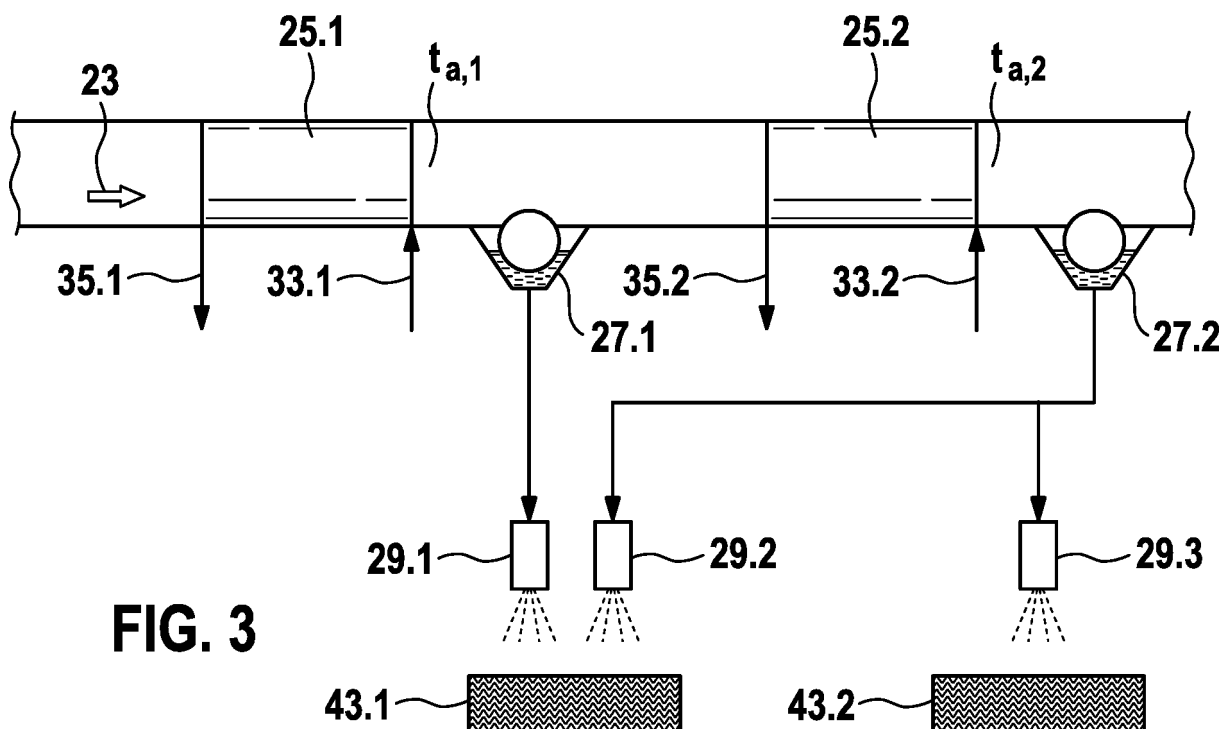
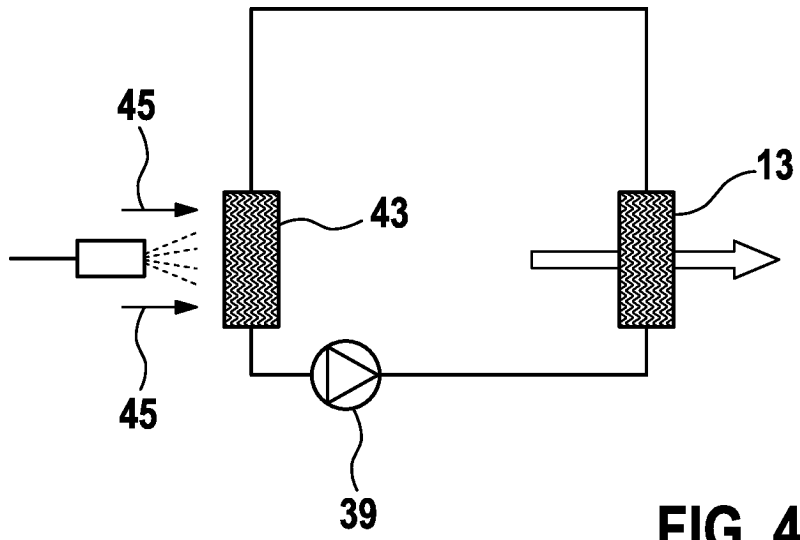
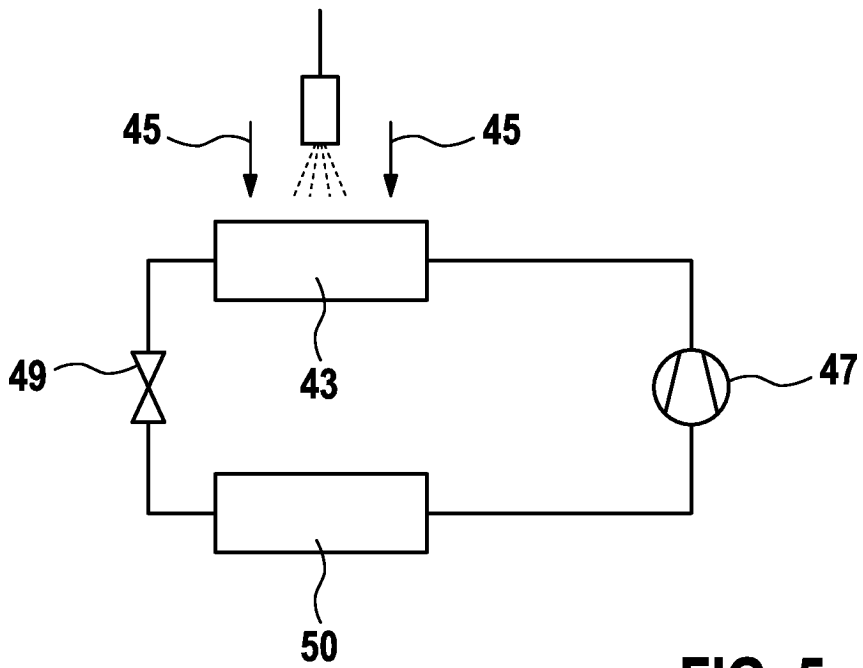


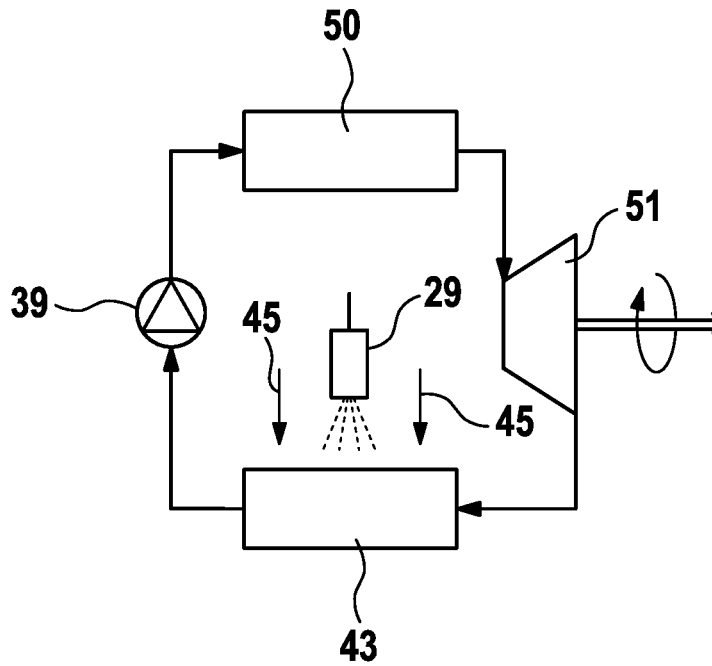
FIG. 3



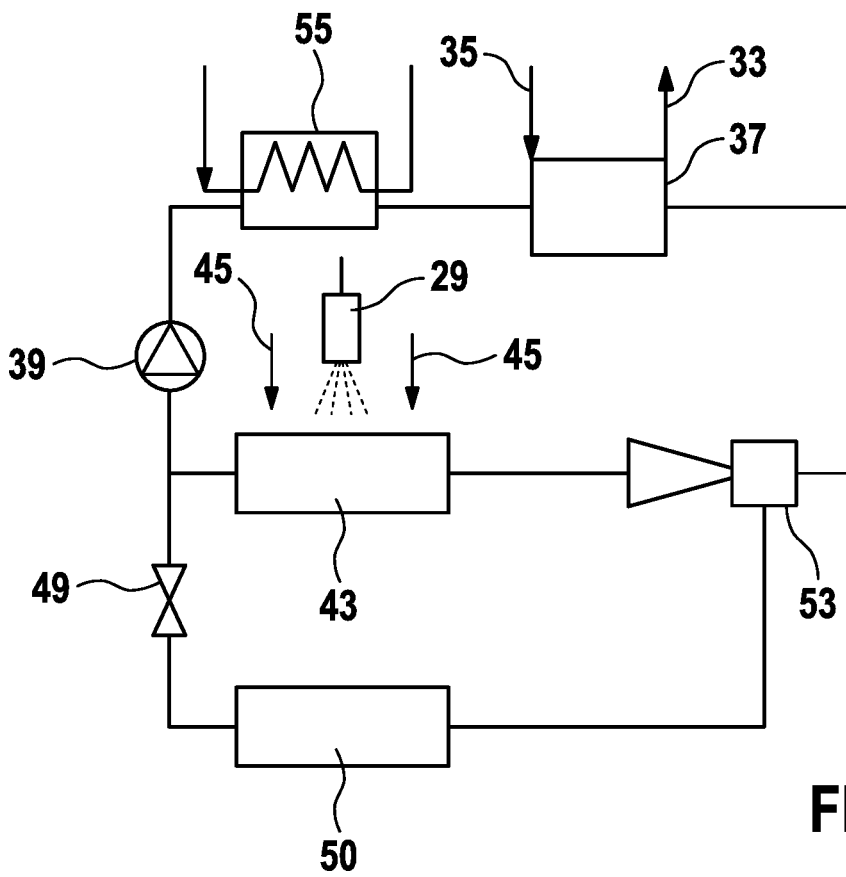
**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG. 6**



**FIG. 7**

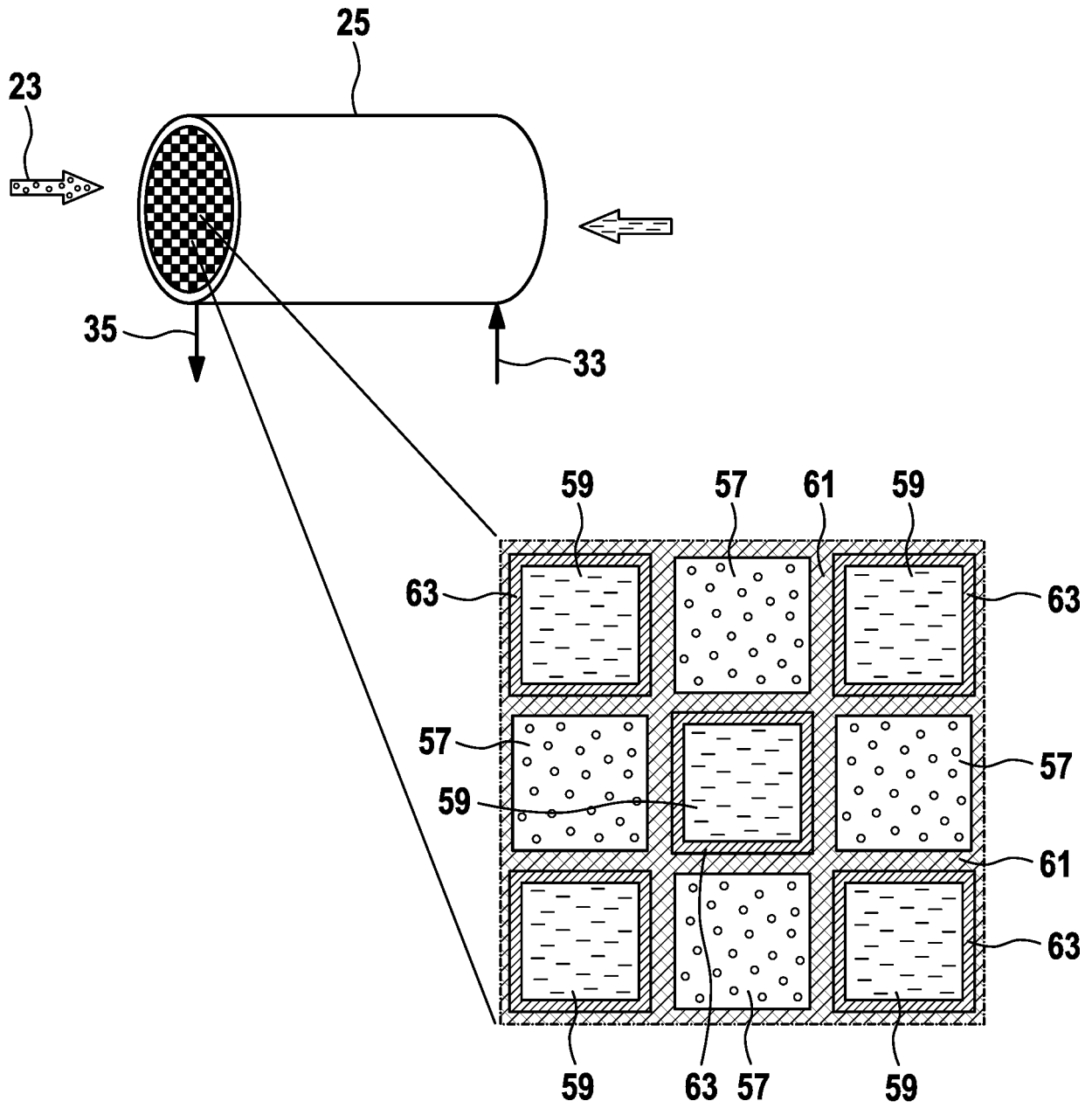


FIG. 8