



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.06.2022 Patentblatt 2022/22

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F26B 3/04 (2006.01) F26B 15/12 (2006.01)
F26B 21/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21203284.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F26B 3/04; F26B 15/12; F26B 21/04; F26B 2210/12

(22) Anmeldetag: **18.10.2021**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL 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 RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Volkswagen Aktiengesellschaft**
38440 Wolfsburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Glett, Pascal**
38122 Braunschweig (DE)
• **Meiners, Christian-André**
38527 Wedesbüttel (DE)
• **Bürmann, Andreas**
38518 Gifhorn (DE)
• **Frerichs, Carsten**
38110 Braunschweig (DE)

(30) Priorität: **05.11.2020 DE 102020213945**

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM TROCKNEN EINES WERKSTÜCKS MIT KASKADIERENDER WÄRMEZUFUHR**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (10) und ein Verfahren zum Trocknen eines Werkstückes, wie beispielsweise einer Fahrzeugkarosserie nach dem Lackieren. Dabei weist die Vorrichtung (10) mindestens zwei Aufheizzonen (20, 30) auf. In der Aufheizzone (30) mit höherem Temperaturbedarf wird die Abluft abgezogen und der Aufheizzone (20) mit dem geringeren Tempera-

turbedarf als Zuluft zugeführt. Da die Abluft der wärmeren Aufheizzone (30) noch immer eine recht hohe Temperatur aufweist, kann in der Aufheizzone (20) mit der geringeren Temperatur ein Wärmetauscher entfallen. Dadurch können Bauraum, Energie und Kosten eingespart werden.

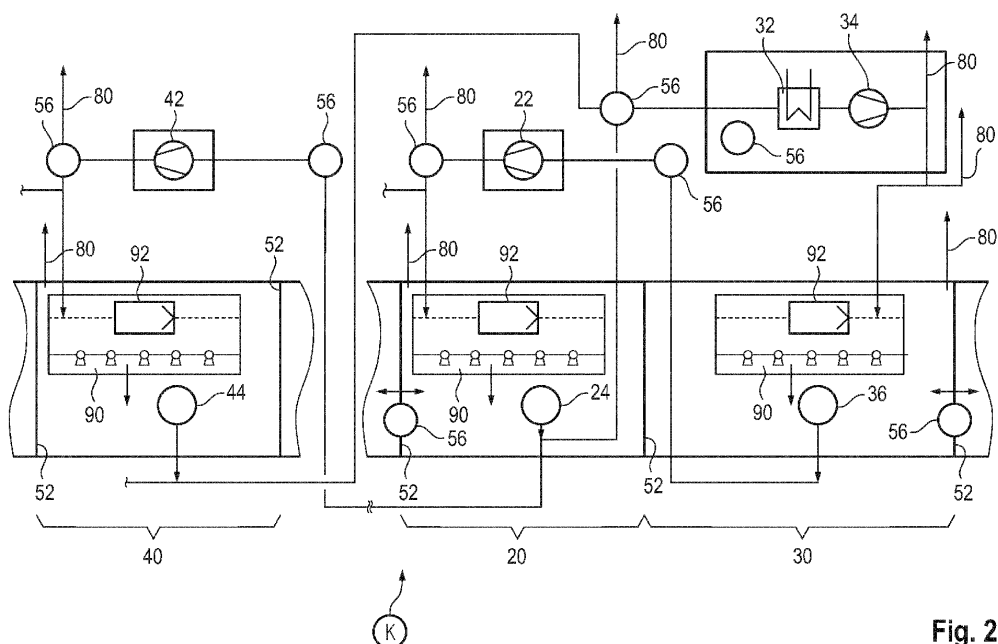


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Trocknen eines Werkstückes, wobei das Werkstück durch mindestens zwei Aufheizzone bewegt wird. Die Abluft der wärmeren Aufheizzone wird der kühleren Aufheizzone zugeführt.

[0002] Lackierte Werkstücke müssen getrocknet werden. Dazu werden sie üblicherweise in Trocknungsanlagen, auch Trocknertunnel genannt, eingebracht, wo sie in einem Aufheizbereich nach und nach auf die Trocknungstemperatur aufgeheizt werden. Der eigentliche Trocknungsprozess bedingt das Erreichen einer Zieltemperatur, die für eine Mindestzeit gehalten wird. Dies geschieht vor allem in der Haltezone. Anschließend wird das Werkstück in einem Kühlbereich nach und nach abgekühlt. Sowohl Aufheizbereich als auch Kühlbereich können jeweils mehrere Zonen aufweisen, denen jeweils eine individuell temperierte Luft zugeführt wird. Bemessungsgrößen für Trocknungsanlagen sind die übertragene Wärmemenge und die erforderliche Mindestumlufmenge, die zur Wärmeübertragung an der Oberfläche des Werkstücks erforderlich ist.

[0003] Im Aufheizbereich ist bislang vorgesehen, dass jeder Aufheizzone ein Wärmetauscher zugeordnet ist, der den zugeführten Luftstrom temperiert. Die Wärme wird aus elektrischer Energie, mittels Verbrennung fossiler Energieträger oder Rekuperation aus Prozessabluft gewonnen.

[0004] Die erwärmte Luft wird mittels Luftfördereinrichtungen, wie beispielsweise Ventilatoren, in die Aufheizzone eingebracht. Diese erzeugen die abschnittsweise erforderlichen Luftströme. Da ein stetiger, stets temperierter Nachstrom an Trocknungsluft sichergestellt sein muss, wird die Luft aus der jeweiligen Aufheizzone abgeführt und dem Wärmetauscher ganz oder teilweise wieder zugeführt und/oder gänzlich aus der Anlage abgeführt. In der Folge muss jede Aufheizzone einen Wärmetauscher und eine Luftfördereinrichtung aufweisen, wodurch ein erheblicher Platz- und Ressourcenaufwand, und damit auch Kosten bedingt sind.

[0005] Insbesondere im Fahrzeugbau kommt erschwerend hinzu, dass moderne Fahrzeugkarosserien immer komplexer werden und damit in konventionellen Trockneranlagen nur schwierig zu erwärmen sind. Gerade Elektrofahrzeuge weisen aufgrund des verstärkten Seitenaufprallschutzes hohe Anforderungen an die Erwärmung im Trocknungsprozess auf.

[0006] Daher liegt eine Aufgabe der Erfindung darin, eine Trocknungsvorrichtung beziehungsweise ein Trocknungsverfahren bereitzustellen, so dass die Anzahl und die Dimensionierung insbesondere der Wärmetauscher und der Luftfördereinrichtungen optimiert werden.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst mit einer Vorrichtung nach Anspruch 1 und einem Verfahren nach Anspruch 10. Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

[0008] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Trocknen eines Werkstückes ist mit mindestens zwei Aufheizzone gebildet, wobei die erste Aufheizzone einen geringeren Temperaturbereich bereitstellt als die zweite Aufheizzone. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass die erste Aufheizzone mit einer ersten Luftfördereinrichtung und die zweite Aufheizzone mit einem Wärmetauscher, einer zweiten Luftfördereinrichtung und einer Ablufteinrichtung ausgebildet ist und dass die Ablufteinrichtung der zweiten Aufheizzone mit der ersten Aufheizzone derart verbunden ist, dass eine Abluft der zweiten Aufheizzone zumindest teilweise mittels der ersten Luftfördereinrichtung der ersten Aufheizzone zuzuführen ist.

[0009] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann damit Teil eines Trocknungstunnels sein. Dieser kann weitere Aufheizzone aufweisen, die jeweils eigene Wärmetauscher aufweisen und/oder mehrere, auf die erfindungsgemäße Weise miteinander verbundene Aufheizzone.

[0010] Die erste Aufheizzone ist in der Trocknungsvorrichtung bezogen auf die Durchlaufrichtung des Werkstückes vor der zweiten Aufheizzone angeordnet, wird also zuerst von dem Werkstück durchlaufen. Die Temperatur ist hier niedriger als in der zweiten Aufheizzone. Die erste und die zweite Aufheizzone können bevorzugt benachbart angeordnet sein, es können aber auch eine oder mehrere Aufheizzone und/oder (Zwischen-)Haltezone dazwischen vorgesehen sein. Das Werkstück kann beispielsweise eine Fahrzeugkarosserie sein, aber auch jedes andere Werkstück, das eine Oberflächenbeschichtung erfährt, die unter Temperatureinwirkung getrocknet werden muss.

[0011] Zum Erwärmen des Trocknungsluftstroms für die zweite Aufheizzone ist ein Wärmetauscher vorgesehen, dessen Wärme sowohl eigens erzeugt werden kann, als auch durch Rekuperation aus einer Prozessabluft gewonnen werden kann. Mittels der zweiten Luftfördereinrichtung, die beispielsweise als Ventilator ausgeführt sein kann, wird die erwärmte Luft in die zweite Aufheizzone eingebracht. Der Wärmetauscher und die zweite Luftfördereinrichtung können einzeln oder in einem gemeinsamen Aggregat vorgesehen sein.

[0012] In der zweiten Aufheizzone wird die erwärmte Luft nun mittels einer Verteileinrichtung um das zu trocknende Werkstück verteilt. Die Verteilung kann lagenweise und/oder punktuell erfolgen. Vorzugsweise wird das zu trocknende Werkstück bedarfsgerecht aus allen Richtungen von der erwärmten Luft umstrichen, das heißt der Luftstrom wird an das zu trocknende Werkstück und den erforderlichen Trocknungsprozess angepasst.

[0013] Es ist dabei von Vorteil, wenn die zugeführte erwärmte Luft durch einen Abscheider geführt wird, bevor sie aus der Verteileinrichtung austritt, um die Zufuhr und Verteilung von Fremdkörpern auf das zu trocknende Werkstück zu verhindern. Dieser Abscheider kann jedoch auch an anderer Stelle vorgesehen sein.

[0014] In der zweiten Aufheizzone ist eine Ablufteinrichtung vorgesehen, um die Trocknungsluft nach dem

Umströmen des zu trocknenden Werkstückes abzuführen. Sie kann die Trocknungsluft lagenweise und/oder punktuell aus der zweiten Aufheizzone abführen. Vorzugsweise wird die Trocknungsluft durch die Ablufteinrichtung abgesaugt.

[0015] Die Ablufteinrichtung der zweiten Aufheizzone ist mit der ersten Aufheizzone verbunden, um dieser die abgeführte Trocknungsluft der zweiten Aufheizzone zumindest teilweise zuzuführen. Dabei weist die erste Aufheizzone eine erste Luftfördereinrichtung auf, um den Luftstrom in die erste Aufheizzone zu fördern. Auch diese erste Luftfördereinrichtung kann als Ventilator ausgebildet sein. Die Abluft der zweiten Aufheizzone muss dabei nicht vollumfänglich der ersten Aufheizzone zugeführt werden, es kann auch vorgesehen sein, sie teilweise aus der Vorrichtung abzuführen.

[0016] Die Luft wird in der ersten Aufheizzone verteilt, vorzugsweise mit einer Verteileinrichtung. Auch diese Verteileinrichtung kann eine lagenweise und/oder punktuelle Luftzufuhr in die erste Aufheizzone bereitstellen und vorteilhafterweise auch einen Abscheider aufweisen, um Fremdstoffe in der Abluft der zweiten Aufheizzone zu entfernen.

[0017] Die Abluft aus der zweiten Aufheizzone weist zwar eine geringere Temperatur auf, als sie zum Zeitpunkt der Temperierung durch den dortigen Wärmetauscher hatte, sie ist aber noch ausreichend temperiert, um eine Aufheizzone mit einem niedrigeren Temperaturbedarf zu versorgen. Diese kann die benachbarte Aufheizzone sein, sie kann aber auch eine beliebige andere Aufheizzone im Aufheizbereich der Vorrichtung sein, für die die Ablufttemperatur der zweiten Aufheizzone ausreichend zum Erwärmen des Werkstückes ist. Ist eine (Zwischen-) Haltezone mit einem niedrigeren Temperaturbedarf vorgesehen, kann ein Teil der Abluft der zweiten Aufheizzone optional auch dieser zugeführt werden.

[0018] Das Zusammenwirken zwischen erster und zweiter Aufheizzone, also die Zufuhr der Abluft der zweiten Aufheizzone in die erste Aufheizzone wird nachfolgend auch als Kaskade bezeichnet. Wie bereits ausgeführt, kann eine Vorrichtung zum Trocknen eines Werkstückes mit mehreren Kaskaden ausgebildet sein.

[0019] Durch die Weiterverwendung der warmen Abluft in einer Aufheizzone mit geringerem Temperaturbedarf kann ein Wärmetauscher an dieser Aufheizzone entfallen. Damit können erhebliche Betriebskosten und Bauraum eingespart werden. Durch den Entfall des Wärmetauschers in der ersten Aufheizzone besteht zudem ein geringerer Differenzdruck zwischen der zugeführten Luft und der Luft in der ersten Aufheizzone, der durch die erste Luftfördereinrichtung überwunden werden muss. Dadurch kann die erste Luftfördereinrichtung in Abhängigkeit von den erforderlichen Umluftströmen auch kleiner ausgeführt werden, als es bei der Zufuhr nicht erwärmter oder weniger erwärmter Luft notwendig wäre. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der Temperaturunterschied zwischen der der ersten Aufheizzone zugeführten Luft und dem zu erwärmenden Werkstück gering

ist, so dass die thermische Belastung des Werkstückes geringer ausfällt.

[0020] In einer ersten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die erste Aufheizzone eine Ablufteinrichtung aufweist, die mit der zweiten Aufheizzone derart verbunden ist, dass eine Abluft der ersten Aufheizzone zumindest teilweise dem Wärmetauscher der zweiten Aufheizzone zuzuführen ist. Da die Abluft der ersten Aufheizzone immer noch eine vergleichsweise hohe Temperatur aufweist, erweist es sich als vorteilhaft, diese dem Wärmetauscher der zweiten Aufheizzone zuzuführen und auf die dort erforderliche Temperatur zu erwärmen. Im Vergleich zur Zufuhr von nicht temperierter Luft und deren Erwärmung kann auf diese Weise erheblich Energie eingespart werden. Um die Abluft der ersten Aufheizzone abzuführen, ist eine Ablufteinrichtung vorgesehen und mit der zweiten Aufheizzone, insbesondere deren Wärmetauscher verbunden. Die Luft der ersten Aufheizzone kann durch die Ablufteinrichtung lagenweise und/oder punktuell aus der ersten Aufheizzone abgeführt, insbesondere abgesaugt werden.

[0021] Eine andere Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, dass die Vorrichtung eine weitere Aufheizzone aufweist, die einen geringeren Temperaturbereich bereitstellt als die erste Aufheizzone, die weitere Aufheizzone eine weitere Luftfördereinrichtung aufweist und die Ablufteinrichtung der ersten Aufheizzone mit der weiteren Aufheizzone derart verbunden ist, dass eine Abluft der ersten Aufheizzone zumindest teilweise mittels der weiteren Luftfördereinrichtung in die weitere Aufheizzone zuzuführen ist.

[0022] Es ist also neben der ersten und der zweiten Aufheizzone eine weitere Aufheizzone vorgesehen, deren Temperaturbedarf geringer als der der ersten Aufheizzone ist. Das zu trocknende Werkstück durchläuft zuerst diese weitere Aufheizzone, bevor es den anderen beiden Aufheizonen zugeführt wird. Wie schon mit Bezug zu der ersten und zweiten Aufheizzone ausgeführt, müssen die erste, zweite und weitere Aufheizzone nicht jeweils miteinander benachbart sein, auch wenn dies durchaus von Vorteil ist.

[0023] Auch die weitere Aufheizzone weist eine Luftfördereinrichtung auf, um einen Strom erwärmter Luft in die weitere Aufheizzone einzubringen. Die Ablufteinrichtung der ersten Aufheizzone stellt die Abluft der ersten Aufheizzone bereit, so dass diese mittels der weiteren Luftfördereinrichtung zumindest teilweise in die weitere Aufheizzone eingebracht wird. Hinsichtlich der Luftverteilung in der weiteren Aufheizzone gilt das zur ersten und zweiten Aufheizzone Gesagte. Diese Ausgestaltung erlaubt die Einsparung eines weiteren Wärmetauschers.

[0024] Die weitere Aufheizzone kann, wie auch die erste Aufheizzone, eine Ablufteinrichtung aufweisen. Die aus der weiteren Ablufteinrichtung abgeführte Luft kann zumindest teilweise dem Wärmetauscher der zweiten Aufheizzone zugeführt werden.

[0025] Es kann aber auch vorgesehen sein, dass noch

weitere Aufheizzone mit jeweils geringerem Temperaturbedarf mit der Abluft einer Aufheizzone mit höherem Temperaturbedarf beaufschlagt werden, um weitere Wärmetauscher einzusparen. Bedingung dafür ist, dass die Abluft jeweils noch eine ausreichende Temperatur für die zu versorgende Aufheizzone aufweist. Damit kann eine Kaskade beliebig verlängert werden.

[0026] Alternativ oder zusätzlich kann die Vorrichtung eine Eingangsschleuse aufweisen, die mit der Ablufteinrichtung der ersten Aufheizzone und/oder mit einer Ablufteinrichtung der weiteren Aufheizzone derart verbunden ist, dass die Abluft der ersten Aufheizzone und/oder die Abluft der weiteren Aufheizzone zumindest teilweise der Eingangsschleuse zuzuführen ist. Demnach kann die Abluft der ersten und/oder der weiteren Abluftzone genutzt werden, um bereits in der Eingangsschleuse der Vorrichtung zum Trocknen eines Werkstückes eine geeignete Eingangstemperatur bereitzustellen, ohne dass dafür ein eigener Wärmetauscher bereitgestellt werden muss. In Abhängigkeit von den vorherrschenden Druckverhältnissen und einem gegebenenfalls erforderlichen Luftstrom kann dabei eine Luftfördereinrichtung in der Eingangsschleuse erforderlich sein. Die Abluft der ersten und/oder der weiteren Aufheizzone kann die einzige Zuluft für die Eingangsschleuse sein, sie kann aber auch mit Frischluft gemischt der Eingangsschleuse zugeführt werden.

[0027] In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist diese eine Einrichtung zur thermischen Nachverbrennung auf, der die Abluft mindestens einer der Aufheizzone zuzuführen ist. Während des Trocknungsprozesses beziehungsweise dem Durchführen des Werkstückes durch die Aufheizzone können aus dem Werkstück und insbesondere aus der zu trocknenden Beschichtung des Werkstückes, wie beispielsweise Lacken, organische Verbindungen (auch bezeichnet als VOC, volatile organic compound) austreten. Einrichtungen zur thermischen Nachverbrennung dienen dazu, diese organischen Verbindungen aus der Abluft zu entfernen. Dazu wird die Abluft bei Temperaturen über 500°C einer thermischen Verbrennung unterzogen. Der Einrichtung zur thermischen Nachverbrennung kann die Luft einer oder mehrerer oder jeder der beschriebenen Aufheizzone zugeführt werden, zumindest jedoch der Anteil, der nicht einer anderen Verwendung in der Vorrichtung zugeführt wird.

[0028] Vorzugsweise ist die Einrichtung zur thermischen Nachverbrennung mit dem Wärmetauscher der zweiten Aufheizzone verbunden, so dass die Abluft der Einrichtung zur thermischen Nachverbrennung dem Wärmetauscher der zweiten Aufheizzone zuzuführen ist. Auf diese Weise kann die Abluft der Einrichtung zur thermischen Nachverbrennung zur Erwärmung der Zuluft für die zweite Aufheizzone verwendet werden, so dass der Energiebedarf zur Erwärmung der Zuluft für die zweite Aufheizzone verringert werden kann.

[0029] Eine ebenfalls vorteilhafte Weiterbildung der Vorrichtung liegt vor, wenn zwischen der Eingangs-

schleuse und der benachbarten Aufheizzone und/oder jeweils zwischen zwei benachbarten Aufheizzone eine Zonentrennung ausgebildet ist. Unter einer Zonentrennung kann im einfachsten Fall eine Schleuse verstanden werden, um den Luft- und damit auch den Temperatur-
5 austausch zwischen benachbarten Zonen zu verhindern oder zumindest zu vermindern, um so das gewünschte Temperaturregime entlang einer Vorrichtung zum Trocknen eines Werkstückes aufrechtzuerhalten. Auch dies dient einer weiteren Energieeinsparung. Benachbarte Aufheizzone
10 können in diesem Zusammenhang die erste und die zweite Aufheizzone und/oder die erste und die weitere Aufheizzone sein, sofern sie unmittelbar benachbart sind, es schließt aber auch Aufheizzone oder gegebenenfalls (Zwischen-)Haltezone ein, die nicht Teil der erfindungsgemäßen Kaskade sind.

[0030] An einer Zonentrennung, vor oder nach einer Luftfördereinrichtung und/oder am Wärmetauscher der zweiten Aufheizzone kann eine Einrichtung zur Frischluftzufuhr angeordnet sein. Dies kann jede beliebige der Zonentrennungen entlang der Vorrichtung zum Trocknen eines Werkstückes und jede der dort eingesetzten Luftfördereinrichtungen einschließen. Eine Einrichtung zur Frischluftzufuhr dient dazu, dem Trocknungsluftstrom Frischluft aus der Umgebung zuzuführen. Dies kann im Rahmen einer Temperaturanpassung erfolgen, aber auch um aus dem System abgeführte Luft zu ersetzen. Die Frischluft kann an den genannten Stellen dem Umluftkreislauf zugeführt und bevorzugt mit einer Misch-
einrichtung mit diesem vermischt werden. Optional kann die Frischluft an einem Wärmetauscher vorbeigeführt und temperiert werden oder die Einrichtung zur Frischluftzufuhr kann die Frischluft vorwärmen. Eine Einrichtung zur Frischluftzufuhr am Wärmetauscher der zweiten Aufheizzone kann vor dem dortigen Wärmetauscher angeordnet sein oder in diesen integriert sein.

[0031] Alternativ oder zusätzlich zu den genannten Ausgestaltungen kann die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Haltezone aufweisen, die einen definierten Temperaturbereich zum Trocknen des Werkstückes bereitstellt, wobei die Haltezone einen Haltezonewärmetauscher, eine erste Haltezonenuftfördereinrichtung und eine Haltezonenuftablußeinrichtung aufweist und die Haltezone eine zweite Haltezonenuftfördereinrichtung aufweist, und die Haltezonenuftablußeinrichtung derart mit der zweiten Haltezonenuftfördereinrichtung verbunden ist, dass die Abluft der Haltezonenuftablußeinrichtung zumindest teilweise mittels der zweiten Haltezonenuftfördereinrichtung der Haltezone wieder zuzuführen ist und/oder die Haltezonenuftablußeinrichtung mit einer Luftfördereinrichtung einer Aufheizzone derart verbunden ist, dass die Abluft der Haltezonenuftablußeinrichtung zumindest teilweise mittels der Luftfördereinrichtung der Aufheizzone dieser zuzuführen ist.

[0032] Es kann also eine Kaskade innerhalb der Haltezone und/oder übergreifend zwischen der Haltezone und einer Aufheizzone ausgebildet werden.

[0033] Unter einem definierten Temperaturbereich soll

eine Temperaturspanne verstanden werden, die über eine Mindestzeit gehalten werden muss, um das Werkstück zu trocknen. Dies kann der höchste Temperaturbereich innerhalb der Trocknungsanlage sein, es kann aber auch gewünscht sein, in einer Haltezone einen geringeren Temperaturbereich bereitzustellen. Im Sinne der zweiten Alternative dieser Ausgestaltung ist davon auszugehen, dass der definierte Temperaturbereich zumindest höher als der Temperatur wenigstens einer Aufheizzone ist, in die die Abluft der Haltezone geführt werden soll.

[0034] Wenn beispielsweise der Temperaturverlust einer Abluft aus der Haltezone im Vergleich zu ihrer Eingangstemperatur sehr gering ist, kann die Temperatur immer noch ausreichend hoch sein, so dass die Abluft der Haltezone ihr wieder zugeführt werden kann. Die Trocknungsluft wird dazu mittels des Haltzonenwärmetauschers auf die erforderliche Temperatur erhöht und mittels der ersten Haltezonenuftfördereinrichtung in die Haltezone eingebracht. Die dort vorgesehene Haltezonenablufteinrichtung führt die Luft aus der Haltezone ab und ist mit einer zweiten Haltezonenuftfördereinrichtung verbunden, die die Abluft der Haltezone zumindest teilweise wieder der Haltezone zuführt. Diese Variante ist vorteilhaft auch dann zu verwenden, wenn die Abluft der Haltezone an deren Anfang oder Ende wieder eingebracht werden kann, wo in unmittelbarer Nachbarschaft mit dem Aufheizbereich beziehungsweise dem Kühlbereich eine etwas geringere Temperatur als im übrigen Bereich der Haltezone unschädlich ist.

[0035] Die Haltezone kann zudem eine zweite Haltezonenablufteinrichtung aufweisen, die die Abluft der Haltezone deren Wärmetauscher oder einer thermischen Nachverbrennung zuführt.

[0036] Alternativ oder zusätzlich kann die Haltezonenablufteinrichtung mit einer beliebigen Luftfördereinrichtung einer der in der Vorrichtung zum Trocknen eines Werkstückes vorhandenen Aufheizzone verbunden sein und dieser die Haltezonenabluft zuführen. Dies gilt insbesondere für Aufheizzone ohne eigenen Wärmetauscher.

[0037] Grundsätzlich kann das Prinzip der kaskadierenden Zufuhr von Trocknungsluft auch allein für die Haltezone vorgesehen sein.

[0038] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren, bei dem ein Werkstück durch mindestens zwei Aufheizzone bewegt wird, wobei eine erste Aufheizzone einen geringeren Temperaturbereich bereitstellt als eine zweite Aufheizzone, eine Trocknungsluft erwärmt und in die zweite Aufheizzone eingebracht wird und die Abluft der zweiten Aufheizzone der ersten Aufheizzone zugeführt wird. Die Abluft der wärmeren Aufheizzone wird der kühleren Aufheizzone also zugeführt, ohne dass sie eine weitere Erwärmung erfährt. Vorzugsweise kann das Verfahren mit der vorstehend offenbarten Vorrichtung ausgeführt werden.

[0039] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren kann innerhalb einer

Trocknungseinrichtung die Anzahl von Wärmetauschern deutlich reduziert werden, so dass der Platzbedarf und die Kosten für eine solche Anlage sinken. Zudem wird der Energiebedarf der Anlage deutlich gesenkt. Weiterhin können Luftfördereinrichtungen kleiner dimensioniert werden. Je nach konkreter Ausgestaltung des Temperaturregimes in der Anlage kann die thermische Belastung für das Werkstück geringer ausfallen, wenn in benachbarten Aufheizzone nur geringe Temperaturunterschiede auftreten.

[0040] Die verschiedenen in dieser Anmeldung genannten Ausführungsformen der Erfindung sind, sofern im Einzelfall nicht anders ausgeführt, mit Vorteil miteinander kombinierbar.

[0041] Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Übersicht über eine beispielhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung, und

Figur 2 eine Detailansicht zu einer erfindungsgemäßen Kaskade.

[0042] Figur 1 zeigt schematisch, wie eine erfindungsgemäße Vorrichtung 10 zum Trocknen eines Werkstückes, insbesondere einer Fahrzeugkarosserie nach dem Lackieren, ausgestaltet sein kann. Das Werkstück durchfährt die Vorrichtung 10 von links nach rechts.

[0043] Die Vorrichtung 10 ist als Trocknertunnel mit vier Aufheizzone 20, 30, 70.1 und 70.2, einer Haltezone 60, drei Kühlzone 76.1, 76.2, 76.3, einer Eingangsschleuse 50, einer Ausgangsschleuse 74, sowie einer sonstigen Schleuse 78 gebildet. Die Aufheizzone 70.1 und 70.2 sind Aufheizzone nach herkömmlicher Art und sind jeweils mit einem sonstigen Wärmetauscher 72 verbunden. Die Zufuhr beziehungsweise der Austausch erwärmter Luft in die Aufheizzone 70.1 und 70.2 ist durch Doppelpfeile veranschaulicht.

[0044] Auch die Eingangsschleuse 50 und die Ausgangsschleuse 74 werden mit erwärmter Zuluft aus Wärmetauschern 72 versorgt. Der erste Wärmetauscher 72a, in Figur 1 ganz links dargestellt, bezieht Frischluft 56, die dann dem gesamten System zugeführt wird.

[0045] Der Trocknertunnel 10 ist mit einer Haltezone 60 und einer Einrichtung 54 zur thermischen Nachverbrennung ausgebildet, so dass die Abluft der Haltezone 60 durch eine thermische Nachverbrennung gereinigt werden kann. Die Abluft der Einrichtung 54 zur thermischen Nachverbrennung wird entlang der Wärmetauscher 72 bis zu dem ersten Wärmetauscher 72a geführt, um dort die Frischluft 56 zu erwärmen und anschließend nach außen abgeführt zu werden.

[0046] Zwischen den Aufheizzone 20 und 30 sowie den benachbarten Schleusen 50 und 78 sind jeweils Zonentrennungen 52 gekennzeichnet, die auch zwischen den übrigen Abschnitten des Trocknertunnels 10 vorge-

sehen sein können. Sie sollen verhindern, dass ein zu starker Luft- und Temperatúrausgleich zwischen den einzelnen Zonen erfolgt.

[0047] Im Bereich der ersten und zweiten Aufheizzone 20, 30 sowie im Bereich der Haltezone 60 ist jeweils eine Kaskade K gezeigt. Dabei ist ersichtlich, dass die Abluft der Kaskade zwischen erster und zweiter Aufheizzone 20, 30 auch dem Luftstrom zwischen dem ersten Wärmetauscher 72a zu den Schleusen 50 und 74 zugeführt wird.

[0048] Die Ausgestaltung des Trocknertunnels 10 ist dabei lediglich exemplarisch zu verstehen, er kann mehr Aufheiz- oder Kühlzonen aufweisen oder weniger, ebenso können optional auch Aufheizzonen ihre Abluft der Einrichtung 54 zur thermischen Nachverbrennung zuführen. Ebenso können Zwischenhaltezone vorgesehen sein.

[0049] Figur 2 zeigt nun eine Kaskade K, nämlich eine Kaskade zwischen erster Aufheizzone 20, zweiter Aufheizzone 30 und einer weiteren Aufheizzone 40 in vereinfachter Form. Sie kann in ähnlicher Weise auch innerhalb der Haltezone 60 ausgebildet sein, insbesondere so wie in Hinblick auf erste und zweite Aufheizzone 20, 30 in Figur 2 gezeigt. In diesem Fall würden die Zonentrennungen 52 entfallen.

[0050] Um die Aufheizzonen 20, 30, 40 mit erwärmter Luft zu versorgen, wird Prozessluft und Frischluft 56 einem Wärmetauscher 32 zugeführt, dessen Wärme beispielsweise von der Einrichtung 54 zur thermischen Nachverbrennung bereitgestellt werden kann. Die erwärmte Trocknungsluft wird dann mit der zweiten Luftfördereinrichtung 34 in die zweite Aufheizzone 30 geführt.

[0051] Wärmetauscher 32 und zweite Luftfördereinrichtung 34 sind hier in einem gemeinsamen Aggregat untergebracht, das zudem über eine eigene interne Frischluftzuführung 56 verfügen kann. Optional kann Abluft 80 aus dem Aggregat oder aus der Zuführung zu der zweiten Aufheizzone 30 abgeführt werden. Die erwärmte Trocknerluft wird durch eine Verteileinrichtung 90 mit einem Abscheider 92 geführt, die eine bedarfsgerechte Verteilung der Trocknerluft in der zweiten Aufheizzone 30 bewirkt. Der Abscheider 92 verhindert, dass Fremdkörper in die zweiten Aufheizzone 30 auf das zu trocknende Werkstück gelangen.

[0052] Eine Ablufteinrichtung 36 der zweiten Aufheizzone 30 saugt die Trocknerluft anschließend ab. Die Ablufteinrichtung 36 ist mit der ersten Luftfördereinrichtung 22 der ersten Aufheizzone 20 verbunden, so dass auf diese Weise die Abluft aus der zweiten Aufheizzone 30 in die erste Aufheizzone 20 geführt werden kann. Diese hat einen geringeren Temperaturbedarf als die zweite Aufheizzone 30. Die Luft wird auch hier mittels einer Verteileinrichtung 90 mit Abscheider 92 in der Aufheizzone 20 verteilt.

[0053] Die erste Aufheizzone 20 weist zudem eine erste Ablufteinrichtung 24 auf, die die Trocknerluft aus der ersten Aufheizzone 20 abzieht und teilweise dem Wär-

metauscher 32 der zweiten Aufheizzone 30 zuführt. Der andere Teil wird der weiteren Aufheizzone 40, die einen geringeren Temperaturbedarf als die erste Aufheizzone 20 hat, zugeführt. Sie wird von der weiteren Luftfördereinrichtung 42 in die weitere Aufheizzone 40 geführt, wo sie mit einer Verteileinrichtung 90 nebst Abscheider 92 verteilt wird. Die weitere Aufheizzone 40 weist eine weitere Ablufteinrichtung 44 auf, mit der die Trocknerluft aus der weiteren Aufheizzone 40 abgezogen werden kann. Sie wird zumindest teilweise dem Wärmetauscher 32 zugeführt.

[0054] Entlang der als Pfeile veranschaulichten Luftführungen zwischen den Aufheizzonen 20, 30, 40 und ihren Komponenten sind optionale Frischluftzuführungen 56 und mögliche Ausgangspunkte für Abluft 80 gekennzeichnet.

[0055] Zwischen den Aufheizzonen 20, 30 sind Zonentrennungen 52 vorgesehen, die zur Durchführung des zu trocknenden Werkstückes geöffnet werden können. Dabei erfolgt auch ein minimaler Luftaustausch zwischen den Zonen, der mit horizontalen Doppelpfeilen dargestellt ist. Auch an den Zonentrennungen 52 kann optional eine Frischluftzufuhr 56 vorgesehen sein.

25 Bezugszeichenliste

[0056]

10	Vorrichtung zum Trocknen eines Werkstückes
20	erste Aufheizzone
22	erste Luftfördereinrichtung
24	erste Ablufteinrichtung
30	zweite Aufheizzone
32	Wärmetauscher
34	zweite Luftfördereinrichtung
36	zweite Ablufteinrichtung
40	weitere Aufheizzone
42	weitere Luftfördereinrichtung
44	weitere Ablufteinrichtung
50	Eingangsschleuse
52	Zonentrennung
54	Einrichtung zur thermischen Nachverbrennung
56	Frischluftzufuhr
60	Haltezone
62	erste Haltzonenwärmetauscher
64	Haltzonenluftfördereinrichtung
66	Haltezoneabluftabfuhr
68	zweite Haltzonenluftfördereinrichtung
70	sonstige Aufheizzonen
72	sonstige Wärmetauscher
74	Ausgangsschleuse
76	Kühlzonen

- 78 sonstige Schleusen
- 80 Abluft
- 90 Verteileinrichtung
- 92 Abscheider
- K Kaskade

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zum Trocknen eines Werkstückes mit mindestens zwei Aufheizzone, wobei die erste Aufheizzone (20) einen geringeren Temperaturbereich bereitstellt als die zweite Aufheizzone (30), **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die erste Aufheizzone (20) mit einer ersten Luftförderereinrichtung (22) ausgebildet ist,
- die zweite Aufheizzone (30) mit einem Wärmetauscher (32), einer zweiten Luftförderereinrichtung (34) und einer Ablufteinrichtung (36) ausgebildet ist,
- die Ablufteinrichtung (36) der zweiten Aufheizzone (30) mit der ersten Aufheizzone (20) derart verbunden ist, dass eine Abluft der zweiten Aufheizzone (30) zumindest teilweise mittels der ersten Luftförderereinrichtung (22) der ersten Aufheizzone (20) zuzuführen ist.

2. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Aufheizzone (20) eine Ablufteinrichtung (24) aufweist, die mit der zweiten Aufheizzone (30) derart verbunden ist, dass eine Abluft der ersten Aufheizzone (20) zumindest teilweise dem Wärmetauscher (32) der zweiten Aufheizzone (30) zuzuführen ist.

3. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine weitere Aufheizzone (40) aufweist, die einen geringeren Temperaturbereich bereitstellt als die erste Aufheizzone (20), die weitere Aufheizzone (40) eine weitere Luftförderereinrichtung (42) aufweist und die Ablufteinrichtung (24) der ersten Aufheizzone (20) mit der weiteren Aufheizzone (40) derart verbunden ist, dass eine Abluft der ersten Aufheizzone (20) zumindest teilweise mittels der weiteren Luftförderereinrichtung (42) in die weitere Aufheizzone (40) zuzuführen ist.

4. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Eingangsschleuse (50) aufweist, die mit der Ablufteinrichtung (24) der ersten Aufheizzone (20) und/oder mit einer Ablufteinrichtung (44) der weiteren Aufheizzone (40) derart verbunden ist, dass die Abluft der ersten Aufheizzone (20) und/oder die Ab-

luft der weiteren Aufheizzone (40) zumindest teilweise der Eingangsschleuse (50) zuzuführen ist.

5. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Einrichtung (54) zur thermischen Nachverbrennung aufweist, der die Abluft mindestens einer der Aufheizzonen zuzuführen ist.

6. Vorrichtung (10) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (54) zur thermischen Nachverbrennung mit dem Wärmetauscher (32) der zweiten Aufheizzone (30) verbunden ist, so dass die Abluft der Einrichtung (54) zur thermischen Nachverbrennung dem Wärmetauscher (32) der zweiten Aufheizzone (30) zuzuführen ist.

7. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Eingangsschleuse (50) und der benachbarten Aufheizzone und/oder jeweils zwischen zwei benachbarten Aufheizzonen eine Zonentrennung (52) ausgebildet ist.

8. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einer Zonentrennung (52), vor oder nach einer Luftförderereinrichtung (22, 34, 42, 64, 68) und/oder am Wärmetauscher (32) der zweiten Aufheizzone (30) eine Einrichtung zur Frischluftzufuhr (56) angeordnet ist.

9. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Haltezone (60) aufweist, die einen definierten Temperaturbereich zum Trocknen des Werkstückes bereitstellt, wobei die Haltezone (60) einen Haltezonenwärmetauscher (62), eine erste Haltezonenluftförderereinrichtung (64) und eine Haltezonenabluft-einrichtung (66) aufweist, und

- die Haltezone (60) eine zweite Haltezonenluftförderereinrichtung (68) aufweist, und die Haltezonenabluft-einrichtung (66) derart mit der zweiten Haltezonenluftförderereinrichtung (68) verbunden ist, dass die Abluft der Haltezonenabluft-einrichtung (66) zumindest teilweise mittels der zweiten Haltezonenluftförderereinrichtung (68) der Haltezone (60) wieder zuzuführen ist, und/oder

- die Haltezonenabluft-einrichtung (66) mit einer Luftförderereinrichtung (22, 34, 42, 64, 68) einer Aufheizzone (20, 30, 40) derart verbunden ist, dass die Abluft der Haltezonenabluft-einrichtung (66) zumindest teilweise mittels der Luftförderereinrichtung (22, 34, 42, 64, 68) der Aufheizzone (20, 30, 40) dieser zuzuführen ist.

10. Verfahren zum Trocknen eines Werkstückes, insbesondere mit einer Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Werkstück durch mindestens zwei Aufheizzone bewegt wird, wobei eine erste Aufheizzone (20) einen geringeren Temperaturbereich bereitstellt als eine zweite Aufheizzone (30), **dadurch gekennzeichnet, dass** 5

- eine Trocknungsluft erwärmt und in die zweite Aufheizzone (30) eingebracht wird, und 10
- die Abluft der zweiten Aufheizzone (30) der ersten Aufheizzone (20) zugeführt wird.

15

20

25

30

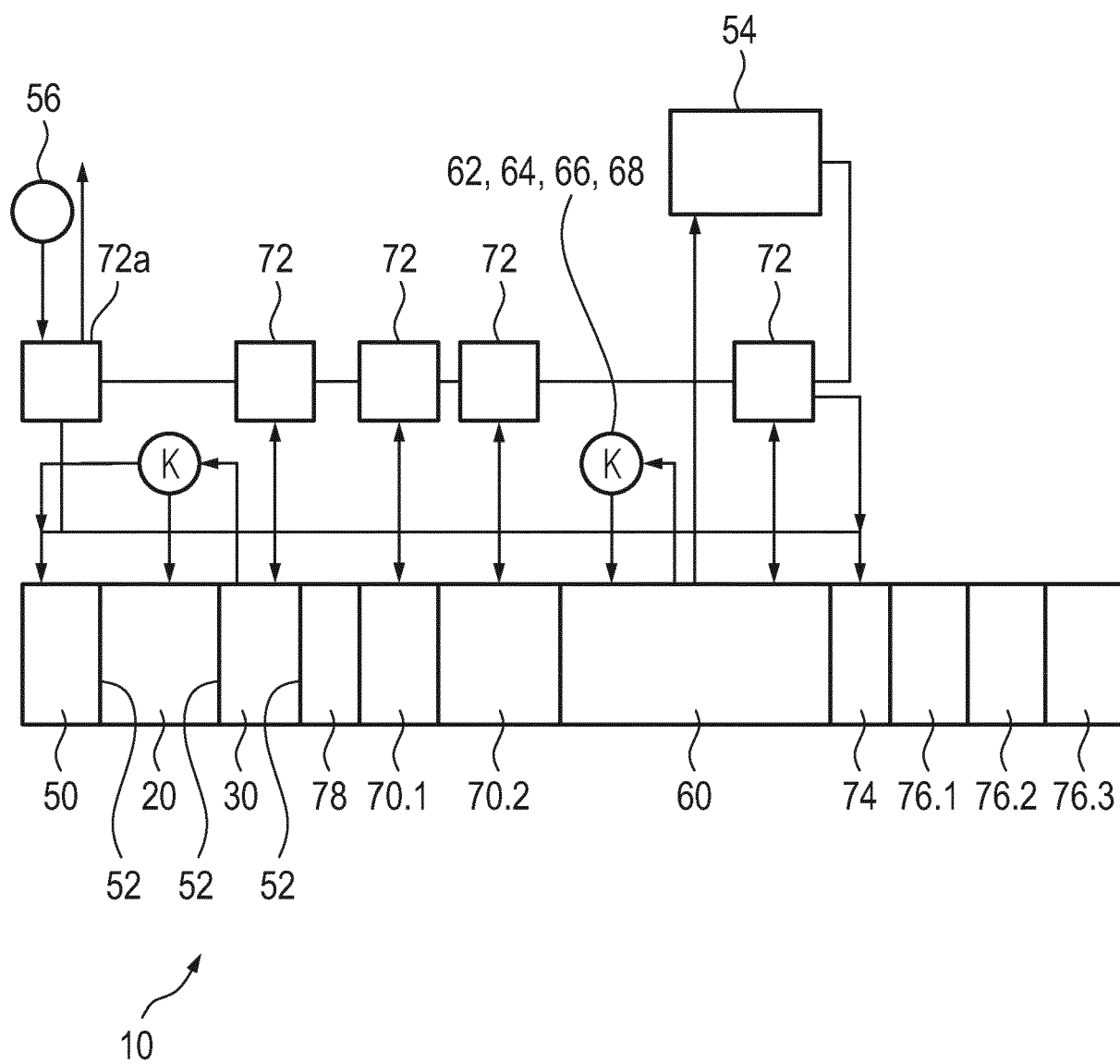
35

40

45

50

55



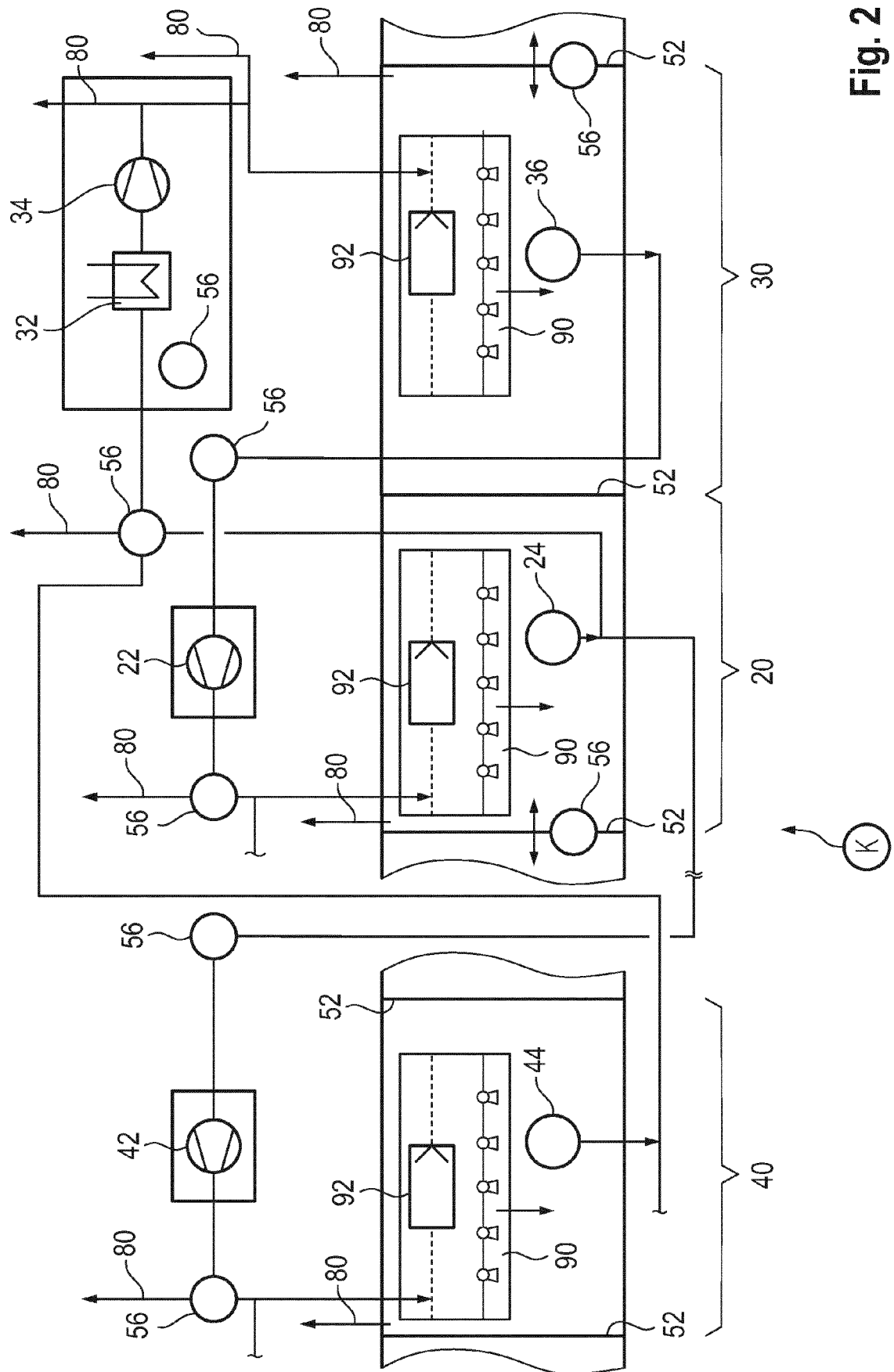


Fig. 2