



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 113 099.1**

(22) Anmeldetag: **24.05.2022**

(43) Offenlegungstag: **30.11.2023**

(51) Int Cl.: **F26B 3/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Dürr Systems AG, Stuttgart, DE**

(74) Vertreter:

**DTS Patent- und Rechtsanwälte Schnekenbühl  
und Partner mbB, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:

**Iglauer-Angrik, Oliver, 70499 Stuttgart, DE; Woll,  
Kevin, 74080 Heilbronn, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

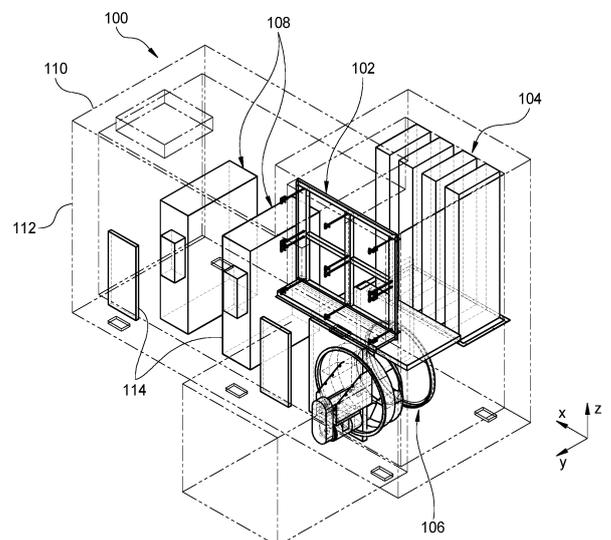
DE	10 2010 003 100	B4
DE	10 2016 014 643	A1
DE	19 89 431	U
EP	0 177 657	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Frischluf-Wärmeübertrager und Verfahren zum Bereitstellen erhitzter Frischluf mit dem elektrisch beheizten Frischluf-Wärmeübertrager**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Frischluf-Wärmeübertrager (100) zum Erhitzen eines Frischlufstromes, umfassend: mindestens einen Ventilator (106) zur Ansaugung von Frischluf und Erzeugung eines Frischlufstromes; und mindestens eine elektrisch beheizte Wärmeübertragungseinheit (108) zur Übertragung von Wärmeenergie auf den Frischlufstrom.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Frischluft-Wärmeübertrager und ein Verfahren zum Bereitstellen erhitzter Frischluft mit einem entsprechenden Frischluft-Wärmeübertrager.

**[0002]** Aus der Praxis ist bekannt, dass innerhalb von Behandlungsanlagen von Werkstücken, insbesondere innerhalb von Trocknungsanlagen (kurz Trockner) für Fahrzeugkarosserien, Frischluftherhitzer zum Einsatz kommen, welche die den Schleusenbereichen einer solchen Anlage zugeführte Frischluft erhitzen, um eine Kondensatbildung insbesondere in den Schleusenbereichen der Anlage zu vermeiden.

**[0003]** Es sind im Allgemeinen hinsichtlich der Beheizung derartiger Frischluftherhitzer folgende zwei Möglichkeiten bekannt.

**[0004]** Zum einen kann bei Trocknern mit einer rekuperativ arbeitenden thermischen Abluftreinigung (TAR) der Reingasenthalpiestrom trockenertnah zur Frischluftherwärmung genutzt werden, d.h. die Wärmeenergie des aus der TAR geführten Reingases wird auf die dem Trockner zugeführte Frischluft übertragen.

**[0005]** Zum anderen kann im Falle einer Brennerbeheizung die Frischluftherwärmung entweder direkt, d.h. beispielsweise mittels eines Gasflächenbrenners, oder indirekt mittels einer Brennkammer mit Rauchgaswärmetauscher erfolgen.

**[0006]** Ein entsprechender Frischluftherhitzer umfasst demnach bekanntermaßen folgende Komponenten: eine Ansaugung mit Filter, wobei die Ansaugung z.B. direkt aus der Halle des Trockners erfolgt; einen Schalldämpfer; einen Wärmetauscher zur Übertragung der Wärmeenergie des Reingases auf die zugeführte Frischluft oder eine Brennkammer zur Verbrennung eines Brennergases mit zugeführter Frischluft; einem Ventilator; und die erforderlichen Frischluft- und Reingaskanäle.

**[0007]** Hierbei kann der Frischluftherhitzer entweder integriert in ein Gehäuse oder freistehend ausgebildet sein, wobei bei der letzteren Ausführungsform die Einzelkomponenten mittels eines Kanalwerks verbunden sind.

**[0008]** Derartige Frischluftherhitzer lassen sich einerseits auf einer separaten Stahlbaubühne oberhalb des Trockners anordnen. In seltenen Fällen ist auch eine Anordnung unterhalb des Trockners möglich, wobei dann der Trocknertunnel selbst auf einem Stahlbau gelagert ist.

**[0009]** Andererseits ist im Falle einer Reingasbeheizung eine Anordnung des Frischluftherhitzers am Anfang oder Ende des Reingasstranges, d.h. am Anfang oder Ende des Trockners möglich, insbesondere um die Temperatur des Reingases mit Hilfe der zugeführten Frischluft auf ein niedriges Temperaturniveau zu senken, bevor es in die Atmosphäre abgegeben wird, d.h. vorzugsweise über das Dach aus der Halle nach draußen herausgeführt. Für die Temperaturabsenkung des Reingases durch die zugeführte Frischluft wird bevorzugt ein Gegenstromwärmetauscher verwendet.

**[0010]** In einem brennerbeheizten Trockner wird die Abluft gewöhnlicherweise in einer gasbetriebenen regenerativ-thermischen Abluftreinigungsanlage gereinigt, was auch als regenerativ-thermische Oxidation (RTO) bezeichnet wird. Eine derartige Anlage ist allerdings aufgrund ihrer Bauweise mit in der Regel drei Kammern und den damit verbundenen Dimensionen für eine Aufstellung außerhalb des Gebäudes, d.h. der Halle, konzipiert. Somit kommt eine Abwärmenutzung zur Vorwärmung der zugeführten Frischluft aufgrund der erforderlichen Kanallängen zwischen der RTO und dem Frischluftwärmetauscher in den allermeisten Fällen nicht zur Anwendung.

**[0011]** Ferner ist eine kompakte Bauweise aufgrund des voluminösen Reingaswärmetauschers bzw. der voluminösen Brennkammer nicht möglich.

**[0012]** Zudem erfordert eine entsprechende Anlage zwei isolierte Kanäle bzw. Kanalsysteme für das Heizmedium und die Frischluft.

**[0013]** Außerdem ergeben sich hinsichtlich der Aufstellungsmöglichkeiten Einschränkungen. So ist bei einer Anordnung oberhalb des Trockners eine zusätzliche Stahlbaubühne erforderlich. Unabhängig vom Aufstellungsort ist zusätzlich immer ein isolierter Frischluftkanal über mindestens einmal die gesamte Trocknerlänge erforderlich, insbesondere dann, wenn ausgehend vom Frischluftwärmetauscher beide Schleusen (Ein- und Auslauf) angebunden werden müssen.

**[0014]** Wie bereits erwähnt, wird die im Frischluftherhitzer erhitzte Frischluft dem Trockner zugeführt und zwar zum einen den Schleusenbereichen des Trockners und zum anderen den Umluft-Aggregaten bzw. den Umluftmodulen der Abschnitte des Trockners, in denen die Werkstücke behandelt bzw. getrocknet werden.

**[0015]** Ein Trockner weist in der Regel eine Einlaufschleuse am (stirnseitigen) Eingang des Trockners und eine Auslaufschleuse am (stirnseitigen) Ausgang des Trockners auf, wobei der Trockner in der Regel mehrere, nacheinander angeordnete

Abschnitte umfasst, welche zusammen einen Behandlungskanal ausbilden. Daneben können zwischen den Behandlungsabschnitten des Trockners noch Zwischenschleusen angeordnet sein.

**[0016]** Die Einlauf-, die Zwischen- und die Auslaufschleusen können einstufig, die Einlauf- und die Auslaufschleusen alternativ auch zweistufig ausgebildet sein.

**[0017]** Im Falle einstufig ausgebildeter Schleusen wird ein konstanter Frischluftvolumenstrom in diese Schleusen jeweils mit Hilfe eines Kanals ausgehend vom Frischluftherhitzer geführt.

**[0018]** Mit Hilfe weiterer Kanäle und entsprechenden Stichleitungen zu den einzelnen Umluft-Aggregaten wird zudem ein variabler Frischluftvolumenstrom in die Umluft-Aggregate geführt.

**[0019]** Eine Frischluftregelklappe dient in diesem Zusammenhang dazu, die Frischluftmengen so zu regeln, dass den Umluft-Aggregaten in Abhängigkeit der Trocknerauslastung variable Frischluftanteile zugeführt werden, während den Schleusen stets ein konstanter Frischluftanteil zugeführt wird. Denn bei geringer Trocknerauslastung, bezogen z.B. auf Lacktrockner, treten weniger Lösemittel aus den lackierten Oberflächen des zu trocknenden Werkstücks. Entsprechend geringer kann auch die Gesamtfrischluftmenge sein, die in den Trockner eingetragen wird, bzw. der variable Anteil, der den Umluft-Aggregaten zugeführt wird.

**[0020]** Im Falle zweistufig ausgebildeter Einlauf- und/oder Auslaufschleusen, d.h. Schleusen an der Stirnseite des Trockners mit einem doppeltem, silhouettenbasierten Luftvorhang, wird jeweils der äußere Luftvorhang bzw. die äußere Stufe über einen eigenen Kanal mit im Frischluftherhitzer erhitzter Frischluft versorgt (Frischluftvorhang), während der jeweils innere Luftvorhang bzw. die innere Stufe mit Umluft aus dem angrenzenden Umluft-Aggregat versorgt wird (Umluftvorhang). Angrenzend bedeutet hierbei, dass die innere Stufe der Auslaufschleuse mit Umluft aus dem letzten Behandlungsabschnitt des Trockners, also der letzten Haltezone, bzw. die innere Stufe der Einlaufschleuse mit Umluft aus dem ersten Behandlungsabschnitt des Trockners, also der ersten Aufheizzone, versorgt wird.

**[0021]** Anders formuliert kann der Frischluftvorhang als eine Barriere, die auf ihrer nach außen weisenden Seite an einen kälteren Bereich angrenzt, betrachtet werden. So bildet der Frischluftvorhang einer Einlaufschleuse vorzugsweise eine Barriere zwischen der Umgebung des Behandlungsraums und dem Umluftvorhang der Einlaufschleuse, während der Frischluftvorhang einer Auslaufschleuse vorzugsweise eine Barriere zwischen einer dem

Behandlungsraum nachgeordneten Kühlzone und dem Umluftvorhang der Auslaufschleuse bildet.

**[0022]** Im Rahmen des bereits vorgestellten Frischluft-/Abluftkonzepts wird im Falle von zweistufigen Schleusen die innere Stufe, d.h. der jeweilige Umluftvorhang, nicht direkt von der Klappenregelung beeinflusst, d.h. der zugeführte Umluftanteil bleibt konstant. Die Anpassung der Luftanteile erfolgt also nur für die vom Frischluftherhitzer zugeführte Frischluft, wobei auch hier der Anteil für die äußere Stufe, d.h. den Frischluftvorhang, konstant gehalten wird, wohingegen der Anteil für die Umluft-Aggregate in Abhängigkeit der Auslastung des Trockners durch eine zuteilende Regelklappe angepasst wird bzw. anpassbar ist.

**[0023]** Nachteilig an einer bisherigen variablen Frischluft-/Abluftregelung ist, dass dieser Ansatz sowohl im Falle der Reingas- als auch der Brennerbeheizung zwei isolierte Frischluftkanäle und zwar einen Schleusenkanal für einen konstanten Frischluftanteil und isolierten Aggregatkanal für die variablen Frischluftanteil erforderlich macht. Diese Kanäle müssen zum anderen Ende des Trockners - in der Regel zur Einlaufschleuse - geführt werden. Dies entspricht bei einem 30 jph-Trockner einer Kanallänge von 15 Fahrzeuglängen und bei einem 60 jph-Trockner dementsprechend einer Kanallänge von 30 Fahrzeuglängen.

**[0024]** Hinzukommt, dass durch die Zuführung des variablen Frischluftanteils zu den Umluft-Aggregaten eben dieser Anteil der Frischluft nicht dazu beiträgt, die Lösemittelkonzentration im Schleusenbereich herabzusenken und damit auch nicht die Gefahr einer Kondensation derselben in den kalten Randbereichen des Trockners, wie z.B. im Einlaufbereich oder in den Kühlzonen, zu minimieren.

**[0025]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Frischluft-Wärmeübertrager zum Erhitzen eines Frischluftstromes zu schaffen, welcher durch eine kompaktere Bauweise eine flexiblere und sparsamere Anordnung auf der Trocknernebene ermöglicht.

**[0026]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass ein Frischluft-Wärmeübertrager zum Erhitzen eines Frischluftstromes bereitgestellt wird, welcher Folgendes umfasst:

- mindestens einen Ventilator zur Ansaugung von Frischluft und Erzeugung eines Frischluftstromes, und
- mindestens eine elektrisch beheizte Wärmeübertragungseinheit zur Übertragung von Wärmeenergie auf den Frischluftstrom.

**[0027]** Es ist vorteilhaft, wenn die zu erheizende Frischluft vor der Zuführung in einer Vorwärmvorrichtung vorgewärmt wird.

**[0028]** Dieser Ansatz ist insbesondere dann wirtschaftlich und nachhaltig, wenn hierfür Abwärme des Trockners oder regenerative Energiequellen zum Einsatz kommen, da auf diese Weise der Bedarf an Strom mit einer hohen Energiequalität (Exergie) reduziert werden kann.

**[0029]** Dies kann einerseits durch eine elektrische und damit flammenlose Anlage zur regenerativen-thermischen Oxidation der Trocknerabluft realisiert werden. Im Unterschied zu einer gasbeheizten RTO (siehe oben), kann die elektrische RTO aufgrund ihrer Bauweise (Einzelbett) innerhalb des Gebäudes und damit trockenernah aufgestellt werden. Dieses Vorgehen macht eine Frischluftvorwärmung mittels eines Reingasenthalpiestroms im Anschluss an die elektrische RTO möglich. Die elektrische RTO hat die Besonderheit eines niedrigen Temperaturhubs von ca. 20 K im Zuge der thermischen Oxidation. Der Enthalpiestrom des Reingases reicht in der Regel nicht aus, um die Frischluft allein mit Hilfe eines Wärmetauschers, welcher die Wärmeenergie des Reingases auf die Frischluft überträgt, auf die gewünschte Solltemperatur zu bringen. Hingegen ermöglicht die Kombination aus einer Vorwärmung der Frischluft und anschließender elektrischer Temperaturerhöhung im erfindungsgemäßen Frischluft-Wärmeübertrager ein effizientes Erreichen der Solltemperatur.

**[0030]** Andererseits kann zur Vorwärmung der Frischluft einer Wärmepumpe genutzt werden. Bei dieser Form der Vorwärmung wird eine geringe Menge nicht weiter nutzbarer Abwärme (z.B. Kühlzonenabluft mit einer Temperatur im Bereich von z.B. 40 °C bis 50 °C oder der restliche Reingasenthalpiestrom nach der RTO mit einer Temperatur im Bereich von z.B. 60 °C bis 100 °C) unter Einsatz von mechanischer Antriebsenergie auf ein für die Vorwärmung der Frischluft nutzbares Temperaturniveau gebracht. Der Wärmetausch zwischen der Wärmepumpe und der Frischluft bzw. dem Reingas kann z.B. über einen Wasser-Luft-Wärmetauscher erfolgen.

**[0031]** Denkbar ist aber auch eine wärmeaufnehmende Direktverdampfung auf der Verdampferseite bzw. eine wärmeabgebende Direktkondensation auf der Kondensatorseite, indem dem Arbeitsgas über einen Wärmeübertrager und damit ohne ein Zwischenmedium Wärmeenergie zugeführt wird bzw. dieser Wärmeenergie abgeführt.

**[0032]** Des Weiteren kann für die Vorwärmung Solarthermie verwendet werden. Der Wärmetausch zwischen der Frischluft und dem solarthermischen Wärmeträgermedium (z.B. Thermalöl oder Wasser)

erfolgt beispielsweise über einen Wasser-Luft-Wärmetauscher oder Öl-Luft-Wärmetauscher.

**[0033]** Ein erfindungsgemäßer Frischluft-Wärmetauscher hat den Vorteil, dass innerhalb der Behandlungsanlage bzw. innerhalb des Trockners eine vereinfachte Kanalführung aufgrund des Wegfalls des Heizmediums erreicht werden kann, da nur noch die Kanalführung für die Frischluft erforderlich ist. Außerdem lässt sich eine gegenüber einem Reingaswärmetauscher mit Brennkammerkonzept reduzierte Tiefe und Länge des gesamten Wärmeübertragers realisieren. Durch die kompakte Bauweise kann vorteilhafterweise ein integrierter Einbau in ein Umluft-Aggregat oder in eine Schleuse bzw. ein Schleusenmodul erfolgen. Außerdem kann beispielsweise der bisher nicht genutzte Zwischenraum zwischen Trockneraußenwand und Trocknerinnenwand (Nutzraumwand) zur Anordnung des erfindungsgemäßen Frischluft-Wärmetauschers verwendet werden.

**[0034]** Im Unterschied zum Stand der Technik macht die kompakte Bauweise des Frischluft-Wärmeübertragers es möglich, diesen auf der Tunnelebene, d.h. auf der Ebene der Behandlungsabschnitte des Trockners anzuordnen, bevorzugt in den Nischen zwischen zwei Umluft-Aggregate. Folglich ist kein zusätzlicher Stahlbau erforderlich.

**[0035]** Da der erfindungsgemäße Frischluft-Wärmetauscher nicht mehr am Ende des Reingasstranges aufgestellt werden muss, ist vorteilhafterweise eine Teilung des Wärmetauschers möglich, d.h. ein separater Frischluft-Wärmetauscher für Einlauf- und Auslaufschleuse. Es ist somit vorzugsweise kein isolierter Frischluftkanal über die ganze Trocknerlänge hinweg erforderlich.

**[0036]** Im Falle einer Zwischenschleuse kann diese ferner mit elektrisch erhitzter Frischluft vom Frischluft-Wärmeübertrager der Einlaufschleuse bzw. des Einlaufschleusen-Aggregats versorgt werden. In diesem Zusammenhang wird die Temperatur der im Frischluft-Wärmeübertrager erhitzten Frischluft auf die Zwischenschleuse eingestellt, der erhitzte Frischluftstrom aufgeteilt und entsprechend kalte Frischluft für die Einlaufschleuse zum erhitzten Frischluftstrom zugemischt.

**[0037]** Es ist ferner vorgesehen, dass die mindestens eine elektrisch beheizte Wärmeübertragungseinheit mindestens eine Heizwiderstandseinrichtung umfasst.

**[0038]** Die elektrisch beheizte Wärmeübertragungseinheit, welche auch als Register bezeichnet wird, umfasst als Heizwiderstandseinrichtung vorzugsweise Heizstäbe mit einem den Heizdraht umgebenden Profilrohr. Dadurch ergibt sich eine geringe

Schmutzanhaftung und zugleich eine gute Reinigungsmöglichkeit.

**[0039]** Alternativ können offene, elektrisch isolierte Drahtspulen mit hoher Temperaturbeständigkeit verwendet werden. Die Frischluftstrom strömt dabei direkt über den Heizdraht; auf diese Weise wird eine maximale Wärmeübertragungseffizienz erzielt. Diese Alternative ist eine kostengünstige Variante im Vergleich zu den Heizstäben mit Profilrohr.

**[0040]** In einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die mindestens eine elektrisch beheizte Wärmeübertragungseinheit stromabwärts des mindestens einen Ventilators angeordnet ist.

**[0041]** Außerdem kann vorgesehen sein, dass der Frischluft-Wärmeübertrager mindestens eine Filtereinheit zur Filterung der angesaugten Frischluft aufweist.

**[0042]** Da die Frischluft beispielsweise aus der den Trockner umgebenden Halle angesaugt wird, ist eine Filterung der angesaugten vorteilhaft, um eine Verunreinigung insbesondere der Heizwiderstandseinrichtung zu verhindern. Eine Filterung ist an dieser Stelle ausreichend, da die angesaugte Frischluft noch nicht mit Trockneratmosphäre in Berührung gekommen ist.

**[0043]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Frischluft-Wärmeübertrager mindestens eine Schalldämpfereinheit zur Reduzierung der Schallemission des Frischluftstromes aufweist.

**[0044]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die mindestens eine Filtereinheit und/oder die mindestens eine Schalldämpfereinheit stromaufwärts des mindestens einen Ventilators angeordnet ist.

**[0045]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die mindestens eine mindestens eine Filtereinheit und/oder die mindestens eine Schalldämpfereinheit zumindest teilweise oberhalb des mindestens einen Ventilators angeordnet ist.

**[0046]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Frischluft-Wärmeübertrager mindestens zwei, vorzugsweise drei elektrisch beheizte Wärmeübertragungseinheiten aufweist.

**[0047]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die elektrisch beheizten Wärmeübertragungseinheiten entlang des Frischluftstromes nacheinander angeordnet sind.

**[0048]** Dadurch kann der Frischluftstrom sukzessive erhitzt werden, um spätestens beim Passieren der letzten Wärmeübertragungseinheit die Solltemperatur zu erreichen.

**[0049]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass ein erster Strömungspfad des Frischluftstromes stromaufwärts des Ventilators senkrecht zu einem zweiten Strömungspfad des Frischluftstromes stromabwärts des Ventilators ist.

**[0050]** Die Frischluftführung auf der Saugseite des Ventilators, d.h. stromaufwärts des Ventilators, dient zur Ansaugung der Frischluft über die Filtereinheiten und durch die nachfolgenden Schalldämpfereinheiten und kann als erster Strömungspfad bezeichnet werden, welcher von den Filtereinheiten über die Schalldämpfereinheiten bis hin zum Ventilator einer U-Form folgt. Bezogen auf Aufstellebene des Trockners verläuft der Frischluftstrom von der Ansaugung über die Filtereinheiten bis zu den Schalldämpfereinheiten horizontal. Anschließend verläuft die Strömung vertikal durch die Schalldämpfereinheiten, bevor sie dann als horizontale Strömung in den Ventilator einströmt.

**[0051]** Die Frischluftführung auf der Druckseite des Ventilators, d.h. stromabwärts des Ventilators, erfolgt in Längsrichtung des Gehäuses und damit vorzugsweise - bei einer Aufstellung zwischen zwei Umluft-Aggregaten auf der Trocknertunnelebene - in oder gegen die Fördertechnikrichtung bzw. Förderrichtung der Werkstücke. Der Strömungsverlauf stromabwärts des Ventilators kann als zweiter Strömungspfad betrachtet werden. Hierbei strömt die Frischluft vorzugsweise geradlinig und parallel zur Trockneraufstellungsebene durch die Wärmeübertragungseinheiten, sprich es erfolgt keine wiederholte Umlenkung der Frischluft wie im Falle eines Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauschers. Es sind somit keine Umlenkräume erforderlich, die zusätzlichen Bauraum senkrecht zu dieser Luftführungsrichtung erforderlich machen würden.

**[0052]** Die Ebenen des ersten und des zweiten Strömungspfades bzw. die Strömungspfade sind vorzugsweise senkrecht zueinander.

**[0053]** Weiter vorzugsweise verläuft der zweite Strömungspfad zumindest annähernd in oder entgegen der Förderrichtung der Behandlungsanlage bzw. des Behandlungsraums.

**[0054]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der mindestens eine Ventilator ein Radialventilator ist.

**[0055]** Durch einen Radialventilator wird der stromaufwärtsseitige Frischluftstrom in Bezug auf seine Strömungsrichtung in einen stromabwärtsseitigen

Frischluffstrom überführt, der senkrecht zum ersten verläuft. Der Radialverdichter bewirkt demnach, dass der erste Strömungspfad senkrecht zu dem zweiten Strömungspfad verläuft.

**[0056]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Frischluft-Wärmeübertrager ein Gehäuse umfasst, in welchem die mindestens eine Filtereinheit, die mindestens eine Schalldämpfereinheit, der mindestens eine Ventilator und die mindestens eine elektrisch beheizte Wärmeübertragungseinheit zumindest teilweise aufgenommen sind.

**[0057]** In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Gehäuse eine Serviceseite umfasst, welche mindestens einen Wartungszugang aufweist.

**[0058]** Die Aufgabe wird ferner durch die Verwendung eines wie zuvor beschriebenen, erfindungsgemäßen Frischluft-Wärmeübertragers zum Erhitzen eines Frischluftstromes gelöst, welcher einer Behandlungsanlage für Werkstücke, insbesondere einer Trocknungsanlage für Fahrzeugkarosserien, zugeführt wird.

**[0059]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß weiter durch ein Verfahren zum Bereitstellen erhitzter Frischluft mit einem elektrisch beheizten Frischluft-Wärmeübertrager gelöst, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Ansaugen von Frischluft aus einer Umgebung des Frischluft-Wärmeübertragers,
- Filtern der angesaugten Frischluft,
- Reduzieren der Schallemission der angesaugten Frischluft,
- Umlenken der Strömungsrichtung des Frischluftstromes und Verdichten des Frischluftstromes,
- Übertragen von Wärmeenergie, welche von mindestens einer Heizwiderstandseinrichtung erzeugt wird, auf den Frischluftstrom, und
- Abführen der erhitzten Frischluft.

**[0060]** Die Frischluft aus der Umgebung des Frischluft-Wärmeübertragers wird durch einen Ventilator angesaugt und eingangsseitig beim Durchströmen mindestens einer Filtereinheit von Verunreinigungen in der Umgebungsluft gereinigt.

**[0061]** Anschließend wird die Schallemission innerhalb einer Schalldämpfereinheit reduziert.

**[0062]** Sodann wird der Frischluftstrom durch einen Ventilator geführt, vorzugsweise einen Radialventilator, welcher den Frischluftstrom verdichtet und in

eine Richtung umlenkt, welche senkrecht zu der stromaufwärtsseitigen Richtung des Frischluftstromes steht.

**[0063]** Hiernach umströmt der Frischluftstrom mindestens eine elektrisch beheizte Wärmeübertragungseinheit, welche jeweils eine Heizwiderstandseinrichtung aufweisen.

**[0064]** Schließlich wird die erhitzte Frischluft aus dem Frischluft-Wärmeübertrager abgeführt in Richtung der Schleusen des Trockners.

**[0065]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das erfindungsgemäße Verfahren einen Schritt des Vorwärmens der Frischluft in einer Vorwärmvorrichtung umfasst, wobei Vorwärmvorrichtung eine Wärmepumpe, eine regenerative thermische, insbesondere rein elektrisch betriebene und flammenlose, Oxidationsvorrichtung oder eine Solarthermievorrichtung, welche Thermalöl oder Wasser umfasst, ist.

**[0066]** Die erhitzte Frischluft wird sodann in einer Behandlungsanlage für Werkstücke, insbesondere einer Trocknungsanlage für Fahrzeugkarosserien verwendet bzw. dieser bereitgestellt, damit die Schleusen dieser Behandlungsanlage mit erhitzter Frischluft versorgt werden können.

**[0067]** Eine entsprechende Behandlungsanlage zum Behandeln von Werkstücken, insbesondere von Fahrzeugkarosserien, umfasst einen Behandlungsraum, welcher selbst mehrere Behandlungsraumabschnitte, die jeweils einem von mehreren separaten Umluftmodulen der Behandlungsanlage zugeordnet sind, und mindestens eine Schleuse umfasst. Die Schleuse kann eine erste Stufe und eine zweite Stufe aufweisen, wobei der ersten Stufe der Schleuse Frischluft zuführbar ist, und wobei der zweiten Stufe Umluft und/oder Frischluft zuführbar ist.

**[0068]** Es ist vorgesehen, dass die Behandlungsanlage weiter mindestens einen erfindungsgemäßen, elektrisch beheizten Frischluft-Wärmeübertrager umfasst, welcher der mindestens einen Schleuse erhitzte Frischluft bereitstellt.

**[0069]** Die Verwendung eines erfindungsgemäßen Frischluft-Wärmeübertragers erlaubt einen Einsatz von separaten Frischluft-Wärmetauschern für die Einlauf- und die Auslaufschleuse, wobei die Wärmetauscher der ersten Stufe (Frischluffvorhang bzw. -silhouette) eine konstante bzw. der jeweils zweiten Stufe (Umluftsilhouette oder Umluft- und Frischluftsilhouette) eine variable Frischluftmenge zur Verfügung.

**[0070]** Vorteilhaft ist daran, dass - insbesondere bei diesen doppelstufigen Schleusen - kein isolierter Frischluftkanal für die konstante Schleusenluft über die ganze Trocknerlänge hinweg erforderlich ist. Ebenso ist kein isolierter Frischluftkanal für die variable Luft zu den Umluft-Aggregaten über die ganze Trocknerlänge hinweg mehr erforderlich, da nun die gesamte Frischluft im Bereich der Schleuse genutzt wird.

**[0071]** Zudem ist vorstellbar, dass zwischen dem elektrisch beheizten Frischluft-Wärmeübertrager und der ersten Stufe der mindestens einen Schleuse mindestens eine steuer- und/oder regelbare Drosseleinrichtung angeordnet ist, so dass der ersten Stufe der Schleuse ein konstanter Volumenstrom aus Frischluft zuführbar ist.

**[0072]** Außerdem kann zwischen einem Behandlungsraumabschnitt und der zweiten Stufe der mindestens einen Schleuse mindestens eine weitere steuer- und/oder regelbare Drosseleinrichtung angeordnet sein, so dass der zweiten Stufe der Schleuse ein konstanter Volumenstrom aus Umluft und/oder Frischluft zuführbar ist.

**[0073]** Die erste, der ersten Stufe zugeordnete Drosseleinrichtung stellt damit den Volumenstrom zur ersten Stufe sicher, indem der überschüssige Frischluftanteil in den Strang bzw. die Führung der zweiten Stufe entlassen wird. Der gesamte Volumenstrom zur zweiten Stufe wird über die weitere, zweite Drosseleinrichtung geregelt, so dass die zweite Stufe ebenfalls mit einem konstanten Volumenstrom versorgt wird.

**[0074]** Weiter kann vorgesehen sein, dass der zweiten Stufe der Schleuse ein Schleusenventilator zugeordnet ist. Der Schleusenventilator umfasst vorzugsweise einen Frequenzumrichter bzw. ist frequenzgeregelt - und/oder gesteuert.

**[0075]** Möglich ist außerdem, dass der zweiten Stufe der Schleuse 50 %, bevorzugt 100 %, besonders bevorzugt 200 % mehr Umluft als Frischluft zuführbar ist.

**[0076]** Auch kann vorgesehen sein, dass der ersten und der zweiten Stufe der Schleuse jeweils eine Filtereinheit zugeordnet ist.

**[0077]** Vorstellbar ist zudem, dass zwischen dem mindestens einen elektrisch beheizten Frischluft-Wärmeübertrager und der mindestens einen Schleuse und zwischen mindestens einem Umluftmodul und der mindestens einen Schleuse jeweils mindestens ein Temperatursensor und mindestens eine Volumenstromsonde angeordnet sind.

**[0078]** Zudem ist es möglich, dass der zweiten Stufe der Schleuse ein Drucksensor zur Regelung des Schleusenventilators zugeordnet ist.

**[0079]** Es kann ferner vorgesehen sein, dass die erste und zweite Stufe der Schleuse Schlitzdüsen zur Ausbildung eines silhouettenbasierten Luftvorhangs umfassen.

**[0080]** Im Falle einer Einlaufschleuse kann somit der Ventilator des erfindungsgemäßen Frischluft-Wärmeübertragers die Frischluftsilhouette der ersten Stufe der Schleuse mit Frischluft versorgen.

**[0081]** Ein eigener Schleusenventilator versorgt daneben die Umluftsilhouette der zweiten Stufe der Schleuse mit Umluft aus dem angrenzenden Behandlungsraumabschnitt bzw. der angrenzenden Aufheiz-/Trocknerzone.

**[0082]** Die Frischluft- und Umluftführung sind über eine Verzweigung miteinander verbunden.

**[0083]** Die Zusammenführung beider Luftführungen mündet auf der Saugseite des Schleusenventilators. Der Schleusenventilator kann auf diese Weise sowohl mit Frischluft als auch mit Umluft gespeist werden kann.

**[0084]** In beiden saugseitigen Zuführungen, d.h. für Frisch- und Umluft, des Schleusenventilators ist eine motorgetriebene Drosseleinrichtung angeordnet, mit deren Hilfe einerseits die Luftmengenanteile der Frischluft und der Umluft für die Stufen der Schleuse eingestellt werden können, andererseits wird mit ihrer Hilfe aber auch verhindert, dass es zu einer ungewollten Strömungsumkehr der Schleusenluft (Frischluft- und Umluftschleuse) kommt.

**[0085]** Die Drehzahl des Ventilators des erfindungsgemäßen Frischluft-Wärmeübertragers und damit die geförderte Frischluftmenge hängt davon ab, welcher Volumenstrom für den Trocknungsprozess in einem Trockner benötigt wird. Da die Luftmenge der beiden Schleusenstufen in jedem Betriebszustand konstant gehalten werden muss, um eine optimale Schleusenfunktion zu erzielen, wird die überschüssige Frischluftmenge der ersten Stufe über die Verzweigung der Frischluftzuführung der zweiten Stufe der Schleuse, also der Umluftstufe, zugeführt.

**[0086]** Hierfür ist in der Frischluftzuführung eine Volumenstromsonde und ein Temperatursensor angeordnet bzw. installiert, mit deren Hilfe ein Normvolumenstrom berechnet wird. Der berechnete Wert dient als Regelgröße für die motorbetriebene Drosseleinrichtung. Sie wird so geregelt, dass der Frischluftstrom zur ersten Schleusenstufe stets konstant ist und der überschüssige Frischluftstrom für die zweite Schleusenstufe genutzt werden kann.

**[0087]** Der Schleusenventilator greift zur Sicherstellung des konstanten Volumenstroms der zweiten Schleusenstufe auf das Signal des dieser zugeordneten Drucksensors zurück. Die motorbetriebene Drosseleinrichtung wird so geregelt, dass der überschüssige Frischluftstrom zusammen mit dem Umluftstrom einen konstanten Volumenstrom für die zweite Schleusenstufe ergibt.

**[0088]** Optional kann der Schleusenventilator mit einem Frequenzumformer ausgestattet sein. In diesem Fall kann mit Hilfe der Drehzahländerung des Ventilators und mit Hilfe der motorbetriebenen Drosseleinrichtung oder vorzugsweise sogar ohne die motorbetriebene Drosseleinrichtung der Volumenstrom konstant gehalten werden.

**[0089]** Vorzugsweise können alle elektrisch betriebenen Heizkomponenten, wie u.a. Frischluft-Wärmeübertrager, mit einer Mittelspannung von beispielsweise mindestens ungefähr 3 kV und/oder höchstens ungefähr 8 kV, insbesondere 4160 V bis 6600 V, statt der üblichen 400 V versorgt werden. Das kann zwar besondere Heizelemente mit entsprechenden Mehrkosten erfordern, bietet jedoch vorzugsweise in der Peripherie, d.h. bzgl. der Anschlüsse, Kabel, etc., große Einsparpotentiale. Außerdem ist ein wesentlich geringerer Faktor der Spannungstransformation aus dem Versorgungsnetz notwendig, was u.a. die Trafostation zugunsten geringerer Investitionskosten verkleinert und Platz spart. Der Anschluss an eine elektrisch betriebene Heizkomponente mit einer derartigen Mittelspannung bringt zudem deutlich geringere Kabeldurchmesser mit sich.

**[0090]** Weitere bevorzugte Merkmale und/oder Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung und der zeichnerischen Darstellung von Ausführungsbeispielen.

**[0091]** In den Figuren zeigen:

**Fig. 1** eine schematische isometrische Darstellung eines erfindungsgemäßen, elektrisch beheizten Frischluft-Wärmetauschers;

**Fig. 2** eine schematische Darstellung einer Stirnseite des erfindungsgemäßen, elektrisch beheizten Frischluft-Wärmetauschers;

**Fig. 3** eine schematische Darstellung einer Serviceseite des erfindungsgemäßen, elektrisch beheizten Frischluft-Wärmetauschers; und

**Fig. 4** eine schematische Darstellung des Eingangsbereichs einer Behandlungsanlage mit einem elektrisch beheizten Frischluftwärmetauscher und einer eingangsseitigen Doppelschleuse;

**[0092]** Gleiche oder funktional äquivalente Elemente sind in sämtlichen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

**[0093]** Ein in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** schematisch dargestellter Frischluft-Wärmetauscher 100 dient zur Bereitstellung eines erhitzten Frischluftwärmestromes innerhalb einer Behandlungsanlage 10 von Werkstücken (nicht dargestellt).

**[0094]** Die Behandlungsanlage 10 ist beispielsweise eine Trocknungsanlage 12 zum Trocknen von Werkstücken.

**[0095]** Die Werkstücke sind beispielsweise Fahrzeugkarosserien.

**[0096]** Insbesondere zur vereinfachten Beschreibung des Frischluftstromes wurde in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** ein dreidimensionales Koordinatensystem mit den Achsen x, y, z eingeführt.

**[0097]** Der Frischluft-Wärmetauscher 100 umfasst eine Filtereinheit 102, eine Schalldämpfereinheit 104, einen Radialventilator 106 und zwei elektrisch beheizte Wärmeübertragungseinheiten 108, welche zusammen in einem Gehäuse 110 aufgenommen sind.

**[0098]** Das Gehäuse 110 weist eine Serviceseite 112 auf, in welcher zwei Wartungszugänge 114 vorgesehen sind.

**[0099]** Die Filtereinheit 102 und die Schalldämpfereinheit 104 sind oberhalb des Radialventilators 106 angeordnet.

**[0100]** Die Schalldämpfereinheit 104 umfasst in dem Ausführungsbeispiel in **Fig. 1** vier quaderförmiger Schalldämpferelemente.

**[0101]** In **Fig. 2** ist zu sehen, dass die angesaugte Frischluft 116, welche vorzugsweise aus der umgebenden Halle angesaugt wird, zunächst die Filtereinheit 102 in y-Richtung, d.h. in einer horizontalen Richtung, durchströmt, um mögliche Verunreinigungen aus der angesaugten Frischluft 116 herauszufiltern.

**[0102]** Die angesaugte Frischluft 116 kann Umgebungsluft, d.h. von innerhalb oder außerhalb der Halle, in welcher die Behandlungsanlage 10 installiert ist, oder aber auch gereinigte Abluft sein.

**[0103]** Die angesaugte Frischluft 116 beschreibt stromaufwärtsseitig des Radialverdichters 106, d.h. auf dessen Saugseite, einen u-förmigen, ersten Strömungspfad in der y-z-Ebene.

**[0104]** Entlang des ersten Strömungspfad 118 passiert der Frischluftstrom nach der Filtereinheit 102 die Schalldämpfereinheit 104 in z-Richtung, d.h. in einer vertikalen Richtung.

**[0105]** Hiernach durchströmt die Frischluft den Radialventilator 106 in y-Richtung, d.h. wieder in einer horizontalen Richtung.

**[0106]** In **Fig. 3** ist dargestellt, dass der Radialventilator 106 den Frischluftstrom in die x-z-Ebene umlenkt.

**[0107]** Stromabwärtsseitig des Radialventilator 106, d.h. auf der Druckseite, strömt die Frischluft in x-Richtung, d.h. in einer horizontalen Richtung, entlang eines zweiten, geraden Strömungspfad 120.

**[0108]** Nach dem Radialventilator 106 durch- bzw. umströmt der umgelenkte Frischluftstrom die zwei, entlang des zweiten Strömungspfad 120 nacheinander angeordneten Wärmeübertragungseinheiten 108.

**[0109]** Hierbei wird die jeweils mittels einer Heizwiderstandseinrichtung der elektrisch beheizten Wärmeübertragungseinheit 108, wie vorzugsweise einem Heizdraht, erzeugte Wärmeenergie auf den Frischluftstrom übertragen, bevor dieser als erhitzte Frischluft 122 bzw. erhitzter Frischluftwärmestrom das Gehäuse 110 verlässt bzw. aus diesem herausgeführt wird.

**[0110]** Das Erreichen der Solltemperatur der erhitzten Frischluft 122 wird vorzugsweise am Ausgang des Frischluft-Wärmeübertragers 100 mittels eines Temperatursensors 123 und eines Messstutzens 124 (in **Fig. 4** dargestellt) gemessen bzw. überprüft.

**[0111]** Vorzugsweise beträgt der Normvolumenstrom am Ausgang des Frischluft-Wärmeübertragers 100 zwischen 4250 Nm<sup>3</sup>/h und 12000 Nm<sup>3</sup>/h für den Fall eines aufgeteilter Wärmeübertrager zur Versorgung der Einlauf- und Zwischenschleuse bzw. Auslaufschleuse. Im Falle eines einzigen Frischluft-Wärmeübertragers 100 zur Versorgung aller Schleusen beträgt der Normvolumenstrom bis zu 24000 Nm<sup>3</sup>/h.

**[0112]** In **Fig. 4** ist schematisch der Eingangsbereich einer Behandlungsanlage 10, beispielsweise einer Trocknungsanlage 12, dargestellt.

**[0113]** Die Behandlungsanlage 10 umfasst einen Behandlungsraum 200 mit mehreren Behandlungsraumabschnitten, von denen in **Fig. 1** ein erster Behandlungsraumabschnitt 202 bzw. eine erste Aufheizzone gezeigt ist.

**[0114]** Dem ersten Behandlungsraumabschnitt 202 ist ein Umluftmodul 204 bzw. ein Umluft-Aggregat zugeordnet.

**[0115]** Das Umluftmodul 204 umfasst einen Umluftventilator 206, einen Messstutzen für Handmessungen 208 und einen Wärmeübertrager 210.

**[0116]** Im ersten Behandlungsraumabschnitt 202 ist zudem eine Filtereinheit 212 angeordnet, welche die vom Umluftmodul 204 über die Umluftführung 211 zurückgeführte Umluft filtert.

**[0117]** Des Weiteren umfasst der Behandlungsraum 200 gemäß dem Ausführungsbeispiel in **Fig. 4** eine zweistufige Schleuse 214, welche vorzugsweise einen silhouettenbasierten Luftvorhang ausbilden, um u.a. die Lösemittel im Behandlungsraum 200 zu halten bzw. zu verhindern, dass diese an die Umgebung abgegeben werden.

**[0118]** Die Schleuse 214 weist eine erste Stufe 216 und eine zweite Stufe 218 auf, wobei - bezogen auf eine Förderrichtung 220 der Werkstücke innerhalb des Behandlungsraums 200 - die erste Stufe 216 zuerst von den Werkstücken passiert wird, gefolgt von der zweiten Stufe 218.

**[0119]** Vorzugsweise sind die erste Stufe 216 und die zweite Stufe 218 in Förderrichtung 220 unmittelbar hintereinander angeordnet, d.h. ohne Zwischenelement.

**[0120]** Vorstellbar ist aber auch in einer vorteilhaften Ausführungsform, dass zwischen den Stufen 216, 218 ein schwenkbares Schild angebracht sein kann, das im ausgeschwenkten Zustand als eine die Schleusenfunktion unterstützende physikalische Barriere fungiert und gleichzeitig den Luftstrom der ersten Stufe 216 stabilisiert.

**[0121]** Jeder Stufe 216, 218 der Schleuse 214 ist eine Filtereinheit 222, 224, um sicherzustellen, dass keine Verunreinigung aus den jeweiligen Luftzuführungen über die Schlitzdüsen (nicht dargestellt) der Stufen 216, 218 der Schleuse 214 auf die Werkstücke aufgebracht werden.

**[0122]** Jeder Stufe 216, 218 ist zudem stromaufwärts der Filtereinheiten 222, 224 ein Messstutzen für Handmessungen 226, 228 zugeordnet, über welche insbesondere bei der Inbetriebnahme der Schleuse 214 physikalische Größen manuell überwacht werden können.

**[0123]** Der Schleuse 214 wird erhitzte Frischluft 122 über eine Frischluftzuführung 230 aus einem Frischluft-Wärmeübertrager 100, wie er weiter oben im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 3** beschrieben wurde, zugeführt.

**[0124]** Die Frischluftzuführung 230 führt zu einem die erhitzte Frischluft 122 zur ersten Stufe 216, welche einen Frischluftvorhang ausbildet.

**[0125]** Im Strömungspfad der Frischluftzuführung 230 hin zur ersten Stufe 216 der Schleuse 214, welche mit einem konstanten Frischluft-Volumenstrom, vorzugsweise in Höhe von 4250 Nm<sup>3</sup>/h, versorgt wird, sind ein weiterer Messstutzen für Handmessungen 231, ein Kompensator 232 und eine Drosseleinrichtung 233 angeordnet. Der Kompensator 232 ist ein Element zum Ausgleich von Bewegungen in der entsprechenden Rohrleitung der Frischluftzuführung 230, insbesondere bei thermischen Längenänderungen, Vibrationen, Wanddurchführungen oder Setzungserscheinungen.

**[0126]** Stromaufwärts der Drosseleinrichtung 233 und stromabwärts des Messstutzens 226 ist ein Temperatursensor 234 und eine Volumenstromsonde 236, insbesondere eine Staudrucksonde, angeordnet.

**[0127]** Die Frischluftzuführung 230 wird des Weiteren an einer Verzweigung 238 in Richtung zweite Stufe 218 abgezweigt, um auch die zweite Stufe 218 mit Frischluft versorgen zu können.

**[0128]** Stromabwärts der Verzweigung 238 ist ein weiterer Kompensator 240 sowie eine motorgetriebene Drosseleinrichtung 242, welche steuer- und/oder regelbar ist, angeordnet.

**[0129]** Mittels der motorgetriebenen Drosseleinrichtung 242 kann die Frischluftmenge, welche der zweiten Stufe 218 zugeführt werden kann, eingestellt werden, d.h. eingesteuert und/oder eingeregelt werden.

**[0130]** Die zweite Stufe 218 wird grundsätzlich mit Umluft aus dem ersten Behandlungsraumabschnitt 202 versorgt, welche mittels eines Schleusenventilators 243 angesaugt wird.

**[0131]** Anders gesagt, versorgt der Schleusenventilator 243 die Umluftsilhouette der zweiten Stufe 218 mit Umluft aus dem angrenzenden, ersten Bearbeitungsabschnitt 202.

**[0132]** Die Umluftmenge wird ebenfalls durch eine motorgetriebene Drosseleinrichtung 244 eingesteuert und/oder eingeregelt.

**[0133]** Stromabwärts der motorgetriebenen Drosseleinrichtung 244 ist ein weiterer Kompensator 246 sowie ein weiterer Messstutzen für Handmessungen 248 angeordnet, bevor dem Umluftstrom der abgezweigte Frischluftstrom zugeführt wird.

**[0134]** Die zweite Stufe 218 der Schleuse 214 bildet ebenfalls einen Luftvorhang durch einen konstanten Volumenstrom, vorzugsweise in Höhe von 10000 Bm<sup>3</sup>/h, umfassend Umluft und Frischluft aus.

**[0135]** Stromabwärts der Frischluftzuführung 230 in den Umluftstrom ist eine weitere Drosseleinrichtung 250 zum Einstellen des Volumenstromes angeordnet.

**[0136]** Ferner ist zum Ausgleich von Rohrleitungs-bewegungen im Bereich des Schleusenventilators 243 direkt stromaufwärts und stromabwärts des Schleusenventilators 243 jeweils ein weiterer Kompensator 252 bzw. 254 angeordnet.

**[0137]** Die Drehzahl des Radialverdichters 106 des Frischluft-Wärmeübertragers 100 und damit die geförderte bzw. zugeführte Frischluftmenge hängt davon ab, welcher Luftmassenstrom für den Behandlungsprozess bzw. den Trocknungsprozess benötigt wird. Da insbesondere die Frischluftmenge der ersten Stufe 216 der Schleuse 214 konstant gehalten werden muss, um eine optimale Schleusenfunktion zu erzielen, wird die überschüssige Luftmenge an Frischluft über die Verzweigung 238 der zweiten Stufe 218, also der Umluftstufe, zugeführt.

**[0138]** Aus diesem Grund ist der Temperatursensor 234 und die Volumenstromsonde 236 in der Frischluftzuführung 230 vorgesehen. Mittels dieser beiden Messeinrichtungen kann der (Norm)Volumenstrom bestimmt werden, welcher als Regelgröße für die motorgetriebenen Drosseleinrichtung 242 dient. Diese Drosseleinrichtung 242 kann so geregelt werden, dass der Frischluftstrom zur ersten Stufe 216 stets konstant ist und der überschüssige Frischluftanteil zur zweiten Stufe 218 geführt wird.

**[0139]** Vor dem Schleusenschlitz bzw. der Schleusendüse der zweiten Stufe 218 und insbesondere nach der Filtereinheit 224 ist ein Drucksensor 256 angeordnet, dessen Druckdifferenz gegenüber der Umgebung, wie z.B. der Halle, als Regelgröße für den frequenzgeregelten Schleusenventilator 243 dient. Über diesen Differenzdruck wird ebenfalls sichergestellt, dass die zweite Stufe 218 ebenfalls mit einem konstanten Luftstrom beaufschlagt wird. Die Anordnung nach der Filtereinheit 224 stellt sicher, dass die Verschmutzung der Filtereinheit 224 für die Druckmessung irrelevant ist.

**[0140]** Dieser Luftstrom kann, wie bereits erwähnt, aus reiner Umluft oder aber aus einer Mischung von Umluft und Frischluft bestehen.

**[0141]** Wird der Trocknungsprozess mit einer hohen Frischluftmenge gefahren, d.h. eine hohe Trocknerauslastung, dann ist der überschüssige Frischluftanteil entsprechend hoch, vorzugsweise maximal bis

zu 7500 Nm<sup>3</sup>/h. Infolgedessen ist der zugemischte Umluftanteil für die zweite Stufe 218 geringer.

**[0142]** Anders herum ist es bei einer geringen Auslastung, wenn sich nur wenige Werkstücke wie Fahrzeugkarosserien in der Trocknungsanlage 12 befinden, d.h. eine niedrige Trocknerauslastung. Hier reicht die Frischluftmenge, die seitens des Frischluft-Wärmeübertragers bereitgestellt wird, gerade aus, um die erste Stufe 216 der Schleuse 214 mit Frischluft zu versorgen.

**[0143]** In diesem Fall ist die motorgetriebene Drosseleinrichtung 242 ganz bzw. weitgehend geschlossen und die Luft für die zweite Stufe 218 muss vollständig mittels des Schleusenventilators 243 aus dem benachbarten ersten Behandlungsraumabschnitt 202 angesaugt werden.

**[0144]** Vorteilhaft an der Zuführung des überschüssigen Frischluftanteils zu der zweiten Stufe 218 in Abhängigkeit der Auslastung der Behandlungsanlage 10 ist, dass nicht mehr wie bisher den Umluftmodulen 204 direkt Frischluft zugemischt wird, was dazu führt, dass sämtliche Frischluft der Schleuse 214 zur Verfügung, um dort dazu beizutragen, den Lösemittelgehalt in der Atmosphäre des Behandlungsraums 200 an dessen Randbereichen auf ein Minimum zu reduzieren. Auf diese Weise wird der Gefahr einer Lösemittelrückkondensation in diesen kühleren Randbereichen noch besser entgegengewirkt.

Bezugszeichenliste

10	Behandlungsanlage
12	Trocknungsanlage/Trockner
100	Frischluft-Wärmeübertrager
102	Filtereinheit
104	Schalldämpfereinheit
106	Radialventilator
108	Wärmeübertragungseinheit
110	Gehäuse
112	Serviceseite
114	Wartungszugang
116	angesaugte Frischluft
118	erster Strömungspfad
120	zweiter Strömungspfad
122	erhitzte Frischluft
123	Temperatursensor
124	Messstutzen für Handmessungen
200	Behandlungsraum

202	Behandlungsraumabschnitt/erste Aufheizzone
204	Umluftmodul/Umluft-Aggregat
206	Umluftventilator
208	Messstutzen für Handmessungen
210	Wärmeüberträger
211	Umluftführung
212	Filtereinheit
214	zweistufige Schleuse
216	erste Stufe der Schleuse
218	zweite Stufe der Schleuse
220	Förderrichtung
222	Filtereinheit
224	Filtereinheit
226	Messstutzen für Handmessungen
228	Messstutzen für Handmessungen
230	Frischlufführung
231	Messstutzen für Handmessungen
232	Kompensator
233	Drosseleinrichtung
234	Temperatursensor
236	Volumenstromsonde
238	Verzweigung
240	Volumenstromsonde
242	motorgetriebene Drosseleinrichtung
243	Schleusenventilator
244	motorgetriebene Drosseleinrichtung
246	Kompensator
248	Messstutzen für Handmessungen
250	Drosseleinrichtung
252	Messstutzen für Handmessungen
254	Messstutzen für Handmessungen
256	Drucksensor

**Patentansprüche**

1. Frischluft-Wärmeübertrager (100) zum Erhitzen eines Frischluftstromes, umfassend:
  - mindestens einen Ventilator (106) zur Ansaugung von Frischluft und Erzeugung eines Frischluftstromes, und
  - mindestens eine elektrisch beheizte Wärmeübertragungseinheit (108) zur Übertragung von Wärmeenergie auf den Frischluftstrom.

2. Frischluft-Wärmeübertrager (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine elektrisch beheizte Wärmeübertragungseinheit (108) mindestens eine Heizwiderstandseinrichtung umfasst.

3. Frischluft-Wärmeübertrager (100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine elektrisch beheizte Wärmeübertragungseinheit (108) stromabwärts des mindestens einen Ventilators (106) angeordnet ist.

4. Frischluft-Wärmeübertrager (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Frischluft-Wärmeübertrager (100) mindestens eine Filtereinheit (102) zur Filterung der angesaugten Frischluft aufweist.

5. Frischluft-Wärmeübertrager (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Frischluft-Wärmeübertrager (100) mindestens eine Schalldämpfereinheit (104) zur Reduzierung der Schallemission des Frischluftstromes aufweist.

6. Frischluft-Wärmeübertrager (100) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Filtereinheit (102) und/oder die mindestens eine Schalldämpfereinheit (104) stromaufwärts des mindestens einen Ventilators (106) angeordnet ist.

7. Frischluft-Wärmeübertrager (100) nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Filtereinheit (102) und/oder die mindestens eine Schalldämpfereinheit (104) zumindest teilweise oberhalb des mindestens einen Ventilators (106) angeordnet ist.

8. Frischluft-Wärmeübertrager (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Frischluft-Wärmeübertrager (100) mindestens zwei, vorzugsweise drei elektrisch beheizte Wärmeübertragungseinheiten (108) aufweist.

9. Frischluft-Wärmeübertrager (100) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrisch beheizten Wärmeübertragungseinheiten (108) entlang des Frischluftstromes nacheinander angeordnet sind.

10. Frischluft-Wärmeübertrager (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erster Strömungspfad (118) des Frischluftstromes stromaufwärts des Ventilators (106) senkrecht zu einem zweiten Strömungspfad (120) des Frischluftstromes stromabwärts des Ventilators (106) ist.

11. Frischluft-Wärmeübertrager (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Ventilator (106) ein Radialventilator ist.

12. Frischluft-Wärmeübertrager (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Frischluft-Wärmeübertrager (100) ein Gehäuse (110) umfasst, in welchem die mindestens eine Filtereinheit (102), die mindestens eine Schalldämpfereinheit (104), der mindestens einen Ventilator (106) und die mindestens eine elektrisch beheizte Wärmeübertragungseinheit (108) zumindest teilweise aufgenommen sind.

13. Frischluft-Wärmeübertrager (100) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (110) eine Serviceseite (112) umfasst, welche mindestens einen Wartungszugang (114) aufweist.

14. Frischluft-Wärmeübertrager (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromaufwärts des mindestens einen Ventilators eine Vorwärmvorrichtung zur Vorwärmung des Frischluftstromes angeordnet ist, wobei die Vorwärmvorrichtung eine Wärmepumpe, eine regenerative thermische, insbesondere rein elektrisch betriebene und flammenlose, Oxidationsvorrichtung oder eine Solarthermievorrichtung, welche Thermalöl oder Wasser umfasst, ist.

15. Verwendung eines Frischluft-Wärmeübertragers (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 14 zum Erhitzen eines Frischluftstromes, welcher einer Behandlungsanlage für Werkstücke, insbesondere einer Trocknungsanlage für Fahrzeugkarosserien, zugeführt wird.

16. Verfahren zum Bereitstellen erhitzter Frischluft mit einem elektrisch beheizten Frischluft-Wärmeübertrager (100), wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Ansaugen von Frischluft (106) aus einer Umgebung des Frischluft-Wärmeübertragers (100),
- Filtern der angesaugten Frischluft (116),
- Reduzieren der Schallemission der angesaugten Frischluft (106),
- Umlenken der Strömungsrichtung des Frischluftstromes und Verdichten des Frischluftstromes,
- Übertragen von Wärmeenergie, welche von mindestens einer Heizwiderstandseinrichtung erzeugt wird, auf den Frischluftstrom, und
- Abführen der erhitzten Frischluft (122).

17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren ferner einen Schritt des Vorwärmens der Frischluft in einer Vorwärmvorrichtung umfasst, wobei Vorwärmvorrichtung eine Wärmepumpe, eine regenerative thermi-

sche, insbesondere rein elektrisch betriebene und flammenlose, Oxidationsvorrichtung oder eine Solarthermievorrichtung, welche Thermalöl oder Wasser umfasst, ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

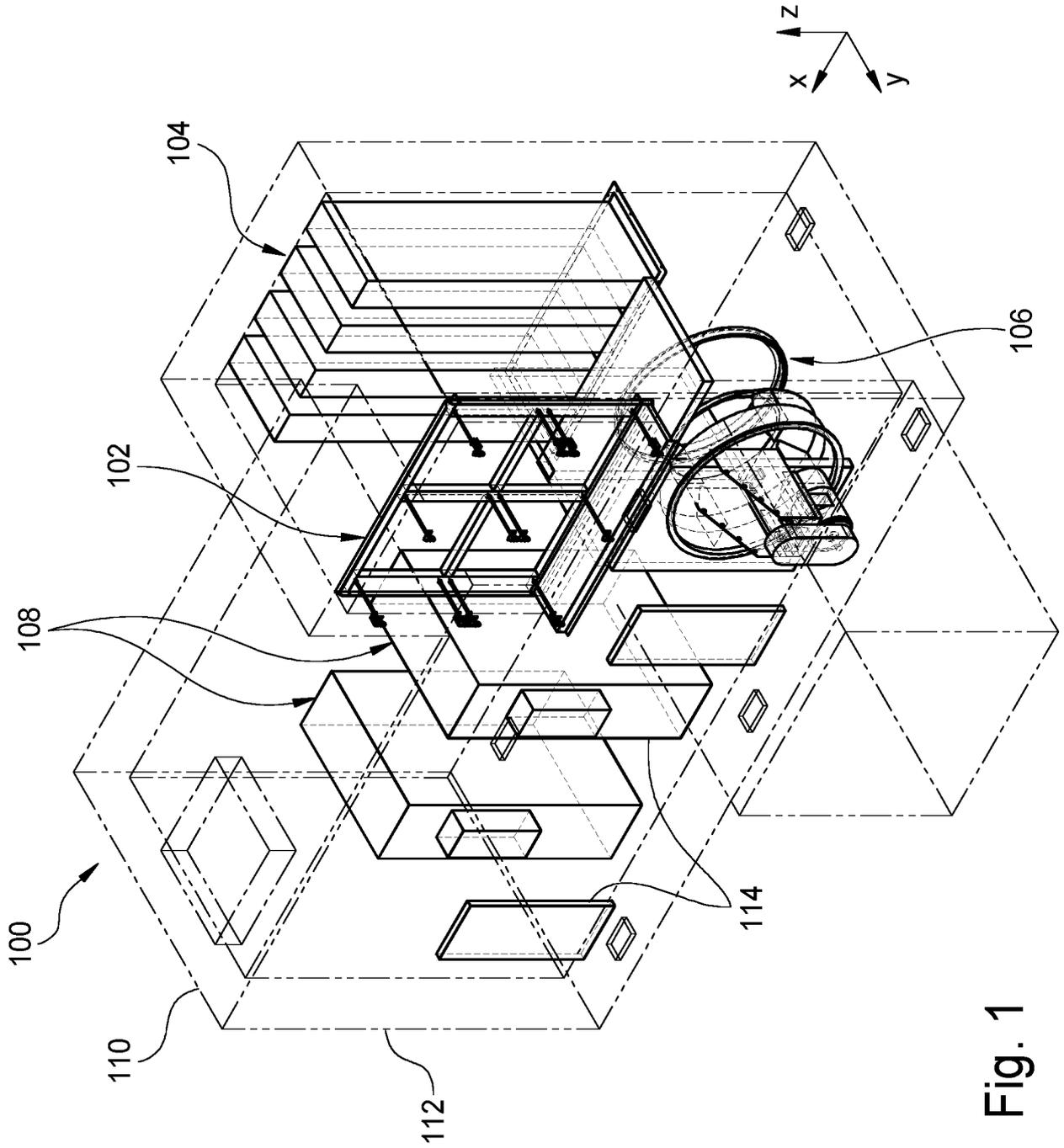


Fig. 1

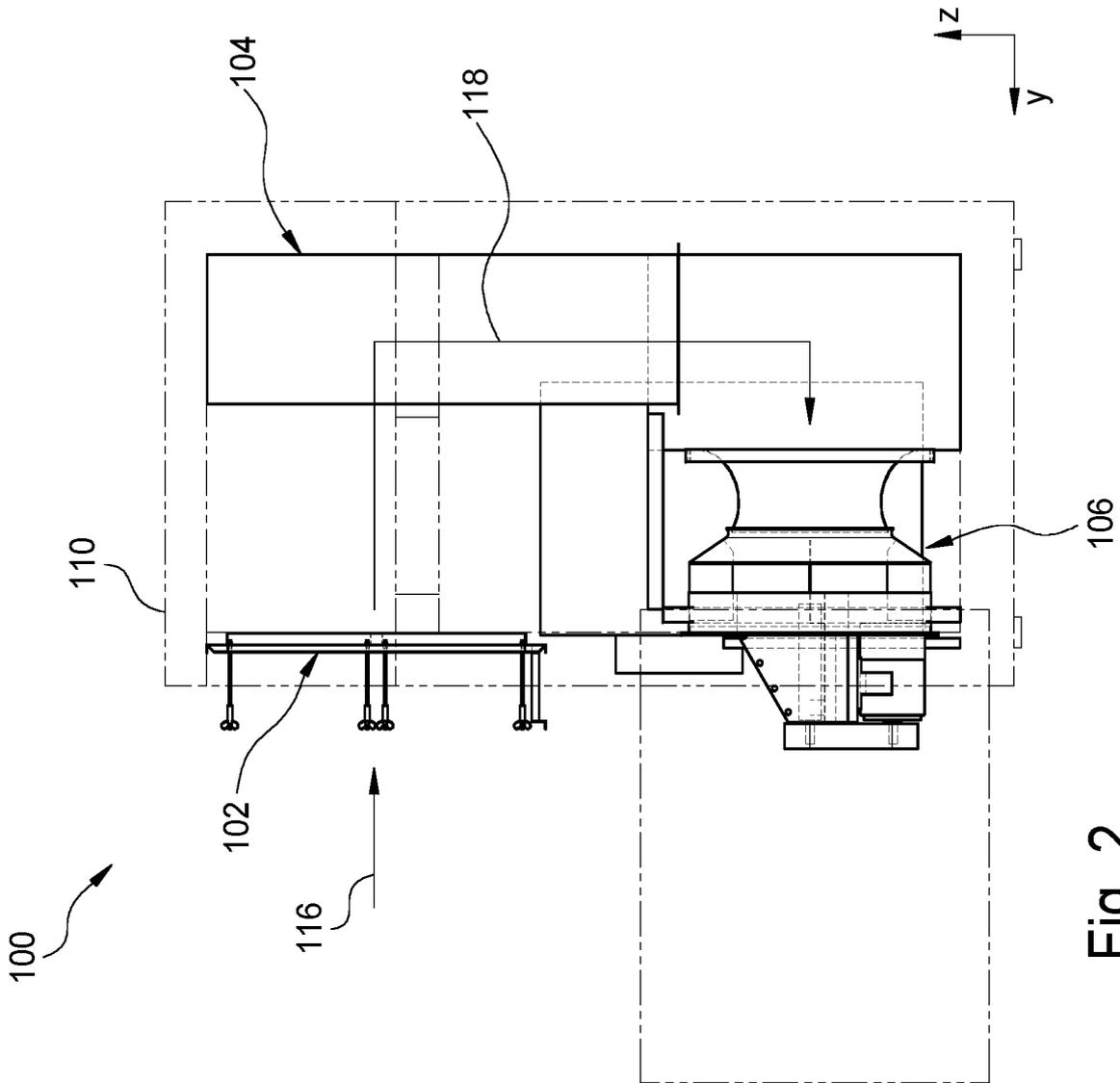


Fig. 2

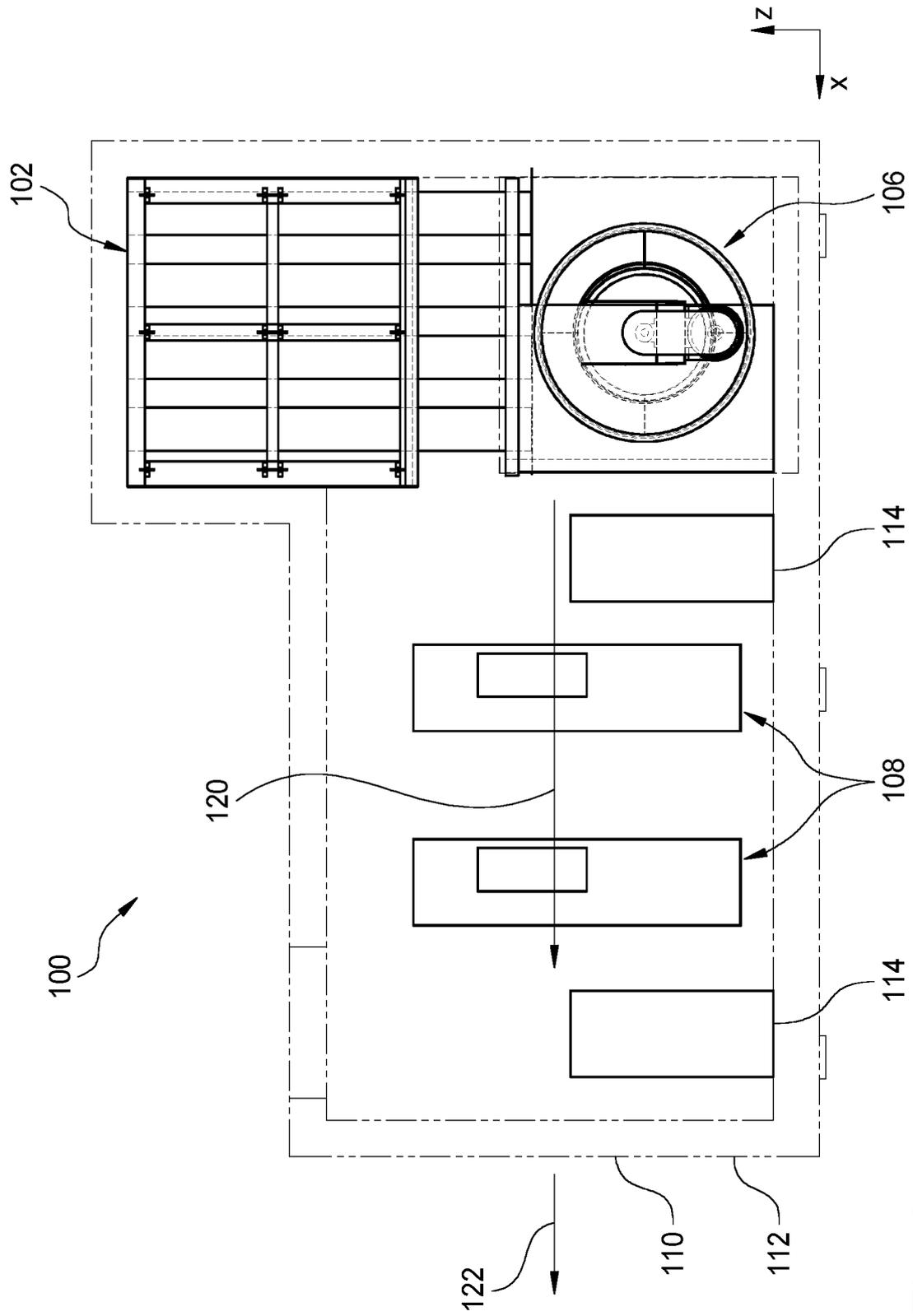


Fig. 3

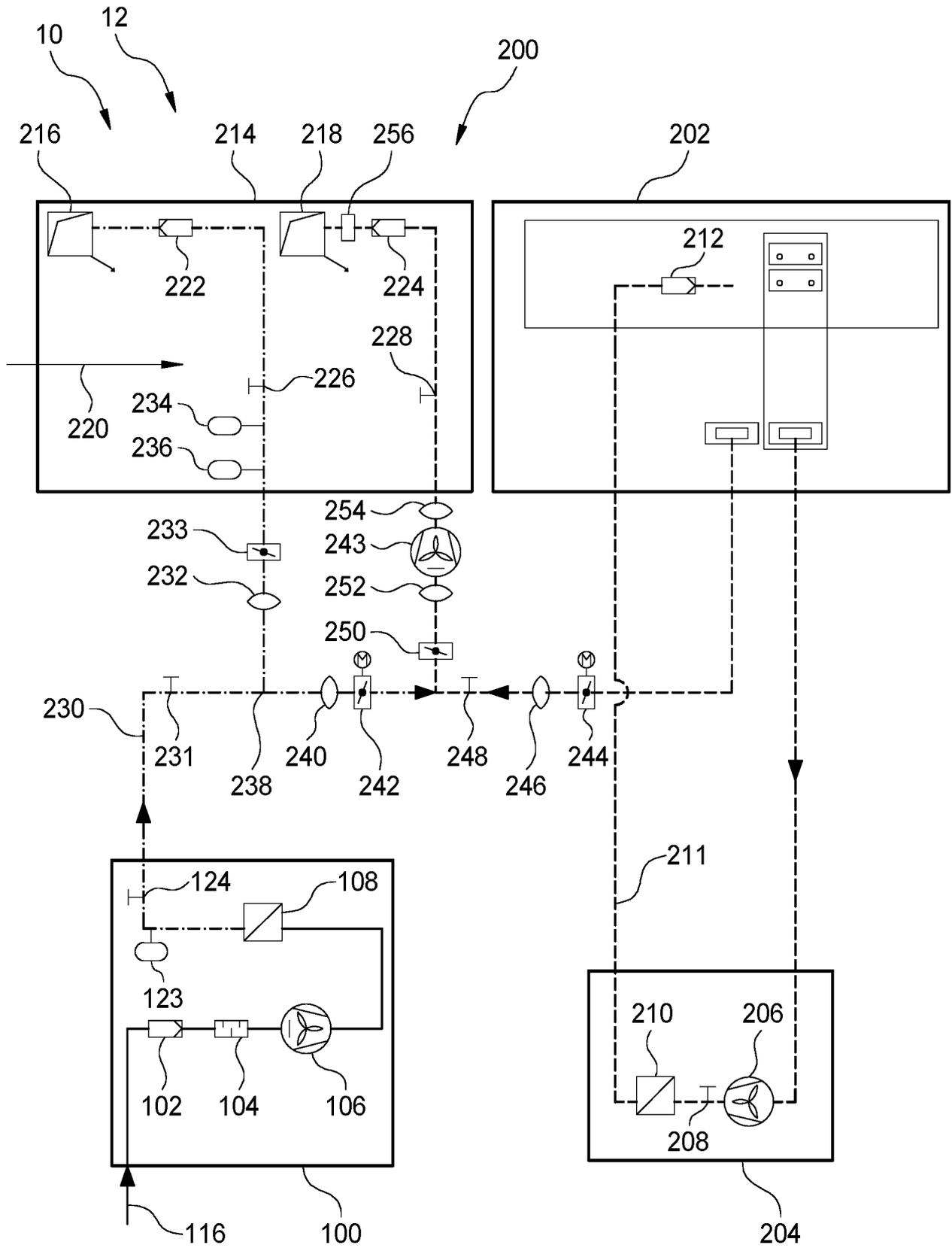


Fig. 4