

(19)



(11)

**EP 3 332 201 B2**

(12)

**NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**11.06.2025 Patentblatt 2025/24**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F26B 21/10<sup>(2006.01)</sup> F26B 21/12<sup>(2006.01)</sup>**  
**F26B 23/02<sup>(2006.01)</sup> F26B 21/04<sup>(2006.01)</sup>**

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**18.12.2019 Patentblatt 2019/51**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F26B 23/022; F26B 21/04; F26B 21/10;**  
**F26B 21/12; F26B 2210/12**

(21) Anmeldenummer: **16784818.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2016/074420**

(22) Anmeldetag: **12.10.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2017/064100 (20.04.2017 Gazette 2017/16)**

(54) **WERKSTÜCKBEARBEITUNGSANLAGE UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER  
WERKSTÜCKBEARBEITUNGSANLAGE**

PLANT FOR TREATING WORKPIECES AND OPERATION OF A PLANT

INSTALLATION POUR LE TRAITEMENT DE PIÈCES ET OPÉRATION D'UNE INSTALLATION

(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**

- **RIEDER, Erhard**  
**71083 Herrenberg (DE)**
- **EICHHORN, Christian**  
**74321 Bietigheim-Bissingen (DE)**
- **IGLAUER, Oliver**  
**70469 Stuttgart (DE)**

(30) Priorität: **14.10.2015 DE 102015219898**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**13.06.2018 Patentblatt 2018/24**

(74) Vertreter: **Breitreiner, Moritz**  
**GSKH Patent- und Rechtsanwälte**  
**Nymphenburger Straße 14**  
**80335 München (DE)**

(60) Teilanmeldung:  
**19210931.2 / 3 628 953**

(73) Patentinhaber: **Dürr Systems AG**  
**74321 Bietigheim-Bissingen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-2014/154209 WO-A1-96/21833**  
**WO-A2-2010/122121 DE-A1- 102008 034 746**  
**DE-A1- 102009 021 004 DE-A1- 102012 007 769**  
**DE-A1- 102012 207 312 DE-A1- 19 937 901**  
**DE-B4- 102008 012 792 GB-A- 2 059 032**  
**JP-A- H11 276 967**

(72) Erfinder:  
• **HERM, Enrico**  
**71159 Mötzingen (DE)**

**EP 3 332 201 B2**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Werkstückbearbeitungsanlage, insbesondere zum Trocknen und/oder Härten von lackierten und/oder beschichteten und/oder geklebten Werkstücken, sowie ein Verfahren zum Betreiben einer Werkstückbearbeitungsanlage, insbesondere zum Trocknen und/oder Härten von lackierten und/oder geklebten Werkstücken. Speziell betrifft die Erfindung das Gebiet der Durchlauftrockner, Durchlaufhärtungsanlagen, Kammertrockner und Kammerhärtungsanlagen, in denen lackierte und/oder geklebte Karosserieteile oder Karosserieteile getrocknet und/oder gehärtet werden können.

**[0002]** Eine Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage dieser Art ist zum Beispiel aus der WO 2010/122121 A2 bekannt. Diese herkömmliche Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage weist eine Prozesskammer mit zumindest einer Zone zum Aufnehmen von zu bearbeitenden Werkstücken auf, die mit einer Frischluftleitung zum Einleiten von Frischluft in die Prozesskammer und einer Abluftleitung zum Ausleiten von Abluft aus der Prozesskammer verbunden ist. Zur Optimierung des Energieverbrauchs der Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage ist ferner eine Frischluft- und/oder Abluftmengensteuerung zum Steuern der in die Prozesskammer einzuleitenden Frischluftmenge und/oder der aus der Prozesskammer auszuleitenden Abluftmenge vorgesehen. Vorzugsweise wird die Frischluft- und/oder Abluftmengensteuerung in Abhängigkeit von einer momentan der Prozesskammer zugeführten Anzahl an Werkstücken vorgenommen.

**[0003]** Die in der WO 2010/122121 A2 offenbarte Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage weist zudem eine thermische Nachverbrennungseinrichtung (TNV) auf, der Abluft aus der Prozesskammer zwecks thermischer Abluftreinigung zugeleitet wird und deren ausgegebene Reinsluft mehreren Umluft- oder Frischluftrekuperatoren zugeführt wird, um die in die Prozesskammer einzuleitende Umluft bzw. Frischluft zu erwärmen.

**[0004]** Die DE 10 2011 114 292 A1 beschreibt eine thermische Nachverbrennungsanlage, bei welcher die Brennkammertemperatur nicht auf einen festen, maximalen Wert eingeregelt wird, sondern in Abhängigkeit von einem Kohlenmonoxidgehalt in der von der Nachverbrennungsanlage ausgegebenen Reinsluft geregelt wird. Aufgrund der sich so einstellenden, im Mittel niedrigeren Brennkammertemperaturen sollen Energie eingespart und die dort eingesetzten Materialien geschont werden.

**[0005]** Die DE 10 2008 034 746 B4 offenbart eine Vorrichtung zum Trocknen von lackierten Fahrzeugkarosserien mit einer thermischen Nachverbrennungsanlage, bei welcher die Schadstoffkonzentration an organischen Lösemitteln im Trockner kontinuierlich gemessen wird. Bei zunehmender Schadstoffkonzentration werden einerseits die Frischluftzufuhr in die Prozesskammer erhöht und die Abluftausleitung aus der Prozesskammer gesenkt und wird andererseits die Brennkammertemperatur durch Reduzieren der Brennstoffzufuhr in die

Brennkammer der Nachverbrennungsanlage konstant gehalten.

**[0006]** In der DE 10 2012 023 457 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Temperieren, insbesondere zum Trocknen von Gegenständen beschrieben. Alle Steuer- und Regelvorgänge des Trockners werden durch eine Steuereinheit koordiniert, durch welche Ventile, ein Prozessluftgebläse, ein Frischluftgebläse sowie ein Brenner angesteuert werden.

**[0007]** Die DE 20 2009 013 054 U1 offenbart ein System zur Steuerung der Kabineninnentemperatur in einer Trocknungs- und/oder Lackierkabine für Reparaturlackierung von Fahrzeugen und Fahrzeugteilen. Ein Temperatursensor erfasst kontaktlos die Temperatur an der Oberfläche des zu erwärmenden und/oder zu trocknenden Objekts, und eine Steuer- und Regelungsvorrichtung steuert die Gebläse und die Heizvorrichtung in Abhängigkeit von der erfassten Oberflächentemperatur des zu erwärmenden und/oder zu trocknenden Objekts.

**[0008]** Die GB 2 059 032 A offenbart eine Vorrichtung zum Trocknen von lackierten Fahrzeugkarosserien mit einer Nachverbrennungsanlage, bei welcher die zirkulierende Prozessluftmenge und die Heizleistung der Nachverbrennungsanlage in Abhängigkeit von der gemessenen Temperatur in der Trocknungskammer gesteuert werden.

**[0009]** Die DE 10 2008 034 746 A1 beschreibt ein Lacktrocknungssystem für Fahrzeuglackierereien, bei dem die Prozessluftmenge und die Heizleistung in Abhängigkeit von einer Schadstoffkonzentration im Trockner gesteuert werden.

**[0010]** Die WO 96/21833 A1 offenbart einen Ofen zum Trocknen und Härten von Gegenständen darin, bei dem die Prozessluftmenge und die Heizleistung in Abhängigkeit von einer Temperatur im Ofen gesteuert werden.

**[0011]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Werkstückbearbeitungsanlage und ein verbessertes Verfahren zum Betreiben einer Werkstückbearbeitungsanlage mit einem möglichst geringen Energieverbrauch zu schaffen.

**[0012]** Diese Aufgabe wird gelöst durch die Lehre der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0013]** Die erfindungsgemäße Werkstückbearbeitungsanlage weist eine Prozesskammer zum Aufnehmen von zu bearbeitenden Werkstücken, die mit einer Prozessluftleitung zum Einleiten und/oder Ausleiten von Prozessluft in die bzw. aus der Prozesskammer verbunden ist; eine Heizvorrichtung zum Erwärmen einer in die Prozesskammer einzuleitenden Prozessluft; und eine Steuereinrichtung zum Steuern einer in die Prozesskammer eingeleiteten und/oder aus der Prozesskammer ausgeleiteten Prozessluftmenge und zum Steuern einer Heizleistung der Heizvorrichtung auf. Die Steuereinrichtung ist dabei derart ausgestaltet, dass sie die Heizleistung der Heizvorrichtung ohne Erfassen einer zusätzlichen Messgröße betreffend eine Schadstoffkonzentra-

tion der in die Prozesskammer eingeleiteten Prozessluft und/oder der aus der Prozesskammer ausgeleiteten Prozessluft an die Prozessluftmenge oder die Prozessluftmengensteuerung anpasst.

**[0014]** Durch die Kombination der Steuerungen (d.h. Einstellungen, Steuerungen und/oder Regelungen) der in die Prozesskammer eingeleiteten und/oder aus der Prozesskammer ausgeleiteten Prozessluftmenge und der Heizleistung der Heizvorrichtung entsteht weiteres Energieeinsparpotential. Außerdem können sich durch die Kombination der beiden Steuerungen Synergieeffekte ergeben, die den messtechnischen Aufwand für die Anlagensteuerung und damit den Kostenaufwand reduzieren können. Die Erfindung geht dabei insbesondere von den folgenden Überlegungen aus.

**[0015]** Ziel ist ein möglichst bedarfsgerechter und damit energiesparender Betrieb der Werkstückbearbeitungsanlage. Bedarfsgerecht heißt zum Beispiel, in Abhängigkeit von Produktionsdaten oder -parametern (z.B. Anzahl der zu bearbeitenden Werkstücke in der Anlage) einerseits den Volumenstrom der Prozessluft in der Prozesskammer und andererseits die Heizleistung der verbundenen Heizvorrichtung zu regeln. Eine solche verbesserte Regelung ist möglich, weil sich zum Beispiel bei einer reduzierten Anzahl von Werkstücken in der Prozesskammer der Wasserstoff- und/oder Kohlenstoffeintrag, insbesondere der Eintrag von organischen Lösemitteln und/ oder anderen Kohlenwasserstoffverbindungen und/oder anderen flüchtigen, brennbaren, d.h. oxidierbaren Stoffen in die Anlage vermindert. Für eine gleich bleibende, prozessfähige Prozesskammeratmosphäre reduzieren sich dementsprechend auch die erforderlichen Frischluft- und Abluftmengen in die bzw. aus der Prozesskammer. Die spezifische Schadstoffbelastung der Abluft, welche typischerweise in der Einheit Masse pro Volumen (z.B. g/m<sup>3</sup>) angegeben wird, kann dabei entsprechend der kleineren Werkstückanzahl in der Prozesskammer im Wesentlichen konstant gehalten werden. Die mit dem geringeren Abluftvolumenstrom - bei kleinerer Werkstückanzahl - einhergehende Verweilzeiterhöhung der Abluft in der Heizvorrichtung bringt einen verbesserten Ausbrand (Kohlenmonoxidgehalt im Abgas) und damit auch verbesserte Emissionswerte mit sich. Aufgrund dieses Effekts ist es möglich, bei kleinerer Werkstückanzahl nicht nur die Frischluft- und/ oder Abluftvolumenströme zu vermindern, sondern auch die Heizleistung der Heizvorrichtung, und dabei weiterhin die vorgeschriebenen Emissionswerte einzuhalten. Eine Reduzierung der Heizleistung der Heizvorrichtung führt unmittelbar zu einer Energieeinsparung.

**[0016]** Ein Absenken der Heizleistung der Heizvorrichtung kann auch die Lebensdauer der Werkstückbearbeitungsanlage verlängern. So kann zum Beispiel eine reine Abluftvolumenstromabsenkung baulich bedingt und/oder prozessbedingt sehr hohe Vorwärmtemperaturen in der Vorwärm- und/oder Aufheizzone der Heizvorrichtung mit sich bringen. Eine reduzierte Heizleistung der Heizvorrichtung kann in diesem Fall mögliche Schäden

z.B. durch thermische Überlastung am Ende der Vorwärmzone der Heizvorrichtung verhindern, insbesondere auch im Fall maximaler Vorwärmung.

**[0017]** Durch die Integration der Heizleistungssteuerung mit der Prozessluftmengensteuerung wird zudem auf eine zusätzliche, meist aufwändige Messtechnik zum Erfassen des Schadstoffgehalts in der von der Heizvorrichtung abgegebenen Abluft bzw. Reinluft verzichtet.

**[0018]** Der Begriff Prozessluft soll in diesem Zusammenhang alle Arten von Luftströmen umfassen, die in die Prozesskammer eingeleitet und/ oder aus der Prozesskammer ausgeleitet werden können. Hierzu zählen insbesondere eine in die Prozesskammer einzuleitende Frischluft, eine aus der Prozesskammer auszuleitende Abluft sowie eine aus der Prozesskammer auszuleitende und wieder in die Prozesskammer einzuleitende Umluft. Der Begriff Luft soll in diesem Zusammenhang jede Art von gasförmigem Fluid umfassen. Hierzu zählen insbesondere (Umgebungs-)Luft im eigentlichen Sinn und Gase, jeweils mit und ohne Verunreinigungen bzw. Schadstoffbelastungen.

**[0019]** Die Steuereinrichtung soll die Prozessluftmenge und die Heizleistung abhängig voneinander oder in Bezug zueinander steuern. Unter einer abhängigen Steuerung sollen in diesem Zusammenhang insbesondere Steuerungen verstanden werden, bei denen ein funktionaler Zusammenhang zwischen beiden Parametern Prozessluftmenge und Heizleistung vorhanden ist. Vorzugsweise existiert für diesen funktionalen Zusammenhang eine feste Gesetzmäßigkeit, bevorzugt über den gesamten Wertebereich der Parameter. Unter einer bezugnehmenden Steuerung sollen in diesem Zusammenhang insbesondere Steuerungen verstanden werden, bei denen in verschiedenen Wertebereichen der Parameter verschiedene Abhängigkeiten, Gesetzmäßigkeiten oder Sonderregeln gelten. Vorzugsweise existiert eine tabellarische Zuordnung zwischen den Werten der beiden Parameter, wobei diese Zuordnung bevorzugt empirisch bestimmt werden kann.

**[0020]** Bei dem Anpassen der Heizleistung an die Prozessluftmengensteuerung bzw. der Prozessluftmenge an die Heizleistungssteuerung kann die Zuordnung von Heizleistung und Prozessluftmenge bei dieser integrierten Regelung nicht grundsätzlich proportional zueinander sein. Alternativ kann sie unter bestimmten Umständen auch antiproportional sein, wenn zum Beispiel bei einer reduzierten Werkstückanzahl die Heizleistung in einem bestimmten Bereich angehoben werden muss, um bei abgesenktem Prozessluftstrom noch ausreichend Reingasenthalpie für die Prozessbeheizung zur Verfügung stellen zu können.

**[0021]** In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann die Prozessluftleitung (wenigstens) eine Frischluftleitung zum Einleiten von Frischluft in die Prozesskammer, (wenigstens) eine Abluftleitung zum Ausleiten von Abluft aus der Prozesskammer und/oder (wenigstens) eine Umluftleitung zum Ausleiten und Wiedereinleiten von Abluft aus der bzw. in die Prozesskammer

aufweisen. Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung dann derart ausgestaltet, dass sie die Frischluftmenge, die Abluftmenge und/oder die Umluftmenge steuert.

**[0022]** In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann die Heizvorrichtung eine Brennkammer aufweisen. Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung dann derart ausgestaltet, dass sie eine Brennkammertemperatur der Brennkammer steuert. Eine Veränderung der Brennkammertemperatur kann zum Beispiel durch eine Veränderung der Brenngaszufuhr erfolgen.

**[0023]** In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann die Heizvorrichtung eine thermische Nachverbrennungseinrichtung (TNV) aufweisen, die mit einer mit der Prozesskammer verbundenen Abluftleitung zum Zuführen von Abluft aus der Prozesskammer in die Nachverbrennungseinrichtung verbunden ist. Die thermische Nachverbrennungseinrichtung ist bevorzugt ausgestaltet, um eine thermische Oxidation, vorzugsweise eine regenerative oder rekuperative thermische Oxidation der brennbaren Schadstoffe im Abluftstrom aus der Prozesskammer durchzuführen.

**[0024]** In einer noch weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann die Heizvorrichtung (wenigstens) einen Umluftrekuperator und/oder (wenigstens) einen Frischluftrekuperator aufweisen, dem ein aus einer Verbrennung resultierendes Reingas zugeleitet wird.

**[0025]** Die Steuereinrichtung ist vorzugsweise derart ausgestaltet, dass sie (bei der Bestimmung der Prozessluftmengensteuerung als Master) die Prozessluftmenge in Abhängigkeit wenigstens eines Parameters steuert, der ausgewählt ist aus:

- Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der in der Prozesskammer aufgenommenen Werkstücke;
- Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der der Prozesskammer pro Zeiteinheit zugeführten Werkstücke;
- Volumenstrom, Massenstrom, Temperatur, Qualität (z.B. Homogenität der Dichteverteilung, Flüchtigkeit, etc.) und/oder Menge des Bearbeitungsmediums und/oder -fluids (z.B. Lack, Beschichtungspulver, Klebstoff oder dergleichen);
- Schadstoffgehalt und/oder Temperatur und/oder Feuchtigkeit der Prozessluft in der Prozesskammer; und
- Schadstoffgehalt und/oder Temperatur und/oder Feuchtigkeit einer aus der Prozesskammer ausgeleiteten Abluft.

**[0026]** Die Steuereinrichtung ist vorzugsweise derart ausgestaltet, dass sie (bei der Bestimmung der Heizleistungssteuerung als Master) die Heizleistung der Heizvorrichtung in Abhängigkeit wenigstens eines Parameters steuert, der ausgewählt ist aus:

- Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der in der Prozesskammer auf-

genommenen Werkstücke;

- Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der der Prozesskammer pro Zeiteinheit zugeführten Werkstücke;
- Schadstoffgehalt und/oder Temperatur einer aus der Prozesskammer ausgeleiteten Abluft;
- Schadstoffgehalt und/oder Temperatur eines aus der Heizvorrichtung in die Umgebung ausgeleiteten Reingases;
- Temperaturdifferenz einer aus der Prozesskammer ausgeleiteten und wieder in die Prozesskammer eingeleiteten Umluft;
- Temperaturdifferenz zwischen einer einer Brennkammer der Heizvorrichtung zugeführten Abluft aus der Prozesskammer und eines aus der Brennkammer ausgeleiteten Reingases; und
- Stellung einer Reingas- oder Dosierklappe, die je nach Öffnungswinkel mehr oder weniger Reingaseenthalpie an die Umluft abgibt.

**[0027]** Gemäß der Erfindung wird die Heizleistung ohne Erfassen einer zusätzlichen Messgröße betreffend eine Schadstoffkonzentration der in die Prozesskammer eingeleiteten Prozessluft (Reinluft) und/oder der aus der Prozesskammer ausgeleiteten Prozessluft (Abluft) angepasst. Vorzugsweise erfolgt diese Anpassung mittels eines empirisch oder theoretisch ermittelten Steuerungsalgorithmus. D. h. für die Anpassung der Heizleistung ist kein zusätzliches Messsystem erforderlich, sondern die Steuervorrichtung kann auf ihr ohnehin vorliegenden Daten, Parameter, Messgrößen, etc. zurückgreifen.

**[0028]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben einer Werkstückbearbeitungsanlage werden zu bearbeitende Werkstücke in einer Prozesskammer aufgenommen, wobei die Prozesskammer mit einer Prozessluftleitung zum Einleiten und/oder Ausleiten von Prozessluft in die bzw. aus der Prozesskammer verbunden ist; wird eine in die Prozesskammer einzuleitende Prozessluft mittels einer Heizvorrichtung erwärmt; und wird eine Heizleistung der Heizvorrichtung ohne Erfassen einer zusätzlichen Messgröße betreffend eine Schadstoffkonzentration der in die Prozesskammer eingeleiteten Prozessluft und/oder der aus der Prozesskammer ausgeleiteten Prozessluft an eine in die Prozesskammer eingeleitete und/oder aus der Prozesskammer ausgeleitete Prozessluftmenge oder die Prozessluftmengensteuerung angepasst.

**[0029]** Mit diesem Verfahren können die gleichen Vorteile wie mit der oben beschriebenen Werkstückbearbeitungsanlage der Erfindung gezielt werden. Die obigen Ausführungen zu Vorteilen, Begriffsdefinitionen und bevorzugten Ausgestaltungen gelten entsprechend.

**[0030]** Die vorliegende Erfindung ist vorzugsweise in Trocknungs- und/oder Härteanlagen zum Trocknen und/oder Härten von lackierten und/oder beschichteten und/oder geklebten Werkstücken einsetzbar. Bei den Werkstücken handelt es sich beispielsweise um Fahrzeugkarosserien oder Fahrzeugkarosserieteile.

**[0031]** Obige sowie weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung von verschiedenen Ausführungsbeispielen anhand der beiliegenden Zeichnungen besser verständlich. Darin zeigen, größtenteils schematisch:

Fig. 1 den Aufbau einer Werkstückbearbeitungsanlage gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 2 den Aufbau einer Werkstückbearbeitungsanlage gemäß verschiedenen Modifikationen des Ausführungsbeispiels von Fig. 1;

Fig. 3 den Aufbau einer Werkstückbearbeitungsanlage gemäß weiteren Modifikationen des Ausführungsbeispiels von Fig. 1; und

Fig. 4 den Aufbau einer Werkstückbearbeitungsanlage gemäß zusätzlicher Modifikationen des Ausführungsbeispiels von Fig. 3.

**[0032]** Fig. 1 zeigt eine Werkstückbearbeitungsanlage 10 gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, die beispielhaft als Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage ausgestaltet ist. Der Aufbau dieser Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage 10 entspricht grundsätzlich demjenigen der WO 2010/122121 A2. Hinsichtlich des Aufbaus der Anlage, der Funktionsweise der einzelnen Komponenten und möglicher Modifikationen wird daher auf diese WO 2010/122121 A2 vollinhaltlich Bezug genommen.

**[0033]** Die Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage 10 kann Teil einer Lackieranlage sein. Beispielsweise kann die Lackieranlage eine oder mehrere Lackierzonen 12 aufweisen, in denen Werkstücke 14 lackiert werden. Die Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage 10 kann diesen Lackierzonen 12 angegliedert und insbesondere in einer Förderrichtung 16 nachgeschaltet sein. Der Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage 10 ist in der Regel noch eine nicht dargestellte Kühlzone nachgelagert, in der die Werkstücke 14 für weitere Prozessschritte bzw. Arbeitsschritte abgekühlt werden. Speziell eignet sich die Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage 10 zum Trocknen und/oder Härten von lackierten und/oder geklebten Bauteilen, insbesondere von Karosserien, Karosserieteilen oder von anderen Baugruppen(teilen) eines Land-, Wasser- oder Luftfahrzeugs.

**[0034]** Beispielsweise ist das in der Fig. 1 dargestellte Werkstück 14 als lackierte Karosserie für ein Fahrzeug oder Flugzeug ausgestaltet. Das Werkstück 14 ist hierbei auf einem geeigneten Träger (Skid) 15 befestigt, der in einer Förderrichtung 16 verfahrbar ist, um das Werkstück 14 aus den Lackierzonen 12 in die und durch die Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage 10 zu befördern. Der Transport des Werkstückes 14 kann dabei kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Die erfindungsgemäße

Werkstückbearbeitungsanlage 10 eignet sich jedoch auch für andere Anwendungsfälle.

**[0035]** Die Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage 10 weist eine Prozesskammer 18 mit mehreren Zonen 20-24 auf. Dabei ist eine erste Zone 20 als Schleusenzonen in Form einer Einlaufschleuse ausgestaltet. Eine zweite Zone 21 ist als erste Aufheizzone ausgestaltet und eine dritte Zone 22 ist als zweite Aufheizzone ausgestaltet. Ferner ist eine vierte Zone 23 als Haltezone ausgestaltet und ist eine letzte Zone 24 als Schleusenzonen in Form einer Auslaufschleuse ausgestaltet. Im Betrieb der Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage 10 gelangt das Werkstück 14 zunächst in die Einlaufschleuse 20, wobei die Einlaufschleuse 20 die Prozesskammer 18 der Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage 10 gegenüber einer Umgebung abdichtet. Bei dieser Abdichtung erfolgt auch eine gewisse thermische Trennung zwischen dem Innenraum der Prozesskammer 18, der aufgeheizt wird, und der Umgebung. Die Schleusenzonen 20 und 24 sind vorzugsweise so ausgestaltet, dass insbesondere eine Prozessluft im Innern der Prozesskammer 18 nicht aus dieser entweicht oder ein Entweichen zumindest weitgehend vermieden wird.

**[0036]** Die erste Aufheizzone 21 und die zweite Aufheizzone 22 ermöglichen ein Aufheizen des Werkstücks 14 in (in diesem Ausführungsbeispiel zwei) Stufen. Bei einer Vollauslastung können in den Zonen 21, 22 jeweils ein oder mehrere Werkstücke 14 aufgeheizt werden, wobei das Werkstück 14 nach dem Aufheizen in der Zone 21 in die Zone 22 befördert wird, um ein weiteres Aufheizen zu ermöglichen. In der Haltezone 23 können ein oder mehrere Werkstücke 14 für einen gewissen Zeitraum verbleiben, um ein Trocknen und Härten des Werkstücks 14 (ggf. mit Hilfe von elektro-magnetischer Strahlung) durchzuführen. Lösungsmittel (Lösemittel) in Form von aliphatischen und/oder aromatischen Kohlenwasserstoffen, Fluor-Kohlenwasserstoffen, Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffen, Estern, Ketonen, Glykolethern, Alkoholen, Wasser und dergleichen reichern sich dann - je nachdem, ob es sich um Niedrig-, Mittel- oder Hochsieder handelt - hauptsächlich im Bereich der Aufheizzonen 21, 22 oder der Haltezone 23 in der Luft der Prozesskammer 18 an. Bei welchen Bedingungen die Lösemittel in der Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage 10 entweichen, hängt allerdings vom jeweiligen Lösemittel bzw. der Lösemittelkomponente ab. Niedersieder entweichen bei niedrigen (< 100°C), Mittelsieder bei mittleren (100°C bis 150°C) und Hochsieder bei hohen (> 150°C) Temperaturen. Für den Trocknungs- und/oder Härtnungsprozess in der Haltezone 23 kann eine gewisse Zeit vorgegeben sein, nach der das Werkstück 14 über die Schleusenzonen 24 aus der Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage 10 befördert wird. Das geklebte und/oder lackierte Werkstück 14 ist dann getrocknet und/oder gehärtet.

**[0037]** Im Betrieb der Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage 10 ist ein gewisser Austausch der in der Prozesskammer 18 vorgesehenen Prozessluft erforderlich. Hierbei kann eine gewisse Luftmenge aus der Trocknungs-

und/oder Härungsanlage 10 entnommen werden (Abluft), die durch Frischluft ersetzt wird. Dieser Prozessluftaustausch ist erforderlich, da sich die Luft in der Prozesskammer 18 mit Lösungsmitteln anreichert, die während des Trocknungs- und/oder Härungsprozesses aus einem Lackfilm oder einem Klebstoff in den Innenraum (Nutzraum) der Prozesskammer 18 der Trocknungs- und/oder Härungsanlage 10 gelangen, und dieser Anreicherung entgegengewirkt werden muss. Dadurch kann die mit Lösungsmittel angereicherte Prozessluft nach und nach, insbesondere kontinuierlich, ausgetauscht werden, um zu gewährleisten, dass die Prozessluft weiterhin Lösungsmittel aufnehmen kann. Hierbei kann ein gewisser Schwellwert vorgegeben sein, der zur Aufrechterhaltung eines ordnungsgemäßen Trocknungs- und/oder Härungsprozesses nicht oder nur geringfügig, insbesondere zeitlich und/oder räumlich begrenzt, überschritten werden soll. Dieser Prozessluftaustausch erfolgt hierbei gezielt, wobei ein Austausch über die Schleusenzonen 20, 24 möglichst weitgehend verhindert wird, da ansonsten in unerwünschter Weise warme Luft aus der Prozesskammer 18 in die Umgebung gelangt oder - wenn die Frischluft hauptsächlich über die Schleusenzonen 20, 24 in die Prozesskammer 18 gezogen wird - zu viel kalte Außenluft in die Prozesskammer 18 gelangt.

**[0038]** Die Trocknungs- und/oder Härungsanlage 10 weist ferner eine Heizvorrichtung 26-37 auf. Diese Heizvorrichtung weist eine thermische Nachverbrennungseinrichtung (TNV) 26, mindestens einen, vorzugsweise mehrere (hier: drei) Umluftrekuperatoren 28, 30, 32 und in der Regel einen (in seltenen Fällen keinen) Frischluftrekuperator 34 auf.

**[0039]** Die thermische Nachverbrennungseinrichtung 26 ist bevorzugt als Nachverbrennungseinrichtung zur regenerativen oder rekuperativen thermischen Oxidation von brennbaren Schadstoffen in einer Abluft aus der Prozesskammer 18 ausgestaltet und weist vorzugsweise einen Gasbrenner 36 auf. Die von dem Gasbrenner 36 in einer Brennkammer 37 erzeugte heiße Reinfluft wird über die Rekuperatoren 28, 30, 32, 34 geführt und dann an die Atmosphäre abgegeben, wie durch den Pfeil 38 angedeutet. D.h. die heißen Abgase (Reinfluft) der TNV 26 werden in den Rekuperatoren 28, 30, 32, 34 als Energiequelle zum Erwärmen der Umluft bzw. Frischluft genutzt. In den Rekuperatoren 28, 30, 32, 34 sind jeweils Drosselklappen vorgesehen, um einen gewissen Teil der von dem Gasbrenner 36 erzeugten Wärmeenergie im jeweiligen Rekuperator zu nutzen und den verbleibenden Teil an den nächsten Rekuperator weiterzuleiten.

**[0040]** Die Rekuperatoren 28, 30, 32, 34 weisen ferner jeweils einen Wärmetauscher 29, 31, 33, 35 auf. Dem Wärmetauscher 29 des ersten Umluftrekuperators 28 sind eine Saugseite und eine Ausströmseite einer mit der ersten Aufheizzone 21 verbundenen Umluftleitung 40 zugeordnet. Dabei ist der Wärmetauscher 29 zusammen mit einem Ventilator in der Umluftleitung 40 angeordnet. In Abhängigkeit von der Stellung der Drossel-

klappen des ersten Umluftrekuperators 28 erfolgt eine mehr oder weniger starke Aufheizung der durch den Wärmetauscher 29 strömenden und in die erste Aufheizzone 21 rückgeführten Umluft, um im Betrieb der Anlage 10 eine gewisse Temperatur der Prozessluft in der ersten Aufheizzone 21 der Prozesskammer 18 zu erreichen und aufrechtzuerhalten. In analoger Weise ist die zweite Aufheizzone 22 der Prozesskammer 18 über eine Umluftleitung 42 mit dem zweiten Umluftrekuperator 30 verbunden, der einen in der Umluftleitung 42 angeordneten Wärmetauscher 31 aufweist, und ist die Haltezone 23 der Prozesskammer 18 über eine Umluftleitung 44 mit dem dritten Umluftrekuperator 32 verbunden, der einen in der Umluftleitung 44 angeordneten Wärmetauscher 33 aufweist. So kann die Prozessluft in den Zonen 21, 22, 23 aufgeheizt und deren Temperatur auf einem gewünschten Niveau gehalten werden.

**[0041]** Zudem ist mindestens eine Abluftleitung 46 vorgesehen. Gemäß Fig. 1 ist eine Saugseite dieser Abluftleitung 46 dabei in der Haltezone 23 der Prozesskammer 18 angeordnet, und eine Ausströmseite der Abluftleitung 46 mündet in die Brennkammer 37 der TNV 26. Der zum Verbrennen eines Brenngases erforderliche Sauerstoff kann somit aus der über die Abluftleitung 46 strömenden Abluft aus der Haltezone 23 gewonnen werden, wobei diese Abluft erhitzt wird. Hierbei wird die Abluft aus der Haltezone 23 thermisch gereinigt, so dass in Richtung des Pfeils 38 Reinfluft an die Atmosphäre abgegeben wird. Dabei ist in der Abluftleitung 46 ein Wärmetauscher 27 angeordnet, so dass die an der Ausströmseite in die Brennkammer 37 strömende Abluft vorgeheizt werden kann. In der Abluftleitung 46 sind außerdem eine Drosselklappe 47 und ein Ventilator 48, der als insbesondere (frequenz-) geregelter Ventilator ausgestaltet ist, angeordnet.

**[0042]** Außerdem weist die Trocknungs- und/oder Härungsanlage 10 eine Frischluftleitung 50 mit einem Frischlufteingang 52, über den Frischluft angesaugt werden kann, auf. Aus dem Frischlufteingang 52 wird die Frischluft über die Frischluftleitung 50 zunächst durch den Frischluftrekuperator 34 geleitet, wobei der Wärmetauscher 35 in der Frischluftleitung 50 angeordnet ist. Die Frischluftleitung 50 weist in diesem Ausführungsbeispiel eine erste Auslassstelle an der Schleusenzone 20 der Prozesskammer 18 und eine zweite Auslassstelle an der Schleusenzone 24 auf. Hierbei sind vor diesen Auslassstellen Drosselklappen angeordnet, um den jeweils zu den Auslassstellen geführten Anteil der Frischluftmenge, die über die Frischluftleitung 50 zugeführt wird, zu regeln. Optional sind an einzelnen oder allen Auslassstellen verstellbare Gitter oder Düsen vorgesehen, um eine Einstellung der durchgesetzten Volumenströme vornehmen zu können. In der Frischluftleitung 50 ist außerdem ein insbesondere (frequenz-) geregelter Ventilator 53 angeordnet. In diesem Ausführungsbeispiel ist der Ventilator 53 in Strömungsrichtung vor dem Wärmetauscher 35 des Rekuperators 34 in der Frischluftleitung 50 angeordnet.

**[0043]** Wie in Fig. 1 dargestellt, weist die Trocknungs-

und/oder Härungsanlage 10 ferner eine Steuereinrichtung 55 auf. Diese Steuereinrichtung 55 ist insbesondere derart ausgestaltet, dass sie einerseits die über die Frischluftleitung 50 in die Schleusenzonen 20, 24 der Prozesskammer 18 eingeleitete Frischluftmenge und/oder die über die Abluftleitung 46 aus der Haltezone 23 der Prozesskammer 18 ausgeleitete Abluftmenge steuert und andererseits die Heizleistung der TNV 26 steuert. Ferner kann die Steuereinrichtung 55 auch die über die Umluftleitungen 40, 42, 44 geleiteten Umluftmengen steuern.

**[0044]** Zu diesem Zweck ist die Steuereinrichtung 55 mit einer Steuerung (z.B. einem Stellorgan) 56 des Ventilators 48 in der Abluftleitung 46, mit einer Steuerung (z.B. einem Stellorgan) 57 des Ventilators 53 in der Frischluftleitung 50, und mit einer Steuerung des Gasbrenners 36 in der Brennkammer 37 der TNV 26 verbunden. Alternativ oder zusätzlich kann die Steuereinrichtung 55 auch mit Stellgliedern der Drosseln bzw. Drosselklappen in der Abluftleitung 46 bzw. der Frischluftleitung 50 und/oder Drosselklappen/Reingasklappen zur Steuerung der Reingasenthalpie bei den Umluftrekuperatoren 28, 30, 32 verbunden sein.

**[0045]** Abweichend oder ergänzend zu der in Fig. 1 gezeigten Abluftleitung 46 kann eine Anordnung der Saugseite auch in einer oder mehreren Aufheizzone 21, 22 oder im Übergang zwischen zwei aufeinander folgenden Zonen 21, 22, 23 und/oder 24 angeordnet sein. In bevorzugter Weise ist die Saugseite einer Abluftleitung 46 im Bereich der Maximalkonzentration von brennbaren Schadstoffen der Prozessluft in der Prozesskammer 18 bzw. in einem auf einen Abschnitt oder Bereich maximaler Konzentrationszunahme von brennbaren Schadstoffen in der Prozessluft folgenden Bereich der Prozesskammer 18 angeordnet. Besonders bevorzugt ist die Absaugseite einer Abluftleitung 46 dabei nach der Aufheizzone 21 angeordnet. Ist mehr als eine Abluftleitung 46 vorgesehen, kann in mindestens einer der Abluftleitungen 46 eine steuer- und/oder regelbare Drossel- oder Absperrklappe 47 und/oder ein separater, steuer- und/oder regelbarer Ventilator 48 zur Steuerung eines Durchflusses durch die jeweilige Abluftleitung 46 vorgesehen sein, welche vorteilhafterweise mit der Steuereinrichtung 55 verbunden sind.

**[0046]** Die Steuereinrichtung 55 kann zur Steuerung der in die Zonen 20, 24 eingeleiteten Frischluftmenge und der aus der Zone 23 ausgeleiteten Abluftmenge einen oder mehrere Parameter berücksichtigen. Entsprechende Parameter sind vorteilhaft in der Steuerungssoftware hinterlegt, wobei die Parameter in Abhängigkeit vom Betrieb der Anlage 10 veränderbar sind. Da bei verschiedenen Betriebszuständen, beispielsweise im Pausenbetrieb, Teillastbetrieb oder Vollastbetrieb, die in die Prozesskammer 18 eingebrachte Lösungsmittelmenge variiert, kann als ein Parameter die Anzahl der in der Prozesskammer 18 aufgenommenen Werkstücke 14 dienen. In der Regel variiert die in die Prozesskammer 18 eingebrachte Lösungsmittelmenge in direkter Abhän-

gigkeit von der Anzahl der Werkstücke 14, so dass die Frischluft- und Abluftmengen proportional zu der Anzahl der Werkstücke 14 variiert werden können. Wie in Fig. 1 dargestellt, ist die Steuereinrichtung 55 zu diesem Zweck mit einer Werkstückerkennungseinrichtung 60 verbunden, welche die Anzahl der in die Prozesskammer 18 der Trocknungs- und/oder Härungsanlage 10 beförderten Werkstücke 14 erfassen kann.

**[0047]** In diesem Ausführungsbeispiel ist eine Werkstückerkennungseinrichtung 60 vorgesehen, die in der Förderrichtung 16 zwischen der Schleusenzone 20 der Prozesskammer 18 der Trocknungs- und/oder Härungsanlage 10 und der Lackierzone 12 angeordnet ist. Alternativ oder zusätzlich kann/ können auch mindestens eine, vorzugsweise mehrere Werkstückerkennungseinrichtung(en) vorgesehen sein, die der Prozesskammer 18 nachgeschaltet ist/sind. In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann auch auf eine solche gesonderte Werkstückerkennungseinrichtung verzichtet werden, wenn über die Anlagensteuerung auf andere Weise ein Indikator für die Werkstückanzahl definiert ist. Als Werkstückerkennungseinrichtungen 60 kommen bevorzugt Sensoren bzw. Sende/ Empfangseinheiten in Frage, die auf der Basis elektromagnetischer Wellen, Induktion und/oder Gewichtskraftmessung arbeiten. Die Werkstückerkennungseinrichtung(en) 60 kann/ können zum Beispiel als Sensor(en) ausgestaltet sein, der/die beim Passieren des Trägers 15 oder des Werkstücks 14 zumindest ein Taktsignal oder eine andere den Träger 15 oder das Werkstück 14 betreffende und/oder charakterisierende Messgröße an die Steuereinrichtung 55 übermitteln kann/können oder übermittelt/übermitteln. Aus den erhaltenen Taktsignalen kann die Steuereinrichtung 55 dann den momentanen Auslastungsgrad der Trocknungs- und/oder Härungsanlage 10 bestimmen. Alternativ oder ergänzend kann aus den Taktsignalen und/oder einer anderen von der Werkstückerkennungseinrichtung 60 erfassten, den Träger 15 oder das Werkstück 14 betreffenden und/oder charakterisierenden Messgröße die Position des Werkstücks im Trockner bestimmt werden. Weiter alternativ oder ergänzend kann - falls nötig oder vorteilhaft - die Frischluft- und/oder Abluftmenge von dieser Position des Trägers 15 oder des Werkstücks 14, vom Prozessfortgang (z.B. Position in Aufheizzone oder Haltezone) und/oder der Messgröße abhängig gemacht, insbesondere gesteuert und/oder geregelt werden. Die Werkstückerkennungseinrichtung 60 kann aber auch als Lesegerät, RFID-Lesegerät, Barcode-Leser oder dergleichen ausgestaltet sein. Bei solch einer Ausgestaltung kann die Werkstückerkennungseinrichtung 60 zum Beispiel eine Werkstücknummer des Werkstücks 14 oder mit dem Werkstück 14 in Zusammenhang stehende Informationen erfassen.

**[0048]** Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, andere Prozessparameter der Anlage 10 zu berücksichtigen, beispielsweise eine Größe des Werkstücks 14, ein Material des Werkstücks 14 und dergleichen. Weitere Prozessparameter, die alternativ oder zusätzlich berück-

sichtigt werden können, sind ein Volumenstrom, ein Massenstrom, eine Temperatur, eine Qualität (z.B. Homogenität der Dichteverteilung, Flüchtigkeit, etc.) und/oder eine Menge des Bearbeitungsmediums und/oder -fluids (z.B. Lack, Beschichtungspulver, Klebstoff oder dergleichen). Diese Informationen kann die Steuereinrichtung 55 zum Beispiel von einer übergeordneten Anlagensteuerung der Lackieranlage erhalten.

**[0049]** Auf diese Weise kann einer zu starken Anreicherung von Lösungsmitteln, die während des Trocknungs- und/oder Härtingsprozesses aus dem Lackfilm, einem Klebstoff oder dergleichen in die Prozesskammer 18 der Trocknungs- und/oder Härtingsanlage 10 gelangen, entgegengewirkt werden. Hierzu kann kontinuierlich ausreichend Frischluft in die Prozesskammer 18 geleitet und gleichzeitig lösemittelhaltige Abluft aus der Prozesskammer 18 ausgeleitet werden. Die über die Abluftleitung 46 entnommene Abluftmenge kann hierdurch durch eine entsprechende Frischluftmenge ersetzt werden. Die eingeleitete Frischluftmenge sowie die ausgeleitete Abluftmenge sind hierbei so gewählt, dass eine Kondensat-Bildung im Bereich der Schleusenzonen 20, 24 verhindert und/oder reduziert werden kann. Ferner sind die Frischluftmenge und die Abluftmenge hierbei optimiert, das heißt möglichst klein gewählt, um Energie zu sparen. Insbesondere wird zum Aufheizen der über die Frischluftleitung 50 zugeführten Frischluft Energie im Frischluftrekuperator 34 benötigt, deren Verbrauch dadurch optimiert werden kann. Außerdem erfolgt für die ausgeleitete Abluft bevorzugt eine thermische Abluftreinigung in der TNV 26.

**[0050]** Eine weitere Energieeinsparung erfolgt durch die Steuereinrichtung 55 über eine Anpassung der Heizleistung der Heizvorrichtung 26-37, insbesondere der Brennerleistung der TNV 26 an die Frischluft- und/oder Abluftmengensteuerung. Diese Anpassung der Heizleistung kann, optional ohne zusätzliche Messsysteme (z.B. zum Erfassen der Schadstoffkonzentration in der Reinluft, beispielsweise stromab der TNV 26 in der Reinluft oder stromauf der TNV 26 in der Abluft), basierend auf den von der Anlage 10 gelieferten Produktionsdaten und -parametern, die von der Steuereinrichtung 55 bereits zur Frischluft- und/oder Abluftmengensteuerung verwendet werden, ausgeführt werden.

**[0051]** Die Steuereinrichtung 55 ermöglicht einen bedarfsgerechten und damit energiesparenden Betrieb der Trocknungs- und/oder Härtingsanlage 10. Die hier vorgeschlagene, verbesserte Anlagenregelung ist möglich, weil sich zum Beispiel bei einer reduzierten Anzahl von Werkstücken 14 in der Prozesskammer 18 der Wasser- und Kohlenstoffeintrag, insbesondere der Lösemittel- und/oder Kohlenwasserstoffeintrag in die Anlage 10 vermindert. Für eine gleichbleibende, prozessfähige Prozesskammeratmosphäre reduzieren sich dementsprechend auch die erforderlichen Volumenströme der in die Prozesskammer 18 einzuleitenden Frischluft und der aus der Prozesskammer 18 auszuleitenden Abluft. Die spezifische Schadstoffbeladung der Abluft, welche

typischerweise in der Einheit Masse pro Volumen (z.B. g/m<sup>3</sup>) angegeben wird, bleibt dabei aufgrund der kleineren Werkstückanzahl in der Prozesskammer 18 im Wesentlichen konstant. Die mit dem geringeren Abluftvolumenstrom einhergehende Verweilzeiterhöhung der Abluft in der TNV 26 bringt einen verbesserten Ausbrand und damit auch verbesserte Emissionswerte für die Reinluft mit sich. Hierdurch ist es möglich, bei kleinerer Werkstückanzahl nicht nur die Frischluft- und/oder Abluftvolumenströme zu vermindern, sondern auch die Brennerleistung der TNV 26, und dennoch die vorgeschriebenen Emissionswerte einzuhalten.

**[0052]** Ein Absenken der Brennkammertemperatur der TNV 26 ist auch technisch sinnvoll und ggf. notwendig, da eine reine Abluftvolumenstromabsenkung häufig bedingt sehr hohe Vorwärmtemperaturen in der Aufheizzone der TNV 26 mit sich bringen kann. Als mögliche Folgen können Anlagenschäden z.B. durch thermische Überlastung am Ende der Vorwärmzone der TNV 26 auftreten. Es ist somit vorteilhaft, die Prozessluftmengensteuerung mit der Brennkammertemperaturregelung zu einer integrierten Gesamtsteuerung zusammenzuführen.

**[0053]** Wie oben erläutert, kann diese Zusammenführung so aussehen, dass die Frischluft- und/oder Abluftmengensteuerung der Brennkammertemperaturregelung übergeordnet ist. Eine Anhebung bzw. Absenkung des Abluftvolumenstroms durch die Abluftleitung 46 hätte dann automatisch eine Anhebung bzw. Absenkung der Brennkammertemperatur zur Folge. Der hier zugrunde liegende Steuerungsalgorithmus kann zum Beispiel durch Referenzmessungen im Rahmen der Emissionswerteinstellungen an der TNV 26 für die vorliegende Anlage 10 angepasst werden.

**[0054]** Dabei kann die Steuereinrichtung 55 die Frischluftmenge und/oder die Abluftmenge in die bzw. aus der Prozesskammer 18 der Trocknungs- und/oder Härtingsanlage 10 bevorzugt in Abhängigkeit von einem oder mehreren der folgenden Prozessparameter der Anlage 10 steuern:

- Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der in der Prozesskammer 18 aufgenommenen Werkstücke 14;
- Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der der Prozesskammer 18 pro Zeiteinheit zugeführten Werkstücke 14.

**[0055]** Weitere mögliche Prozessparameter, auf deren Basis die Frischluft- und/oder Abluftmengensteuerung durchgeführt werden kann, sind:

- Volumenstrom, Massenstrom, Temperatur, Qualität und/oder Menge des Bearbeitungsmediums und/oder -fluids;
- Schadstoffgehalt und/oder Temperatur und/oder Feuchtigkeit der Prozessluft in der Prozesskammer 18;



- Schadstoffgehalt und/oder Temperatur und/oder Feuchtigkeit der aus der Prozesskammer 18 ausgeleiteten Abluft.

**[0056]** Alternativ kann durch die Steuereinrichtung 55 auch eine Regelungsarchitektur vorgesehen sein, bei welcher die Regelung der Brennkammertemperatur der TNV 26 in Abhängigkeit von bestimmten Prozessparametern der Anlage 10 (Master) mit automatischer Anpassung des Frischluft- und/oder des Abluftvolumenstroms (Slave) durchgeführt werden kann.

**[0057]** Dabei kann die Steuereinrichtung 55 die Brennkammertemperatur der TNV 26 ebenfalls bevorzugt in Abhängigkeit von einem oder mehreren der folgenden Prozessparameter der Anlage 10 steuern:

- Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der in der Prozesskammer 18 aufgenommenen Werkstücke 14;
- Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der der Prozesskammer 18 pro Zeiteinheit zugeführten Werkstücke 14.

**[0058]** Weitere mögliche Prozessparameter, auf deren Basis die Regelung der Brennkammertemperatur durchgeführt werden kann, sind:

- Schadstoffgehalt und/oder Temperatur der aus der Prozesskammer 18 ausgeleiteten Abluft;
- Schadstoffgehalt und/oder Temperatur des aus der Heizvorrichtung 26-37 in die Umgebung ausgeleiteten Reingases;
- Temperaturdifferenz der aus der Prozesskammer ausgeleiteten und wieder in die Prozesskammer eingeleiteten Umluft (Zonen 21, 22, 23);
- Temperaturdifferenz zwischen der der Brennkammer 37 der TNV 26 zugeführten Abluft aus der Prozesskammer 18 und des aus der Brennkammer 37 ausgeleiteten Reingases;
- Stellung einer Reingas- oder Dosierklappe, die je nach Öffnungswinkel mehr oder weniger Reingasenthalpie an die Umluft abgibt.

**[0059]** Schließlich ist auch eine prinzipielle Gleichordnung der Prozessluftmengensteuerung und der Brennkammertemperatursteuerung denkbar. D.h. das jeweilige Master/Slave-Verhältnis dieser beiden Regelungen durch die Steuereinrichtung 55 wird erst im Betrieb der Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage 10 in Abhängigkeit von den aktuellen Produktionsdaten bzw. -parametern bestimmt.

**[0060]** Bezug nehmend auf Fig. 2 werden nun verschiedene Modifikationen der Trocknungs- und/oder Härtnungsanlage 10 von Fig. 1 erläutert, die einzeln oder in beliebiger Kombination vorgesehen sein können.

**[0061]** Wie oben erwähnt, kann die Steuereinrichtung 55 als weiteren Prozessparameter wahlweise auch mindestens einen Zustandsparameter (z.B. Feuchtigkeit,

Temperatur, Schadstoffgehalt) der Prozessluft in der Prozesskammer 18 verwenden. Wie in Fig. 2 dargestellt, kann deshalb optional ein entsprechender Prozessluftsensor 62 in/an der Prozesskammer 18 angebracht sein. Während dieser Prozessluftsensor 62 in Fig. 2 in/an der Schleusenzone 20 positioniert ist, kann/können ein oder mehrere Prozessluftsensor(en) alternativ oder zusätzlich auch in/an einer oder mehreren der anderen Zonen 21-24 der Prozesskammer 18 vorgesehen sein. Der oder die Prozessluftsensor(en) 62 können dabei beispielsweise zur Bestimmung der Feuchtigkeit als Feuchtemesser oder Hygrometer, zur Bestimmung der Temperatur als Thermometer, Infrarotsensor, thermoelektrisches Element oder dergleichen und/oder zur Bestimmung eines Schadstoffgehalts als Flammenionisationsdetektor (FID), Pellistor, elektrochemische Zelle, optische Gassensoren, galvanische Konzentrationszelle oder dergleichen ausgeführt sein.

**[0062]** Wie bereits oben erwähnt, kann die Steuereinrichtung 55 als weiteren Prozessparameter wahlweise auch einen Zustandsparameter (z.B. Temperatur, Schadstoffgehalt) der durch die Abluftleitung 46 aus der Prozesskammer 18 ausgeleiteten Abluft verwenden. Wie in Fig. 2 dargestellt, kann deshalb optional mindestens ein entsprechender Abluftsensor 64 in/an der Abluftleitung 46 angebracht sein. Alternativ oder ergänzend kann der Abluftsensor 64 auch in der Prozesskammer 18, vorzugsweise in der Zone, aus welcher die Absaugung mittels der Absaugleitung erfolgen kann oder erfolgt, insbesondere im Bereich der Absaugseite der Absaugleitung 46, angeordnet oder vorgesehen sein. Der Abluftsensor 46 ist insbesondere dazu bestimmt, vorgesehen und/oder ausgebildet, mindestens eine Qualität, Eigenschaft und/oder einen Zustandsparameter, insbesondere eine Feuchtigkeit, Temperatur und/oder Schadstoffgehalt der Abluft bzw. der abzusaugenden Prozessluft zu bestimmen. Der oder die Abluftluftsensor(en) 64 können dabei beispielsweise zur Bestimmung der Feuchtigkeit als Feuchtemesser oder Hygrometer, zur Bestimmung der Temperatur als Thermometer, Infrarotsensor, thermoelektrisches Element oder dergleichen und/oder zur Bestimmung eines Schadstoffgehalts als Flammenionisationsdetektor (FID), Pellistor, elektrochemische Zelle, optische Gassensoren, galvanische Konzentrationszelle oder dergleichen ausgeführt sein.

**[0063]** Wie ebenfalls bereits oben erwähnt, kann die Steuereinrichtung 55 als weiteren Prozessparameter wahlweise auch einen Zustandsparameter (z.B. Feuchtigkeit, Temperatur, Schadstoffgehalt) der von der Heizvorrichtung 26-37 ausgegebenen Reinluft 38 verwenden. Wie in Fig. 2 dargestellt, kann deshalb optional ein entsprechender Reinluftsensor 66 stromab der Heizvorrichtung vorgesehen sein. Alternativ oder zusätzlich kann auch ein Reinluftsensor zwischen der TNV 26 und dem ersten Umluftrekuperator 28 vorgesehen sein. Der Reinluftsensor 66 kann dabei beispielsweise zur Bestimmung der Feuchtigkeit als Feuchtemesser oder Hygrometer, zur Bestimmung der Temperatur als Thermome-

ter, Infrarotsensor, thermoelektrisches Element oder dergleichen und/oder zur Bestimmung eines Schadstoffgehalts als Flammenionisationsdetektor (FID), Pellistor, elektrochemische Zelle, optische Gassensoren, galvanische Konzentrationszelle oder dergleichen ausgeführt sein.

**[0064]** Wie in Fig. 2 veranschaulicht, können ferner verschiedene weitere Abluftleitungen 68, 70, 72, 74 vorgesehen sein.

**[0065]** Eine Saugseite der weiteren Abluftleitung 68 ist wie bei der Abluftleitung 46 in der Haltezone 23 der Prozesskammer 18 angeordnet. Diese weitere Abluftleitung 68 ist mit der Frischluftleitung 50 zusammengeführt, um die Frischluft aus dem Frischlufteingang 52 mit der Abluft aus der weiteren Abluftleitung 68 zu vermischen. Dieses Gemisch aus Frischluft und Abluft wird über die Frischluftleitung 50 den Schleusenzonen 20, 24 der Prozesskammer 18 zugeführt. In der weiteren Abluftleitung 68 sind vorzugsweise ein in seinem Durchsatz verstellbarer, insbesondere frequenz geregelter Ventilator und eine Drosselklappe angeordnet. Bei dieser Ausgestaltung berücksichtigt die Steuereinrichtung 55 vorzugsweise neben den beiden Kriterien Energieeinsparung und Kondensatvermeidung noch ein drittes Kriterium, nämlich die Begrenzung der Lösemittelkonzentration auf unterhalb 25% der unteren Explosionsgrenze (UEG). Um diese Kriterien zu erfüllen, ist eine gewisse Menge an Abluft aus der Haltezone 23 auszuleiten. Die über die Abluftleitung 46 aus der Prozesskammer 18 entfernte Abluft wird einer thermischen Abluftreinigung in der Brennkammer 37 der TNV 26 unterzogen, während der über die weitere Abluftleitung 68 aus der Haltezone 23 ausgeleitete und zusammen mit der Frischluft in die Schleusenzonen 20, 24 eingeleitete Teil der Abluft in Bezug auf die gesamte Trocknungs- und/oder Härungsanlage 10 als Umluft dient und die mit dem Lösungsmittel angereicherte Prozessluft über die Prozesskammer 18 verteilen kann. Hierdurch wird eine hohe Konzentration von Lösungsmitteln in der Prozessluft der Haltezone 23 verringert, wobei die thermische Energie erhalten bleibt und damit der Energiebedarf weiter verringert werden kann. Außerdem kann der über die weitere Abluftleitung 68 geführte Teil der Abluftmenge einen Teil der zugeführten Frischluftmenge ersetzen. Dabei ist das in die Schleusenzonen 20, 24 gelangende Luftgemisch aus der Abluft und der Frischluft aufgeheizt und relativ lösemittelarm, wenn dieses mit der Schleusenumluft in den Schleusenzonen 20, 24 in Berührung kommt, weshalb einer Kondensatbildung in diesen Zonen 20, 24 entgegengewirkt werden kann. Alternativ oder zusätzlich kann die als Umluft dienende Abluft auch aus einer anderen Zone der Prozesskammer 18, beispielsweise der ersten Aufheizzone 21 und/oder der zweiten Aufheizzone 22, entnommen werden.

**[0066]** Über eine weitere Abluftleitung 70, 72 kann als Umluft dienende Abluft aus der Haltezone 23 der Prozesskammer 18 abgeführt und vorzugsweise direkt, d.h. ohne Vermischen mit Frischluft, den Schleusenzonen

20, 24 zugeführt werden. Die beiden weiteren Abluftleitungen 70, 72 können wahlweise separate Saugstellen oder eine gemeinsame Saugstelle in der Haltezone 23 haben.

**[0067]** Über eine weitere Abluftleitung 74 kann als Umluft dienende Abluft aus der ersten Aufheizzone 21 der Prozesskammer 18 abgeführt und der Schleusenzone 20 zugeführt werden. Dadurch kann eine gewisse Abluftmenge aus der ersten Aufheizzone 21 in die Schleusenzone 20 geleitet werden.

**[0068]** Obwohl nicht dargestellt, können in den weiteren Abluftleitungen 68, 70, 72, 74 auch Ventilatoren, Drosseln bzw. Drosselklappen, Filtervorrichtungen und/oder Abluftsensoren 64 vorgesehen sein.

**[0069]** Bezug nehmend auf Fig. 3 werden verschiedene weitere Modifikationen der Trocknungs- und/oder Härungsanlage 10 von Fig. 1 erläutert. Diese weiteren Modifikationen können einzeln oder in beliebiger Kombination und/oder in beliebiger Kombination mit einer oder mehreren Kombinationen von Fig. 2 vorgesehen sein.

**[0070]** Wie in Fig. 3 dargestellt, kann zwischen der ersten Aufheizzone 21 und der zweiten Aufheizzone 22 optional eine Zwischenschleuse 25 vorgesehen sein. Von der Frischluftleitung 50 zweigt eine Zweigleitung 51 ab, über welche mittels einer Düse ein Frischluftstromvorhang in der Zwischenschleuse 25 erzeugt werden kann.

**[0071]** Ferner besteht die Möglichkeit, einer oder mehreren der Umluftleitungen 40, 42, 44 Frischluft zuzuleiten. Zu diesem Zweck ist eine weitere Frischluftleitung 76 vorgesehen, die um Beispiel stromauf und/oder stromab des Wärmetauschers 35 des Frischluftrekuperators 34 abzweigt und zum Beispiel stromab des Wärmetauschers 29, 31, 33 des jeweiligen Umluftrekuperators 28, 30, 32 in die entsprechende Umluftleitung 40, 42, 44 mündet.

**[0072]** Weitere Varianten der Trocknungs- und/oder Härungsanlage 10 weisen eine Durchflussmesseinrichtung 78 an der weiteren Frischluftleitung 76 und/oder eine Durchflussmesseinrichtung 79 an der Frischluftleitung 50 auf.

**[0073]** Bezug nehmend auf Fig. 4 werden verschiedene zusätzliche Modifikationen der Trocknungs- und/oder Härungsanlage 10 von Fig. 1 erläutert, wobei diese hier als ergänzende Modifikationen zur Ausführung nach Fig. 3 gezeigt sind. Diese zusätzlichen Modifikationen können jedoch auch einzeln oder in beliebiger Kombination und/oder in beliebiger Kombination mit einer oder mehreren Kombinationen von Fig. 2 vorgesehen sein.

**[0074]** Ergänzend zum Beispiel zu Fig. 3 ist zumindest eine weitere Abluftleitung 46 vorgesehen, deren Absaugseite an der Zwischenschleuse 25 angeordnet ist. In zumindest einer Abluftleitungen 46 kann dabei eine Drosselklappe 47, ein Ventilator 48 und/oder ein Abluftsensor 64 vorgesehen oder angeordnet sein, welche vorteilhafterweise einen Durchfluss durch die jeweilige Abluftleitung 46 charakterisieren, bestimmen und/oder festlegen. Die Drosselklappe 47 und/oder der Ventilator

48 sind dabei vorteilhafterweise mit einer Ausgangsleitung der Steuereinrichtung 55 verbunden, der Abluftsensor 64 insbesondere mit einer Eingangsleitung. Hinsichtlich Art und Aufgabe des Abluftsenors 64 wird in dieser Stelle auf die Beschreibung des Ausführungsbeispiels nach Fig. 2 verwiesen.

**[0075]** Optional kann weiter vorgesehen sein, dass in einem Pfad oder einer Leitung der Reinluft ein Reinluftsensor 66 vorgesehen ist, wie er bereits in den Ausführungen zu Fig. 2 beschrieben wurde, worauf an dieser Stelle verwiesen wird.

**[0076]** Wie bereits in der Beschreibung zu Fig. 1 geschildert, ist an der Heizvorrichtung 26-37, insbesondere der TNV 26, nach Fig. 4 eine Regelklappe zur Steuerung einer Brennstoff- oder einer Brennstoff-Luft-Gemisch-Zufuhr gezeigt, welche mit einer Ausgangsleitung der Steuervorrichtung 55 verbunden ist. Neben dieser Regelklappe kann die Heizvorrichtung 26-37, insbesondere die TNV 26, optional auch hinsichtlich einer nicht gezeigten Zündeinrichtung mit einem Ausgang und/oder einem ebenfalls nicht dargestellten Brennraumüberwachungssensor mit einem Eingang der Steuereinrichtung 55 verbunden sein, wodurch die Steuerung günstigerweise auch einen Zündvorgang einleiten und/oder die Zündung und/oder den Verbrennungsprozess überwachen kann.

**[0077]** In einer weiteren Modifikation gemäß Fig. 4 ist ferner vorgesehen, dass die Steuereinrichtung 55 ergänzend oder alternativ zu den Daten der Werkstückfassungseinrichtung 60 Prozess- und/ oder Produktdaten 12A aus dem vorgelagerten Lackier- und/oder Beschichtungs- und/oder Klebeprozess, insbesondere aus der Lackier-, Beschichtung- und/oder Klebeanlage, bevorzugt aus den Lackierzellen 12, zugeführt werden und/oder von dieser abgefragt werden können. Für die erfindungsgemäße Werkstückbearbeitungsanlage 10 bzw. das erfindungsgemäße Verfahren sind dabei insbesondere Prozess- und/oder Produktdaten 12A zu verwendetem Arbeitsmaterial (z.B. Lack, Beschichtungsstoff, Klebstoff und/oder Hilfsmitteln, insbesondere hinsichtlich Zusammensetzung, physikalischen/chemischen Eigenschaften, etc.), Auftragseigenschaften (z.B. Schichtdicke) und/oder Werkstückbeschaffenheit (z.B. Masse, Volumen, Oberfläche, Form) von Bedeutung. Diese können dabei beispielsweise von einem Prozessrechner des vorgelagerten Lackier- und/oder Beschichtungs- und/oder Klebeprozesses beispielsweise über einen Datenbus der Steuereinrichtung 55 zugeführt, bereitgestellt und/oder von dieser abgefragt werden. Alternativ oder ergänzend kann auch vorgesehen sein, dass diese Prozess- und/oder Produktdaten 12A dem Werkstück 14 oder dem Träger 15 oder mit diesen weitergeben werden und vorzugsweise mittels der Werkstückfassungseinrichtung 60 oder einer anderen Leseinheit ausgelesen und an die Steuereinrichtung 55 zur Verarbeitung weitergeleitet werden. So können bestimmte Parameterwerte, -intervalle und/oder -gruppen in einen vorzugsweise maschinenlesbaren Code (z.B. Barcode, QR-Code) codiert

werden, wobei die Steuereinrichtung 55 vorteilhafterweise über eine entsprechende Decodierungseinheit verfügt, um die so codiert übermittelten Prozess- und/oder Produktdaten 12A für die Verarbeitung auszuwerten. Alternativ oder ergänzend können Prozess- und/oder Produktdaten 12A codiert oder uncodiert in einem Speicherelement am Werkstück 14 und/oder Träger 15 wiederabrufbar abgelegt sein, wobei günstigerweise die Werkstückfassungseinrichtung 60 oder eine andere Leseinheit der Werkstückbearbeitungsanlage 10 die für die Steuerung erforderlichen Prozess- und/oder Produktdaten 12A ausliest. Ergänzend kann beispielsweise in oder nach der Ausschleusezone 24 eine Schreibeinheit vorgesehen sein, welche Prozess- und/oder Produktdaten 10A der Werkstückbearbeitung in der Werkstückbearbeitungsanlage 10 im Speicherelement des Werkstücks 14 und/oder Träger 15 abspeichert. Alternativ oder ergänzend kann die Steuereinheit 55 die Prozess- und/oder Produktdaten 10A auch an einen Prozessleitrechner weiterleiten.

## Patentansprüche

1. Werkstückbearbeitungsanlage (10), insbesondere zum Trocknen und/oder Härten von lackierten und/oder beschichteten und/oder geklebten Werkstücken, aufweisend:

eine Prozesskammer (18) zum Aufnehmen von zu bearbeitenden Werkstücken (14), wobei die Prozesskammer (18) mit einer Prozessluftleitung (40, 42, 44, 46, 50) zum Einleiten und/oder Ausleiten von Prozessluft in die bzw. aus der Prozesskammer verbunden ist;  
eine Heizvorrichtung (26-37) zum Erwärmen einer in die Prozesskammer (18) einzuleitenden Prozessluft; und  
eine Steuereinrichtung (55) zum Steuern einer in die Prozesskammer eingeleiteten und/oder aus der Prozesskammer ausgeleiteten Prozessluftmenge und zum Steuern einer Heizleistung der Heizvorrichtung,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die Steuereinrichtung (55) ausgestaltet ist, um die Heizleistung der Heizvorrichtung ohne Erfassen einer zusätzlichen Messgröße betreffend eine Schadstoffkonzentration der in die Prozesskammer (18) eingeleiteten Prozessluft und/oder der aus der Prozesskammer (18) ausgeleiteten Prozessluft an die Prozessluftmenge oder die Prozessluftmengensteuerung anzupassen.

2. Werkstückbearbeitungsanlage nach Anspruch 1, bei welcher

die Prozessluftleitung (40, 42, 44, 46, 50) eine

- Frischluftleitung (50) zum Einleiten von Frischluft in die Prozesskammer, eine Abluftleitung (46) zum Ausleiten von Abluft aus der Prozesskammer und/oder eine Umluftleitung (40, 42, 44) zum Ausleiten und Wiedereinleiten von Abluft aus der bzw. in die Prozesskammer aufweist; und  
die Steuereinrichtung (55) ausgestaltet ist, um die Frischluftmenge, die Abluftmenge und/oder die Umluftmenge zu steuern.
3. Werkstückbearbeitungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die Heizvorrichtung (26-37) eine Brennkammer (37) aufweist; und  
die Steuereinrichtung (55) ausgestaltet ist, um eine Brennkammertemperatur der Brennkammer (37) zu steuern.
4. Werkstückbearbeitungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die Heizvorrichtung (26-37) eine thermische Nachverbrennungseinrichtung (26) aufweist, die mit einer mit der Prozesskammer (18) verbundenen Abluftleitung (46) zum Zuführen von Abluft aus der Prozesskammer in die Nachverbrennungseinrichtung (26) verbunden ist.
5. Werkstückbearbeitungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die Heizvorrichtung (26-37) einen Umluftrekuperator (28, 30, 32) und/oder einen Frischluftrekuperator (34) aufweist; und  
ein aus einer Verbrennung resultierendes Reingas dem Umluftrekuperator (28, 30, 32) und/oder dem Frischluftrekuperator (34) zugeleitet wird.
6. Werkstückbearbeitungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die Steuereinrichtung (55) ausgestaltet ist, um die Prozessluftmenge in Abhängigkeit wenigstens eines Parameters zu steuern, der ausgewählt ist aus:
- Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der in der Prozesskammer (18) aufgenommenen Werkstücke (14);
  - Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der der Prozesskammer (18) pro Zeiteinheit zugeführten Werkstücke (14);
  - Volumenstrom, Massenstrom, Temperatur, Qualität und/oder Menge des Bearbeitungsmediums und/oder -fluids;
  - Schadstoffgehalt und/oder Temperatur und/oder Feuchtigkeit der Prozessluft in der Prozesskammer (18);
  - Schadstoffgehalt und/oder Temperatur und/oder Feuchtigkeit einer aus der Prozesskammer
- (18) ausgeleiteten Abluft.
7. Werkstückbearbeitungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die Steuereinrichtung (55) ausgestaltet ist, um die Heizleistung der Heizvorrichtung in Abhängigkeit wenigstens eines Parameters zu steuern, der ausgewählt ist aus:
- Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der in der Prozesskammer (18) aufgenommenen Werkstücke (14);
  - Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der der Prozesskammer (18) pro Zeiteinheit zugeführten Werkstücke (14);
  - Schadstoffgehalt und/oder Temperatur einer aus der Prozesskammer (18) ausgeleiteten Abluft;
  - Schadstoffgehalt und/oder Temperatur eines aus der Heizvorrichtung (26-37) in die Umgebung ausgeleiteten Reingases;
  - Temperaturdifferenz einer aus der Prozesskammer ausgeleiteten und wieder in die Prozesskammer eingeleiteten Umluft;
  - Temperaturdifferenz zwischen einer einer Brennkammer (37) der Heizvorrichtung zugeführten Abluft aus der Prozesskammer (18) und eines aus der Brennkammer ausgeleiteten Reingases;
  - Stellung einer Reingas- oder Dosierklappe.
8. Verfahren zum Betreiben einer Werkstückbearbeitungsanlage (10), insbesondere zum Trocknen und/oder Härten von lackierten und/oder beschichteten und/oder geklebten Werkstücken, bei welchem
- zu bearbeitende Werkstücke (14) in einer Prozesskammer (18) aufgenommen werden, wobei die Prozesskammer (18) mit einer Prozessluftleitung (40, 42, 44, 46, 50) zum Einleiten und/oder Ausleiten von Prozessluft in die bzw. aus der Prozesskammer verbunden ist; und eine in die Prozesskammer (18) einzuleitende Prozessluft mittels einer Heizvorrichtung (26-37) erwärmt wird,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- eine Heizleistung der Heizvorrichtung ohne Erfassen einer zusätzlichen Messgröße betreffend eine Schadstoffkonzentration der in die Prozesskammer (18) eingeleiteten Prozessluft und/oder der aus der Prozesskammer (18) ausgeleiteten Prozessluft an eine in die Prozesskammer eingeleitete und/oder aus der Prozesskammer ausgeleitete Prozessluftmenge oder die Prozessluftmengensteuerung angepasst wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei welchem

die Prozessluftmenge in Abhängigkeit wenigstens eines Parameters gesteuert wird, der ausgewählt ist aus:

- Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der in der Prozesskammer (18) aufgenommenen Werkstücke (14); 5
- Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der der Prozesskammer (18) pro Zeiteinheit zugeführten Werkstücke (14); 10
- Volumenstrom, Massenstrom, Temperatur, Qualität und/oder Menge des Bearbeitungsmediums und/oder -fluids;
- Schadstoffgehalt und/oder Temperatur und/oder Feuchtigkeit der Prozessluft in der Prozesskammer (18); 15
- Schadstoffgehalt und/oder Temperatur und/oder Feuchtigkeit einer aus der Prozesskammer (18) ausgeleiteten Abluft. 20

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, bei welchem die Heizleistung der Heizvorrichtung in Abhängigkeit wenigstens eines Parameters gesteuert wird, der ausgewählt ist aus: 25

- Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der in der Prozesskammer (18) aufgenommenen Werkstücke (14);
- Anzahl und/oder Gewicht und/oder Typ und/oder Oberflächengröße der der Prozesskammer (18) pro Zeiteinheit zugeführten Werkstücke (14); 30
- Schadstoffgehalt und/oder Temperatur einer aus der Prozesskammer (18) ausgeleiteten Abluft; 35
- Schadstoffgehalt und/oder Temperatur eines aus der Heizvorrichtung (26-37) in die Umgebung ausgeleiteten Reingases;
- Temperaturdifferenz einer aus der Prozesskammer ausgeleiteten und wieder in die Prozesskammer eingeleiteten Umluft; 40
- Temperaturdifferenz zwischen einer einer Brennkammer (37) der Heizvorrichtung zugeführten Abluft aus der Prozesskammer (18) und eines aus der Brennkammer ausgeleiteten Reingases; 45
- Stellung einer Reingas- oder Dosierklappe. 50

## Claims

1. A workpiece processing installation (10), in particular for drying and/or curing painted and/or coated and/or glued workpieces, comprising: 55

a process chamber (18) for receiving workpieces (14) to be processed, wherein the pro-

cess chamber (18) is connected to a process air line (40, 42, 44, 46, 50) for introducing and/or discharging process air into or out of the process chamber, respectively;

a heating device (26-37) for heating a process air to be introduced into the process chamber (18); and

a control means (55) for controlling a process air volume introduced into the process chamber and/or discharged from the process chamber and for controlling a heating power of the heating device,

### characterized in that

the control means (55) is configured to adjust the heating power of the heating device, without detecting an additional measured variable relating to a pollutant concentration of the process air introduced into the process chamber (18) and/or of the process air discharged from the process chamber (18), to the process air volume or the process air volume control.

2. The workpiece processing installation according to claim 1, wherein

the process air line (40, 42, 44, 46, 50) comprises a fresh air line (50) for introducing fresh air into the process chamber, an exhaust air line (46) for discharging exhaust air from the process chamber and/or a recirculation air line (40, 42, 44) for discharging and reintroducing exhaust air from and into the process chamber, respectively; and

the control means (55) is configured to control the fresh air volume, the exhaust air volume and/or the recirculating air volume.

3. The workpiece processing installation according to one of the preceding claims, wherein

the heating device (26-37) comprises a combustion chamber (37); and

the control means (55) is configured to control a combustion chamber temperature of the combustion chamber (37).

4. The workpiece processing installation according to one of the preceding claims, wherein

the heating device (26-37) comprises a thermal post-combustion device (26) connected to an exhaust air line (46) connected to the process chamber (18) for supplying exhaust air from the process chamber into the post-combustion device (26).

5. The workpiece processing installation according to one of the preceding claims, wherein

the heating device (26-37) comprises a recircu-

- lating air recuperator (28, 30, 32) and/or a fresh air recuperator (34); and  
a clean gas resulting from combustion is supplied to the recirculating air recuperator (28, 30, 32) and/or the fresh air recuperator (34). 5
6. The workpiece processing installation according to one of the preceding claims, wherein the control means (55) is configured to control the process air volume depending on at least one parameter selected from: 10
- number and/or weight and/or type and/or surface area of the workpieces (14) received in the process chamber (18); 15
  - number and/or weight and/or type and/or surface area of the workpieces (14) fed to the process chamber (18) per time unit;
  - volume flow, mass flow, temperature, quality and/or quantity of the processing medium and/or fluid; 20
  - pollutant content and/or temperature and/or humidity of the process air in the process chamber (18);
  - pollutant content and/or temperature and/or humidity of an exhaust air discharged from the process chamber (18). 25
7. The workpiece processing installation according to one of the preceding claims, wherein the control means (55) is configured to control the heating power of the heating device depending on at least one parameter selected from: 30
- number and/or weight and/or type and/or surface area of the workpieces (14) received in the process chamber (18); 35
  - number and/or weight and/or type and/or surface area of the workpieces (14) fed to the process chamber (18) per time unit; 40
  - pollutant content and/or temperature of an exhaust air discharged from the process chamber (18);
  - pollutant content and/or temperature of a clean gas discharged from the heating device (26-37) into the environment; 45
  - temperature difference of a recirculating air discharged from the process chamber and re-introduced into the process chamber;
  - temperature difference between an exhaust air from the process chamber (18) supplied to a combustion chamber (37) of the heating device and a clean gas discharged from the combustion chamber; 50
  - position of a clean gas or metering flap. 55
8. A method for operating a workpiece processing installation (10), in particular for drying and/or curing
- painted and/or coated and/or glued workpieces, wherein
- workpieces (14) to be processed are received in a process chamber (18), wherein the process chamber (18) is connected to a process air line (40, 42, 44, 46, 50) for introducing and/or discharging process air into or out of the process chamber, respectively; and  
a process air to be introduced into the process chamber (18) is heated by means of a heating device (26-37),  
**characterized in that**  
a heating power of the heating device is adjusted, without detecting an additional measured variable relating to a pollutant concentration of the process air introduced into the process chamber (18) and/or of the process air discharged from the process chamber (18), to a process air volume introduced into the process chamber and/or discharged from the process chamber or to the process air volume control.
9. The method according to claim 8, wherein the process air volume is controlled depending on at least one parameter selected from:
- number and/or weight and/or type and/or surface area of the workpieces (14) received in the process chamber (18);
  - number and/or weight and/or type and/or surface area of the workpieces (14) fed to the process chamber (18) per time unit;
  - volume flow, mass flow, temperature, quality and/or quantity of the processing medium and/or fluid;
  - pollutant content and/or temperature and/or humidity of the process air in the process chamber (18);
  - pollutant content and/or temperature and/or humidity of an exhaust air discharged from the process chamber (18).
10. The method according to claim 8 or 9, wherein the heating power of the heating device is controlled depending on at least one parameter selected from:
- number and/or weight and/or type and/or surface area of the workpieces (14) received in the process chamber (18);
  - number and/or weight and/or type and/or surface area of the workpieces (14) fed to the process chamber (18) per time unit;
  - pollutant content and/or temperature of an exhaust air discharged from the process chamber (18);
  - pollutant content and/or temperature of a clean gas discharged from the heating device (26-37)

into the environment;

- temperature difference of a recirculating air discharged from the process chamber and re-introduced into the process chamber;
- temperature difference between an exhaust air from the process chamber (18) supplied to a combustion chamber (37) of the heating device and a clean gas discharged from the combustion chamber;
- position of a clean gas or metering flap.

## Revendications

1. Installation pour le traitement de pièces (10), en particulier pour sécher et/ou durcir des pièces vernies et/ou revêtues et/ou collées, comprenant :

une chambre de traitement (18) pour recevoir des pièces (14) à traiter, la chambre de traitement (18) étant reliée à une conduite d'air de traitement (40, 42, 44, 46, 50) pour introduire et/ou sortir un air de traitement dans ou respectivement de la chambre de traitement ;  
un dispositif de chauffage (26-37) pour chauffer un air de traitement à introduire dans la chambre de traitement (18) ; et  
un organe de commande (55) pour commander un débit d'air de traitement introduit dans la chambre de traitement et/ou sorti de la chambre de traitement et pour commander une puissance de chauffage dudit dispositif de chauffage,  
**caractérisée en ce que**  
ledit organe de commande (55) est configuré pour ajuster la puissance de chauffage du dispositif de chauffage, sans détection d'une valeur de mesure supplémentaire concernant une concentration de polluants dans l'air de traitement introduit dans la chambre de traitement (18) et/ou dans l'air de traitement évacué de la chambre de traitement (18), en fonction du débit d'air de traitement ou en fonction de la commande de débit d'air de traitement.

2. Installation pour le traitement de pièces selon la revendication 1, dans laquelle

la conduite d'air de traitement (40, 42, 44, 46, 50) comprend une conduite d'air frais (50) pour introduire de l'air frais dans la chambre de traitement, une conduite d'air d'échappement (46) pour sortir de l'air d'échappement de la chambre de traitement, et/ou une conduite d'air de circulation (40, 42, 44) pour sortir et réintroduire de l'air d'échappement de, ou respectivement dans, la chambre de traitement ; et  
le dispositif de commande (55) est configuré

pour commander le débit d'air frais, le débit d'air d'échappement et/ou le débit d'air de circulation.

3. Installation pour le traitement de pièces selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle

ledit dispositif de chauffage (26-37) comprend une chambre de combustion (37) ; et  
ledit organe de commande (55) est configuré pour commander une température de chambre de combustion de la chambre de combustion (37).

4. Installation pour le traitement de pièces selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle

ledit dispositif de chauffage (26-37) comprend un dispositif de postcombustion thermique (26) qui est connecté à une conduite d'air d'échappement (46) connectée à la chambre de traitement (18) et destinée à introduire un air d'échappement depuis la chambre de traitement dans le dispositif de postcombustion thermique (26).

5. Installation pour le traitement de pièces selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle

ledit dispositif de chauffage (26-37) comprend un récupérateur d'air de circulation (28, 30, 32) et un récupérateur d'air frais (34) ; et  
un gaz épuré résultant de la combustion est fourni au récupérateur d'air de circulation (28, 30, 32) et/ou au récupérateur d'air frais (34).

6. Installation pour le traitement de pièces selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle

ledit organe de commande (55) est configuré pour commander le débit d'air de traitement en fonction d'au moins un paramètre qui est choisi parmi :

- nombre et/ou poids et/ou type et/ou surface des pièces (14) reçues dans la chambre de traitement (18) ;
- nombre et/ou poids et/ou type et/ou surface des pièces (14) fournies à la chambre de traitement (18) par unité de temps ;
- débit volumique, débit massique, température, qualité et/ou quantité du milieu de traitement et/ou du fluide de traitement ;
- teneur en polluants et/ou température et/ou humidité de l'air de traitement dans la chambre de traitement (18) ;
- teneur en polluants et/ou température et/ou humidité de l'air d'échappement évacué de la

chambre de traitement (18).

7. Installation pour le traitement de pièces selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle

ledit organe de commande (55) est configuré pour commander la puissance de chauffage du dispositif de chauffage en fonction d'au moins un paramètre qui est choisi parmi :

- nombre et/ou poids et/ou type et/ou surface des pièces (14) reçues dans la chambre de traitement (18) ;
- nombre et/ou poids et/ou type et/ou surface des pièces (14) fournies à la chambre de traitement (18) par unité de temps ;
- teneur en polluants et/ou température de l'air d'échappement évacué de la chambre de traitement (18) ;
- teneur en polluants et/ou température du gaz épuré évacué depuis ledit dispositif de chauffage (26-37) dans l'environnement ;
- différence de température d'un air de circulation évacué de la chambre de traitement et réintroduit dans la chambre de traitement ;
- différence de température entre un air d'échappement fourni depuis la chambre de traitement (18) à une chambre de combustion (37) du dispositif de chauffage et un gaz épuré évacué depuis la chambre de combustion ;
- position d'un clapet de gaz épuré ou de dosage.

8. Procédé d'exploitation d'une installation pour le traitement de pièces (10), en particulier pour sécher et/ou durcir des pièces vernies et/ou revêtues et/ou collées, dans lequel :

des pièces (14) à traiter sont reçus dans une chambre de traitement (18), la chambre de traitement (18) étant reliée à une conduite d'air de traitement (40, 42, 44, 46, 50) pour introduire et/ou sortir un air de traitement dans, ou respectivement de, la chambre de traitement ; et un air de traitement à introduire dans la chambre de traitement (18) est chauffé par un dispositif de chauffage (26-37),

**caractérisée en ce que**

une puissance de chauffage du dispositif de chauffage est ajustée, sans détection d'une valeur de mesure supplémentaire concernant une concentration de polluants dans l'air de traitement introduit dans la chambre de traitement (18) et/ou dans l'air de traitement évacué de la chambre de traitement (18), en fonction du débit d'air de traitement introduit dans la chambre de traitement et/ou sorti de la chambre de traitement ou en fonction de la commande de débit

d'air de traitement.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel le débit d'air de traitement est commandé en fonction d'au moins un paramètre qui est choisi parmi :

- nombre et/ou poids et/ou type et/ou surface des pièces (14) reçues dans la chambre de traitement (18) ;
- nombre et/ou poids et/ou type et/ou surface des pièces (14) fournies à la chambre de traitement (18) par unité de temps ;
- débit volumique, débit massique, température, qualité et/ou quantité du milieu de traitement et/ou du fluide de traitement ;
- teneur en polluants et/ou température et/ou humidité de l'air de traitement dans la chambre de traitement (18) ;
- teneur en polluants et/ou température et/ou humidité de l'air d'échappement évacué de la chambre de traitement (18).

10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, dans lequel la puissance de chauffage du dispositif de chauffage est commandée en fonction d'au moins un paramètre qui est choisi parmi :

- nombre et/ou poids et/ou type et/ou surface des pièces (14) reçues dans la chambre de traitement (18) ;
- nombre et/ou poids et/ou type et/ou surface des pièces (14) fournies à la chambre de traitement (18) par unité de temps ;
- teneur en polluants et/ou température de l'air d'échappement évacué de la chambre de traitement (18) ;
- teneur en polluants et/ou température du gaz épuré évacué depuis ledit dispositif de chauffage (26-37) dans l'environnement ;
- différence de température de l'air de circulation évacué de la chambre de traitement et réintroduit dans la chambre de traitement ;
- différence de température entre un air d'échappement fourni depuis la chambre de traitement (18) à une chambre de combustion (37) du dispositif de chauffage et un gaz épuré évacué depuis la chambre de combustion ;
- position d'un clapet de gaz épuré ou de dosage.



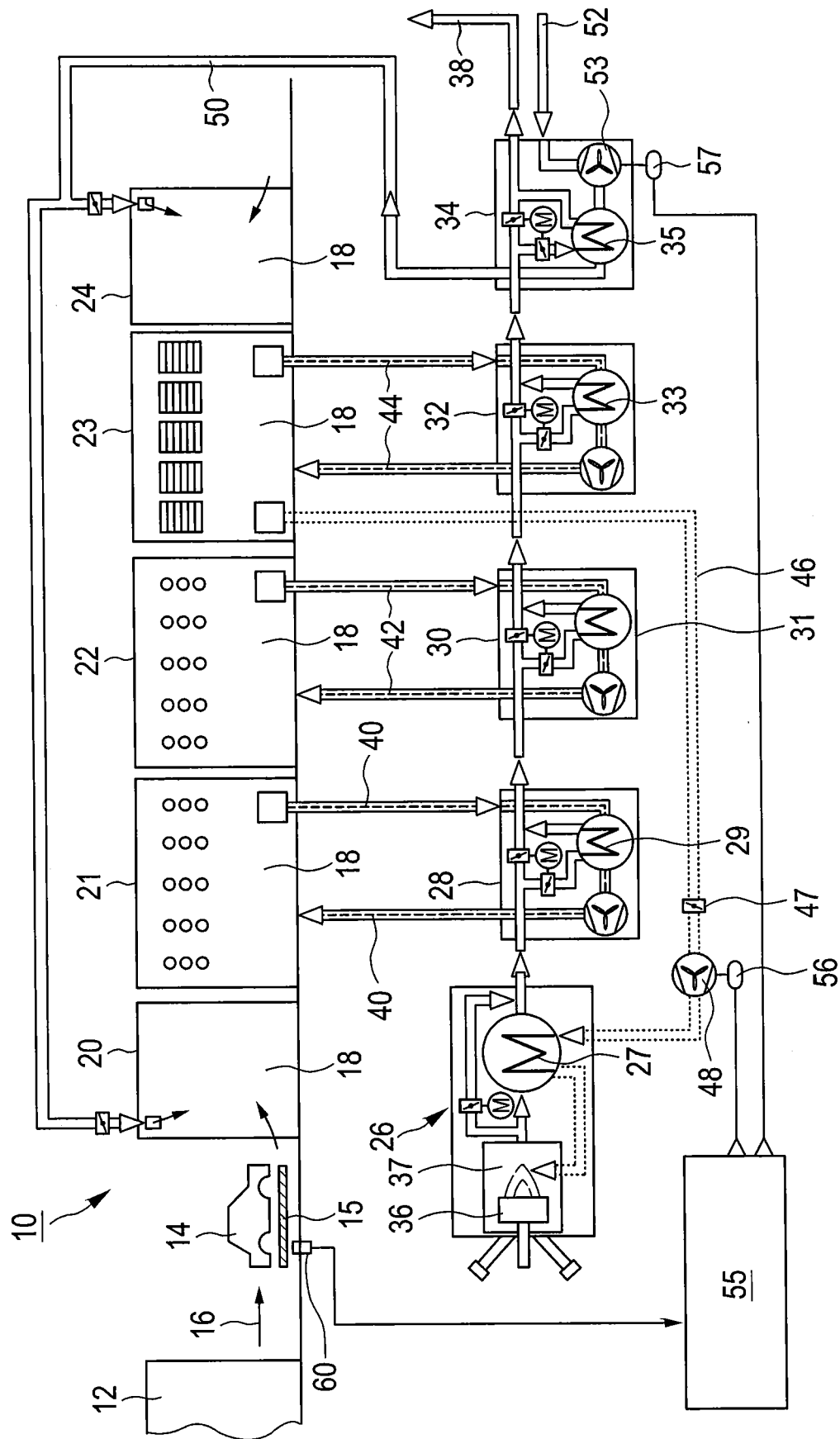


FIG. 1

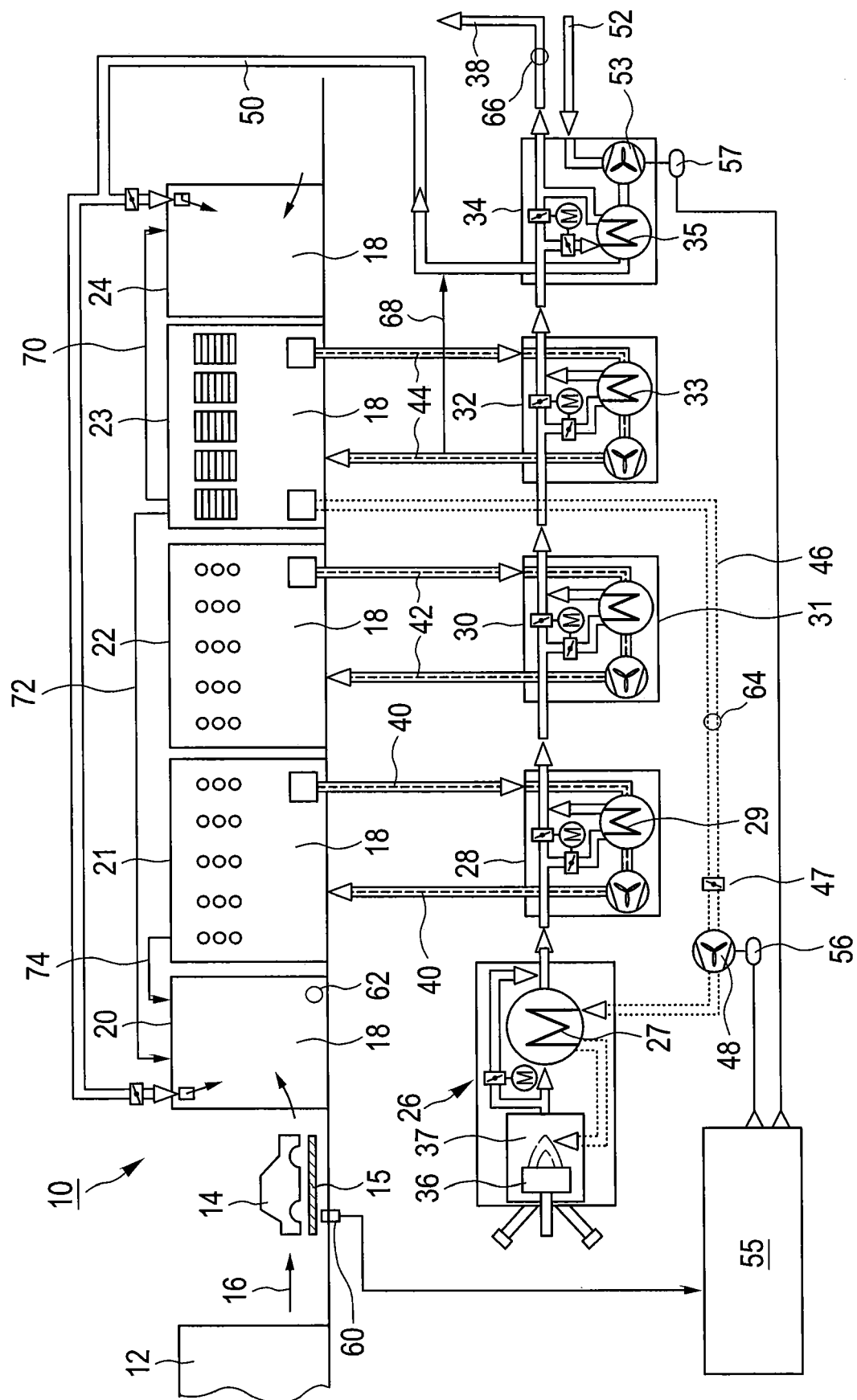


FIG. 2

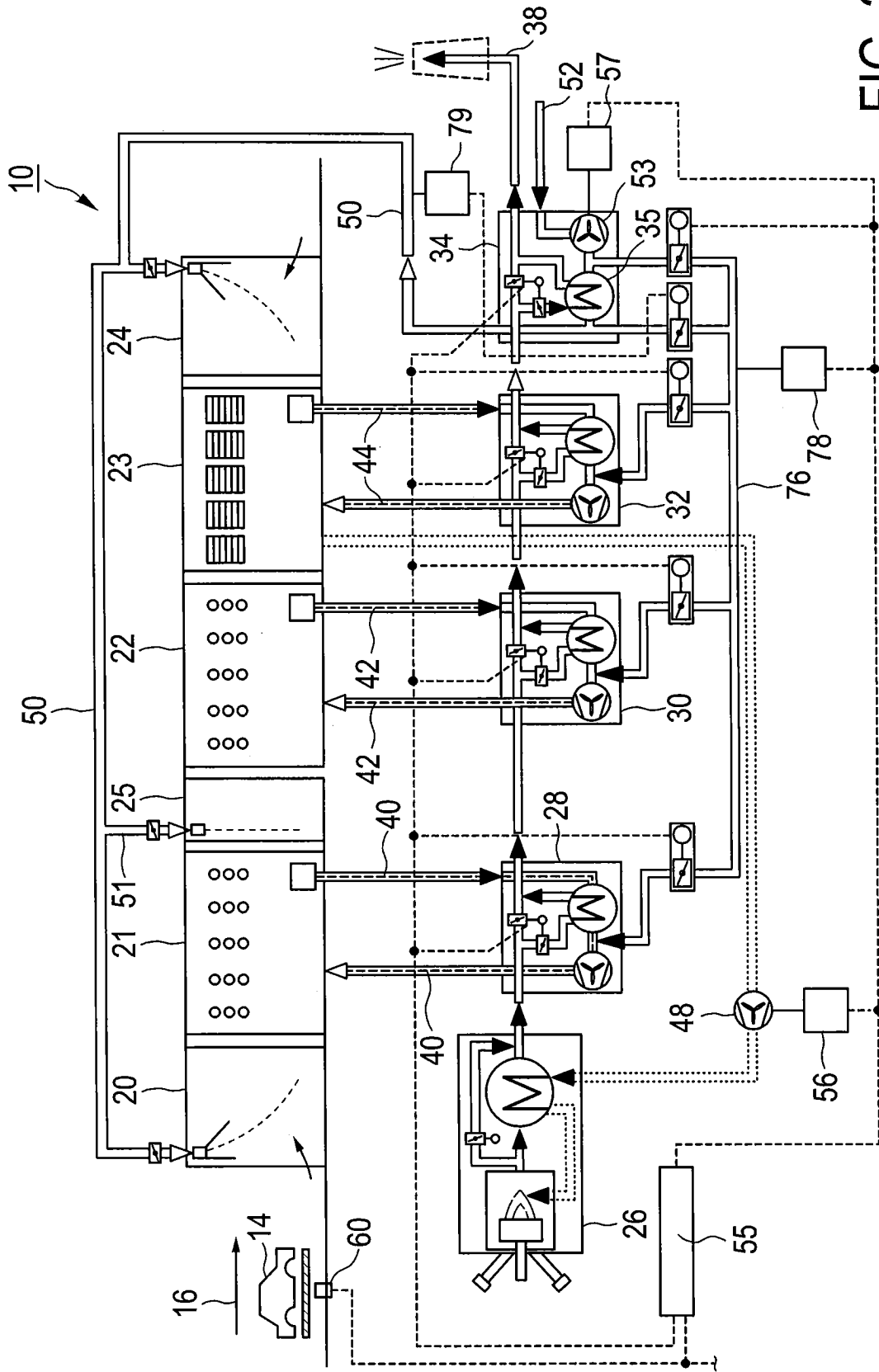


FIG. 3

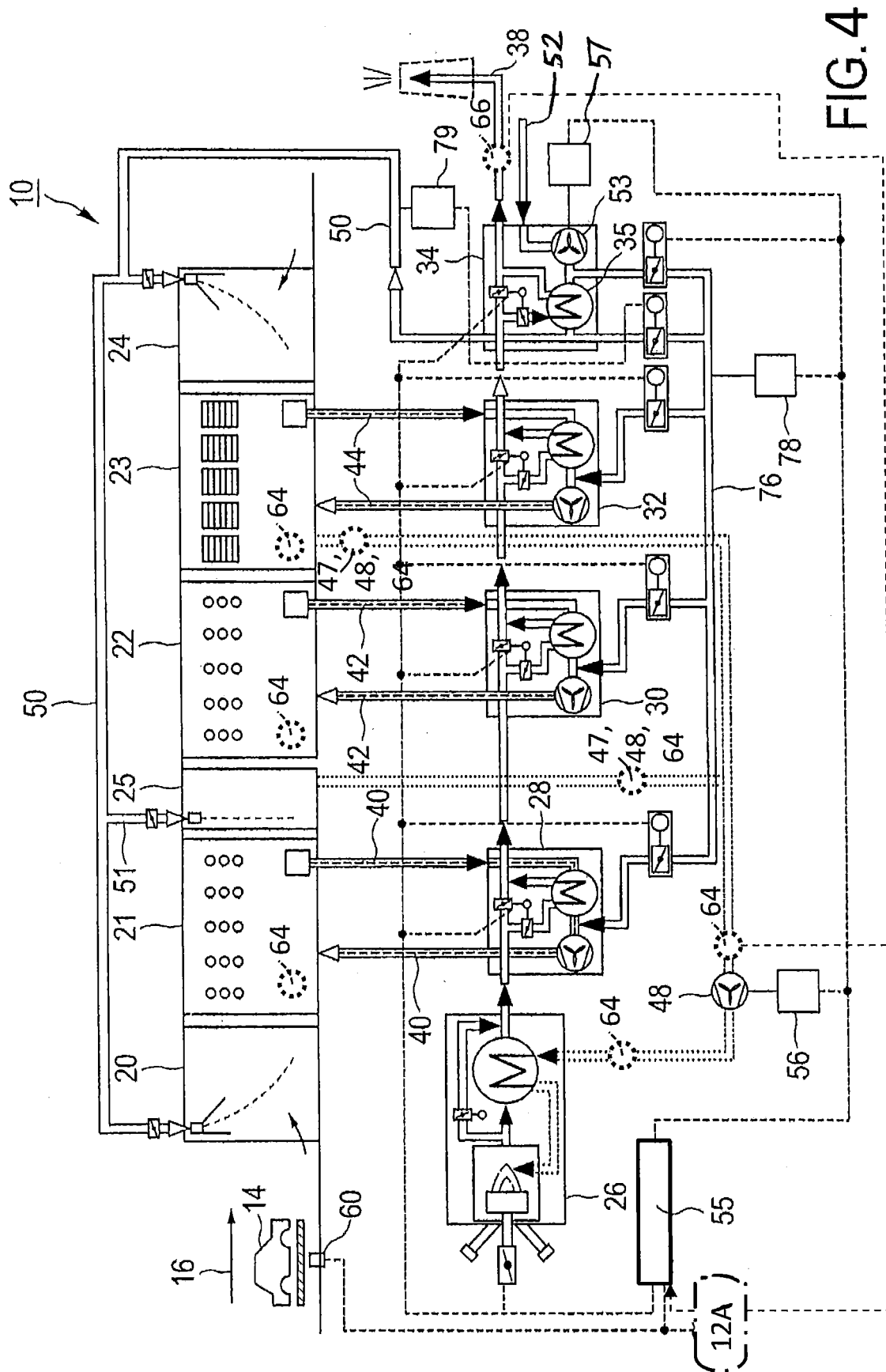


FIG. 4

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- WO 2010122121 A2 [0002] [0003] [0032]
- DE 102011114292 A1 [0004]
- DE 102008034746 B4 [0005]
- DE 102012023457 A1 [0006]
- DE 202009013054 U1 [0007]
- GB 2059032 A [0008]
- DE 102008034746 A1 [0009]
- WO 9621833 A1 [0010]