



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**30.12.2020 Patentblatt 2020/53**

(51) Int Cl.:  
**F28G 3/16 (2006.01)** **F28G 15/00 (2006.01)**  
**F28G 15/02 (2006.01)** **F28G 15/06 (2006.01)**  
**F28G 15/08 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **20182617.9**

(22) Anmeldetag: **26.06.2020**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(30) Priorität: **27.06.2019 DE 102019117324**

(71) Anmelder: **Buchen Umweltservice GmbH**  
**50735 Köln (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Seik, Kevin**  
**50670 Köln (DE)**  
• **Sterzenbach, Patrick**  
**53809 Ruppichterorth (DE)**  
• **Noack, Jens**  
**50374 Erftstadt (DE)**

- **Radu, Branislav**  
**53783 Eitorf (DE)**
- **Franze, Matthias**  
**06217 Merseburg (DE)**
- **Heuert, Uwe**  
**06198 Salztal, OT Lieskau (DE)**
- **Merklinger, Achim**  
**75249 Kieselbronn (DE)**
- **Kratz, Christian**  
**06268 Oberschmon (DE)**
- **Glatz, Dietmar**  
**04179 Leipzig (DE)**
- **Hollmann, Steven**  
**04103 Leipzig (DE)**
- **Koss, Gerald**  
**39114 Magdeburg (DE)**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Bauer Vorberg Kayser**  
**Partnerschaft mbB**  
**Goltsteinstraße 87**  
**50968 Köln (DE)**

(54) **VORRICHTUNG ZUR HOCHDRUCKREINIGUNG DER ROHRE EINES WÄRMETAUSCHERS UND EIN DIESE VORRICHTUNG VERWENDENDEN VERFAHREN**

(57) Die Vorrichtung zur automatisierten Hochdruckreinigung der Rohre (24) eines Wärmetauschers mit  
- einer motorischen Positionsvorrichtung, die a) eine x-Achse (28), b) einen entlang der x-Achse (28) mittels eines x-Elektromotors (32) verfahrbaren x-Schlitten (30), c) einen x=null Sensor (34, 36), d) eine von dem x-Schlitten (28) getragene y-Achse (42), e) einen entlang der y-Achse (42) mittels eines y-Elektromotors (46) verfahrbaren y-Schlitten (44), e) einen y=null Sensor (48, 50), und eine von dem y-Schlitten (44) getragene z-Achse (56) aufweist,  
- einer Hochdruckeinheit mit mehr als einem Hochdruckschlauch (58), mit einem jedem Hochdruckschlauch (58) jeweils zugeordneten Wegsensor (66) zum Erfassen der Schlauchbewegung, mit einer Führungseinheit (62), die an der z-Achse (56) angeordnet ist, mit jeweils einem unteren Anschlag (68) für jeden Hochdruckschlauch (58) und mit jeweils einem oberen Anschlag (70), der vorzugsweise auf der der Düse (61) gegenüberliegenden Seite der Führungseinheit (62) angeordnet ist,  
- einer Kamera (72), die an der z-Achse (56) lösbar angeordnet ist, hat eine Steuereinheit, die mit der Kamera

(72), der Hochdruckeinheit, den Elektromotoren (32, 46), den Wegsensoren (66) und den Nullsensoren (34, 36, 48, 50) verbunden ist und zu der eine Datenverarbeitungsanlage (78) gehört.

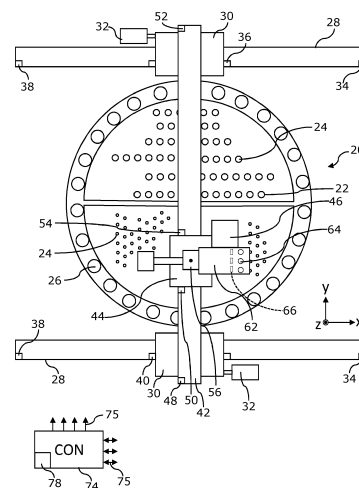


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine automatisierte Vorrichtung zur Hochdruckreinigung der Rohre eines Wärmetauschers mittels Wasser oder einer anderen geeigneten Reinigungsflüssigkeit unter Hochdruck, sowie auf ein Verfahren, dass diese Vorrichtung einsetzt.

**[0002]** Derartige Wärmetauscher werden auch als Rohrbündelapparate bezeichnet. Ein Wärmetauscher hat einen Spiegel, in den eine Vielzahl von parallel zueinander angeordneten Rohren münden. Die Mündungen der Rohre sind in einer regelmäßigen Struktur angeordnet. Es liegt innerhalb gewisser Bereiche eine zweidimensionale Periodizität vor. Diese Regelmäßigkeit erstreckt sich jedoch einerseits nur über einen gewissen Bereich oder gewisse Bereiche. Sie erstreckt sich nur bis zu einem Rand des Wärmetauschers hin, wo in der Regel noch auf einem Kreisbogen angeordnete Flanschbohrungen im Spiegel vorgesehen sind. Weiterhin finden sich auch im Innenbereich des Spiegels häufig Streifen, in denen keine Mündungen vorgesehen sind. Im Laufe der Zeit fallen Rohre aus, beispielsweise weil sie undicht sind oder in einer nicht zu reinigenden Weise verstopft sind, die Mündungen dieser Rohre werden in der Regel verschlossen, verschweißt oder andererseits unzugänglich gemacht. Bei einer Reinigung kann man sich also nur in einem gewissen Umfang auf die Periodizität verlassen. Es ist erforderlich, jede einzelne aktive Mündung zu erfassen, also ihre x-y-Position zu kennen, und passive Bereiche, Randbereiche und inaktive Mündungen auszuschließen. Dies stellt eine erhebliche Anforderung bei der Handreinigung dar, wie sie derzeit praktischer Stand der Technik ist. Die Innendurchmesser der Rohre sind in der Regel nicht voneinander verschieden. Die Mündungen liegen in einer Ebene, der x-y-Ebene.

**[0003]** Unter Hochdruck wird ein Druck der verwendeten Reinigungsflüssigkeit von mindestens 25 bar, insbesondere aber mindestens 100 und vorzugsweise mindestens 500 bar verstanden. Als Reinigungsflüssigkeit wird vorzugsweise Wasser verwendet. Bei den hohen Druckwerten haben die aus einer Düse austretenden Wasserstrahlen einen so hohen Impuls, dass sie Verunreinigungen an den Innenwänden der Rohre des Wärmetauschers mechanisch abtragen. Es wird in der Regel mit Wasser ohne Zusatz gearbeitet, jedenfalls wird möglichst auf Zusätze verzichtet. Es ist zwar möglich, dass dem Wasser Reinigungszusätze, zum Beispiel Schleifkörper oder Sand, zugesetzt werden, dies hat allerdings eher einen Nachteil, weil zum Beispiel Schleifkörper und Sand die ohnehin kurze Standzeit der Düsen noch weiter verringern.

**[0004]** Man ist bestrebt, bei der Hochdruckreinigung eingesetztes Personal so weit wie möglich vom eigentlichen Reinigungsort fernzuhalten. Bei den hohen, verwendeten Drucken können erhebliche Verletzungen auftreten, wenn etwas nicht ordnungsgemäß läuft.

**[0005]** Nach dem aktuellen Stand der Technik werden für die Bewegung der Positionsvorrichtung pneumatisch

betätigte Motoren eingesetzt. Aufgrund der hohen Wasserlast ist man bestrebt, möglichst auf elektrische Aggregate zu verzichten.

**[0006]** Motorische Positionsvorrichtungen für die Reinigung von Wärmetauschern gehören zum Stand der Technik, hierzu sei verwiesen auf DE 10 2015 218 114 B4, DD 255 202 A1 und US 4095305 A. Aus US 2009/255557 A1 ist eine automatisierte Reinigungsvorrichtung bekannt. Aus ihr sind eine motorische Positionsvorrichtung, eine Hochdruckeinheit, mehrere Kameras und auch eine Steuereinheit bekannt. Die Hochdruckeinheit arbeitet mit mehreren, zueinander parallelen Lanzen. Die Kameras dienen der allgemeinen Überwachung, ihre jeweiligen Bilder werden auf Bildschirmen in einem Bedienungspult wiedergegeben. Um die richtige Positionierung der Lanzen zu den Mündungen im Spiegel einstellen zu können, wird ein Hilfsteil verwendet, das beispielsweise aus Kunststoff ist, mit diesem Hilfsteil wird die mechanische Positionierung erreicht. Aus DE 691 04 934 T2 ist eine Hochdruckeinheit bekannt, wie sie ähnlich auch in der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird. Es fehlen Wegsensoren für die Schläuche.

**[0007]** Aufgabe der Erfindung ist es, die Nachteile der vorbekannten Vorrichtungen und der vorbekannten Verfahren zu vermeiden und diese dahingehend weiter zu verbessern, dass die Arbeitsabläufe sicherer und einfacher durchzuführen sind, eine leichte und im wesentlichen kompakte Vorrichtung erhalten wird, die bequem zu unterschiedlichen Einsatzorten transportiert werden kann und ein sicheres Arbeiten ermöglicht.

**[0008]** Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

**[0009]** Durch den Einsatz von Elektromotoren, vorzugsweise als Schrittmotoren ausgebildete Elektromotoren, wird eine präzise Positionierung der jeweiligen Schlitten entlang der zugeordneten Achse erreicht. Eine derartig genaue Positionierung ist mit pneumatischen oder hydraulisch betriebenen Motoren nicht erreichbar. Die Elektromotoren sind ausreichend gekapselt, beispielsweise IP6K, damit unter den gegebenen Bedingungen ausreichend sicher gearbeitet werden kann. Vorzugsweise werden alle elektrischen Teile mit Niederspannung, insbesondere unter 48 V, betrieben.

**[0010]** Über die Nullsensoren wird eine Positionierung in der Ausgangsposition, auch Referenzposition genannt, ermöglicht. Dort ist  $x = \text{null}$  und  $y = \text{null}$ . Es wird vorzugsweise ein orthogonales x-y-z System eingesetzt. Andere Koordinatensysteme, beispielsweise mit Polarkoordinaten, sind möglich. Die beiden Nullsensoren sind vorzugsweise baugleich. Es können induktiv arbeitende Sensoren eingesetzt werden. Vorzugsweise haben die Sensoren einen ersten, aktiven Teil, er hat elektrische Anschlussleitungen und ist stationär an einer Achse befestigt, und einen zweiten, passiven Teil, beispielsweise eine Referenzfläche, er ist am verfahrbaren Schlitten angebracht.

**[0011]** Als sehr vorteilhaft hatte sich erwiesen, die x-Achse und die y-Achse auf ihrer Gesamtlänge jeweils

mit einer Zahnstange zu versehen. Die Elektromotoren greifen dann über ein Ritzel in die Zahnstange ein. Dadurch wird insgesamt eine präzise Positionierung erreicht. Es ist dann möglich, über einen Näherungssensor, der der Zahnstange zugeordnet ist, zusätzlich eine Positionierung in Richtung der jeweiligen Achse zu erfassen.

**[0012]** Die Führungseinheit hat in bekannter Weise die Aufgabe, die Schläuche parallel zur z-Achse und im Abstand zueinander zu führen. Dadurch sind sie parallel zu den Achsen der Rohre. Der Abstand der einzelnen Schläuche voneinander in der Führungseinheit ist einstellbar. Es können auch einzelne Schläuche aus der Führungseinheit herausgenommen werden. Vorzugsweise sind die Wegsensoren, die jeweils einem Schlauch zugeordnet sind, innerhalb der Führungseinheit angeordnet.

**[0013]** Zwischen Führungseinheit und Spiegel des Wärmetauschers befindet sich ein unterer Anschlag für jeden Hochdruckschlauch. Er sorgt dafür, dass der Schlauch nicht aus der Führungseinheit nach oben herausgezogen werden kann. Er ist so positioniert, dass bei Anschlag an die Führungseinheit die Düse, die das Ende des Hochdruckschlauchs bildet, frei von dem Spiegel ist. Weiterhin ist ein oberer Anschlag vorgesehen, der sich auf der anderen Seite der Führungseinheit befindet. Er ist einstellbar mit dem Führungsschlauch verbunden. Er wird auf die Länge positioniert, die der Länge der Rohre plus einer Zugabe entspricht. Kommt dieser obere Anschlag in Kontakt mit der Führungseinheit, befindet sich die Düse im Tiefsten des Rohres. Über den beschriebenen Kontakt der Anschläge, insbesondere des unteren Anschlags, kann die Erfassung des Wegs mittels der Wegsensoren jeweils auf null zurückgestellt werden. Insbesondere bei Beginn einer neuen Schicht oder einer neuen Reinigungsaufgabe werden die Wegmessungen auf null gestellt, dann befinden sich die Schläuche in ihrer obersten Position, die unteren Anschläge sind in Kontakt mit der Führungseinheit. Die Anschläge können auch mit anderen, mit der Führungseinheit ortsfest zusammenhängenden Bauteilen zusammenwirken.

**[0014]** Die Kamera hat eine optische Achse, die parallel zur z- Richtung ist. Sie schaut dadurch im rechten Winkel auf den Spiegel. Wenn die optische Achse der Kamera genau über eine Mündung eines Rohres positioniert ist, wird dessen Rohrmündung als Kreis abgebildet. Dagegen werden die im Randbereich des von der Kamera erfassten Bildes als Ellipsen dargestellt. Um die Erkennung der Rohrmündungen auch im Randbereich zu erleichtern, wird vorzugsweise der Öffnungswinkel der Kamera begrenzt, zum Beispiel auf einen Kegelwinkel von maximal 30°, vorzugsweise maximal 20°. Dies führt in der Regel dazu, dass eine Vielzahl von Teilbildern durch die Kamera aufgenommen wird. Da die Kamera an der z-Achse befestigt ist, ist die Position der optischen Achse bekannt. Jedem Teilbild kann somit die x-y-Position der Kamera zugeordnet werden. Dadurch wird die Zusammenfassung der Teilbilder zu dem gewünschten

gesamten Bild deutlich vereinfacht. Benachbarte Teilbilder überlappen sich in der Regel.

**[0015]** Es ist vorteilhaft, die Kamera demontierbar mit der z-Achse zu verbinden. Dann besteht die Möglichkeit, sie zu entfernen, bevor der Reinigungsvorgang gestartet wird. Alternativ kann die Kamera auch durch eine besondere Schutzvorrichtung abgedeckt werden, sobald sie nicht mehr benötigt wird und bevor der Reinigungsvorgang einsetzt.

**[0016]** Die Steuereinheit ist vorzugsweise mit einem Computer (Datenverarbeitungsanlage) ausgerüstet. Sie ist mit allen beschriebenen aktiven Bauteilen über Verbindungen elektrisch verbunden. Das Signal der Kamera wird in der Steuereinheit aufgenommen und dort verarbeitet. Es wird dort ausgewertet, bewertet und das zusammengefügte Bild erstellt, auf dessen Basis dann in einem zweiten Rechenschritt berechnet werden kann, wie die tatsächlich aufgefundenen Rohrmündungen am günstigsten zunächst mit drei Schläuchen, danach die übrig gebliebenen mit weniger Schläuchen, gereinigt werden können.

**[0017]** Als vorteilhaft hatte sich herausgestellt, wenn die Kamera, die eine optische Achse hat, so ausgerichtet wird, dass die optische Achse parallel zur z-Achse verläuft. Dann schaut die Kamera direkt in die unter ihr auf der optischen Achse liegende Rohrmündung hinein. Die in einem Randbereich des Bildes der Kamera liegenden Rohrmündungen werden in einem Winkel zu gesehen. Dieser Winkel besteht zwischen der optischen Achse und dem die Kamera mit der betrachteten Rohrmündung verbindenden Strahl. Derartige Rohrmündungen erscheinen im Bild als Ellipse. Da die optische Achse im rechten Winkel zum Spiegel verläuft, erscheinen Rohrmündungen in einem Randbereich des Bildes als ebenso verformte Ellipsen wie Rohrmündungen im bezüglich der optischen Achse gegenüberliegenden Randbereich. Der Winkel sollte vorzugsweise nicht zu groß sein. Die Ellipse sollte nicht zu stark von der Kreisform abweichen. Das Verhältnis von Hauptachse zur Nebenachse sollte nicht kleiner als 1 : 2 sein, vorzugsweise nicht kleiner als 1 : 1,3. Dadurch wird das Erkennen der in Randbereichen liegenden Rohrmündungen erleichtert. Die Auswertung der Kamera kann entsprechend ausgelegt werden. Wenn sie noch stärker von der Kreisform abweichende Ellipsen erkennt kann sie diese aussortieren.

**[0018]** Es ist auch möglich, dass der Rohrspiegel einen ersten Satz Rohre mit einem ersten Durchmesser und einen zweiten Satz Rohre mit einem zweiten Durchmesser aufweist. Dieser Situation kann die Vorrichtung angepasst werden, vorzugsweise wird ihr im vorab eingegeben, dass zunächst ein erster Satz abgescannt wird, dessen Daten gegeben sind, anschließend der zweite Satz.

**[0019]** Weiterhin wird die Aufgabe durch ein Verfahren gemäß Anspruch 8 gelöst.

**[0020]** Für die Hochdruckreinigung wird ein Spiegel zunächst in die Vorrichtung eingespannt. Dabei werden die Lochreihen der Rohrmündungen, so weit wie mög-

lich, parallel zu zumindest einer von x-Achse und y-Achse ausgerichtet. Anschließend werden vorzugsweise mehrere Teilbilder des Spiegels durch die Kamera aufgenommen und der Datenverarbeitungsanlage zugeleitet. Die jeweilige x-y-Position der Kamera bei jedem Teilbild wird erfasst und dem Teilbild zugeordnet. Dadurch kann in der Datenverarbeitungsanlage ein Abbild des Spiegels errechnet werden. Vorzugsweise wird der Spiegel zeilenförmig abgetastet. Vorzugsweise werden die einzelnen Teilbilder einem Histogramm-Equalizing unterzogen, um inhomogene Beleuchtung auszugleichen. Das Zusammensetzen der Teilbilder geschieht vorzugsweise mittels 2D-Korrelation der überlappenden Teilbilder. Aus dem erhaltenen gesamten Bild wird vorzugsweise durch adaptierte Filterung ein Binärbild erstellt. Vorzugsweise werden anschließend alle in dem Abbild befindlichen Konturen als Kreise interpoliert, diese werden danach entsprechend ihrem Radius untersucht und mittels eines Schwellenwertes gefiltert. Dadurch werden nur solche Kreise erfasst, die innerhalb einer vorgegebenen Abweichung mit einem mittleren Radius der Mündungen übereinstimmen. Vorzugsweise werden nur solche Formen als Kreise erfasst, die ein Verhältnis von Querabmessung zur Längsabmessung haben, das im Bereich der Ellipsen sind, die die Kamera im Bild erfasst.

**[0021]** Es ist vorteilhaft, die so von der Datenverarbeitungseinheit (vom Rechner) ermittelten Daten optisch darzustellen, damit ein Bediener sie überprüfen kann. Er kann dann vorzugsweise fehlende Rohre hinzufügen oder falsch erkannte Rohre entfernen.

**[0022]** Wenn alle Rohrpositionen bekannt sind, werden die Koordinaten für die Positionen der Schläuche bestimmt. Die Standardkonfiguration besteht aus drei parallel zueinander angeordneten, auf einer Geraden nebeneinander ausgerichteten Schläuchen bzw. Düsen. In der Datenverarbeitungsanlage wird nun ein günstiger Weg errechnet, wie die Gruppen der einzelnen Rohrmündungen nacheinander angefahren werden können.

**[0023]** Die Länge der Rohre des zu reinigenden Wärmetauschers ist bekannt. Üblicherweise wird sie vom Bediener in die Steuereinheit eingegeben. Diese kann nun die Reinigungszeit für die gewählte Anordnung errechnen und anzeigen.

**[0024]** Nun kann, nach eventueller Demontage der Kamera, der eigentliche Reinigungsvorgang mit Hochdruck Wasser gestartet werden. Dabei kann eine Visualisierung der gereinigten Rohre auf einem Bildschirm der Steuervorrichtung erfolgen. Nach Beendigung der Reinigung wird dies auf dem Bildschirm angezeigt.

**[0025]** Die Steuervorrichtung ist vorzugsweise in einem größeren Abstand von der Positionsvorrichtung angeordnet. Dadurch ist sie weitgehend geschützt. Vorzugsweise ist sie in einer separaten Kabine untergebracht.

**[0026]** Die Steuereinheit kann ein zweites, gespiegeltes Bedienerfeld in Form eines drahtlos mit ihr verbundenen Tablets aufweisen.

**[0027]** Der Ablauf kann vorzugsweise jederzeit, bei-

spielsweise bei einem irregulären Betriebszustand, durch einen Benutzer abgebrochen werden (unterbrochener Betrieb). Dabei wird der Reinigungsvorgang gestoppt, die Hochdruckpumpe wird ausgeschaltet, die Schläuche werden komplett aus den Rohren der Wärmetauscher bis zum Anschlag des unteren Anschlags herausgezogen, die Elektromotoren werden nicht mehr betätigt, sondern die Schlitten bleiben an der jeweiligen Position. Der Bediener kann nun die Schlitten manuell verfahren, neu referenzieren, den Reinigungsvorgang fortsetzen, oder Änderungen vornehmen, z.B. Änderungen der zu reinigenden Rohre oder des Reinigungswegs eingeben. Die schon gereinigten Rohre bleiben gespeichert. Der gesamte Reinigungsvorgang wird bei Weiterfahrt der Anlage dort fortgesetzt, wo er angehalten wurde. Rohre, die bei der Unterbrechung gerade gereinigt wurden, werden erneut gereinigt. Die Änderungen, die ein Benutzer während der Unterbrechung eingegeben hat, werden berücksichtigt.

**[0028]** Weiterhin gibt es vorzugsweise den Zustand "Not-Aus". Hierbei wird der Reinigungsvorgang gestoppt, die Hochdruckpumpe für Reinigungswasser wird abgeschaltet und alle elektrischen Stromverbraucher bis auf die Steuereinheit werden spannungsfrei gemacht. Letztere bleibt unter Spannung, sodass nach erneuter Inbetriebnahme folgende Aktionen durchzuführen sind:

a) Referenzfahrt der beiden Achsen und

b) Scannen des Spiegels.

**[0029]** Nach erneuter Inbetriebnahme werden die noch nicht gereinigten Rohre angefahren und gereinigt mit der gleichen Einschränkung, wie beim unterbrochenen Betrieb.

**[0030]** Die Vorrichtung und das Verfahren bieten den Vorteil, dass die Steuereinheit jeweils aktuell über die Position der z-Achse relativ zum Spiegel und über die aktuelle Position jedes einzelnen Hochdruckschlauchs relativ zur Führungseinheit informiert ist. Die Vorrichtung lässt sich relativ leicht ausbilden, beispielsweise mit einem Gesamtgewicht unter 30, vorzugsweise unter 20 kg (ohne die Schläuche und die Hochdruckpumpe). Sie kann dadurch ohne größere Hilfsmittel zu unterschiedlichen Einsatzorten gebracht werden. Die Gefahr für Menschen durch Hochdruckwasser ist weitestgehend ausgeschlossen, da ein Bediener nicht mit dem eigentlichen Reinigungsvorgang in Kontakt kommen muss.

**[0031]** Weitere Merkmale und Vorteile finden sich in den Unteransprüchen.

**[0032]** Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert und beschrieben, dieses Ausführungsbeispiel ist nicht einschränkend zu verstehen. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht (in negativer z-Richtung) auf die Vorrichtung und einen mit der Vorrichtung ver-

- bundenen Spiegel eines Wärmetauschers mit zwei Gruppen von Rohrmündungen,
- Fig. 2 eine Draufsicht auf eine Hochdruckeinheit mit drei Schläuchen, Blickrichtung ist die negative y-Achse,
- Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Wegsens-
- sors.

**[0033]** In den unterschiedlichen Figuren sind hinsichtlich ihrer Funktion gleichwertige Teile stets mit denselben Bezugszeichen versehen, sodass diese in der Regel auch nur einmal beschrieben werden.

**[0034]** Für die Beschreibung wird ein rechtshändiges, orthogonales x-y-z Koordinatensystem verwendet. Dieses stimmt mit dem Koordinatensystem überein, das der zu beschreibenden Vorrichtung zu Grunde liegt und nach dem diese arbeitet.

**[0035]** Figur 1 zeigt eine Draufsicht auf einen Spiegel 20 eines Wärmetauschers. Er hat in einem oberen Bereich einen ersten Satz von Rohrmündungen 22 mit Rohren 24 eines ersten Durchmessers, im unteren Bereich ist ein zweiter Satz von Rohrmündungen mit Rohren eines zweiten Durchmessers gezeigt. Für beide Sätze sind nicht alle Rohrmündungen dargestellt, vielmehr nur eine Auswahl aus der die entsprechenden Felder mehr oder weniger komplett ausfüllenden Vielzahl der Rohre.

**[0036]** Der Spiegel 20 hat in bekannter Weise Flanschbohrungen 26. Diese sind wie die Rohrmündungen 22 rund, dürfen aber später nicht als Rohrmündung erkannt werden. Sie haben einen anderen, hier größeren Durchmesser als die Rohrmündungen und werden anhand ihres größeren Durchmessers später aussortiert als nicht zu reinigende Bereiche. Zudem können sie dadurch als irrelevant erkannt werden, dass sie in absoluter Nähe des Randes des Spiegels 20 liegen, und/oder auf einem Kreisbogen liegen.

**[0037]** Der Spiegel 20 ist in bekannter Weise, hier nicht dargestellt, mit einer motorischen Positionsvorrichtung mechanisch fest verbunden. Auf diese Vorrichtung wird im Folgenden eingegangen. Sie hat zwei zueinander parallele, baugleiche x-Achsen 28. Diese sind mit dem Spiegel 20 mechanisch fest verbunden. Vorzugsweise sind ihnen auf der gesamten Länge Zahnleisten zugeordnet, nicht dargestellt. Auf jeder x-Achse 28 ist ein x-Schlitten 30 frei verschiebbar geführt. Für seine Bewegung ist ein x-Elektromotor eingesetzt, der als Schrittmotor ausgebildet ist. Er greift mit einem Ritzel (nicht dargestellt) in die Zahnstange ein. Vorzugsweise verbindet eine Ausgleichswelle (nicht dargestellt) die beiden x-Achsen 28, so dass die beiden x-Schlitten 30 stets synchron verfahren werden und positioniert sind.

**[0038]** Am jeweils in der Figur 1 rechten Ende der x-Achsen 28 ist ein erster, aktiver Teil 34 eines x=null Sensors angeordnet. Er wirkt mit einem passiven, zweiten Teil 36 zusammen. Der Teil 34 ist beispielsweise als induktiver Näherungsgeber ausgebildet. Entsprechend befindet sich am jeweils linken Ende der x-Achsen 28 ein zweiteiliger max Sensor mit dem aktiven Teil 38 und dem

passiven Teil 40.

**[0039]** Die passiven Teile 36, 40 sind jeweils am zugehörigen x-Schlitten 30 befestigt, die aktiven Teile 34, 38 sind stationär, wodurch ihre elektrische Verbindung vereinfacht ist.

**[0040]** Die beiden x-Schlitten 30 sind durch eine y-Achse 42 verbunden, die y-Achse 42 wird von ihnen getragen und verfährt mit ihnen. In analoger Weise wie bei jeder x-Achse 28 ist auf der (einzigen) y-Achse 42 ein y-Schlitten 44 frei verschiebbar geführt, er ist vorzugsweise baugleich mit den x-Schlitten 30. Er wird, ebenso wie diese letzteren, von einem elektrischen Schrittmotor, hier dem y-Elektromotor 48 angetrieben. Auch hier ist ein Antrieb über ein Ritzel, das in eine Zahnstange der y-Achse 42 eingreift, vorteilhaft.

**[0041]** Die y-Achse 42 ist mit Sensoren ausgerüstet, wie dies auch bei jeder x-Achse der Fall ist. Sie sind baugleich mit den Sensoren der x-Achse. Im Einzelnen gibt es die Bauteile 48, 50, 52 und 54, siehe auch Bezugszeichenliste.

**[0042]** Der y-Schlitten 44 ist mechanisch fest verbunden mit einer z-Achse 56, er trägt diese.

**[0043]** Mit der z-Achse ist nur ein Teil einer Hochdruckeinheit verbunden. Die Hochdruckeinheit hat im gezeigten Ausführungsbeispiel, siehe auch Figur 2, drei Hochdruckschläuche 58, verkürzt auch Schlauch genannt. Zu dieser Hochdruckeinheit gehört eine Basiseinheit 60. Sie hat in bekannter Weise eine Haspel für die einzelnen Schläuche 58. In der Basiseinheit 60 sind die ersten Enden der Schläuche 58 mit einer Hochdruckquelle verbunden. Die Basiseinheit 60 hat eine motorische Antriebsvorrichtung für Vortrieb und/oder für die Rückbewegung jedes einzelnen Schlauchs 58. Die Basiseinheit 60 gehört nicht zu dem Teil der Hochdruckeinheit, der mit der z-Achse 56 verbunden ist.

**[0044]** Die Schläuche 58 tragen an ihrem anderen Ende in bekannter Weise jeweils eine Düse 61. Vorzugsweise sind die Schläuche 58 und die Düsen 61 baugleich.

**[0045]** Weiterhin gehört zur Hochdruckeinheit eine Führungseinheit 62. Sie ist mit der z-Achse 56 lösbar verbunden. In ihr sind die drei Schläuche 58 geführt, hierzu gibt es drei Führungskanäle 64. Der Abstand dieser Führungskanäle voneinander ist variierbar, so dass auf unterschiedliche geometrische Anordnungen, insbesondere Periodizität, der Rohrmündungen 22 eingestellt werden kann. Im Bereich der Führungskanäle 64 ist jeweils ein Fenster vorgesehen, dort ist der jeweilige Schlauch frei zugänglich für und im Sichtbereich eines Wegsensoren 66. Die Wegsensoren 66 werden unter Bezug auf Figur 3 weiter unten näher beschrieben.

**[0046]** Jeder Schlauch 58 wird von einem unteren Anschlag 68 umgriffen. Er ist, wie Figur 2 zeigt, im Anschlag an der Führungseinheit 62, wenn die Schläuche 58 vollständig zurückgezogen sind, wie dies Figur 2 zeigt. Diese Position ist auch die Null- bzw. Referenzposition, von der aus die Schlauchbewegung erfasst und gemessen wird. Auf der anderen Seite der Führungseinheit 62 sind obere Anschläge 70 mit den Schläuchen 58 verbunden. Wenn

sie im Anschlag an der anderen Seite der Führungseinheit 62 sind, sind die Schläuche 58 maximal ausgefahren, einstellbar auf die maximale Länge der zu reinigenden Rohre. Dementsprechend kann die Position der oberen Anschläge 70 jeweils eingestellt werden, in Anpassung an den zu reinigenden Wärmetauscher. Auch die unteren Anschläge 68 können einstellbar sein. Gemäß Figur 2 befinden sich die oberen Anschläge 70 in einem Abstand d von ihrem Anschlag, der hier von der Führungseinheit 62 gebildet ist. Das Maß d ist die Summe aus dem lichten Abstand zwischen Düse 61 und Spiegel 20 plus der Länge der zu reinigenden Rohre 24. Die Anschläge 68, 70 können auch mit anderen Gegenanschlüssen zusammenwirken als mit der Führungseinheit 62.

**[0047]** Mit der z-Achse 56 ist eine Kamera 72 lösbar verbunden. Ihre optische Achse verläuft parallel zur z-Richtung, also zur z-Achse 56. Der Öffnungswinkel ihrer Optik ist so gewählt, dass im Randbereich eines Bildes der Kamera 72 erfasste Rohrmündungen 22, die im Bild als Ellipse erscheinen, nicht als zu flache Ellipse erscheinen. In einem Randbereich des Bildes der Kamera liegende Rohrmündungen 22 sollen in einem Winkel kleiner 30°, vorzugsweise kleiner 20° und insbesondere kleiner 15° zur optischen Achse der Kamera liegen. Da die Kamera 72 lösbar mit der z-Achse 56 verbunden ist, kann sie vor Durchführen eines eigentlichen Reinigungsvorgang entfernt werden. Es kann auch eine Schutzvorrichtung für die Kamera 72 vorgesehen sein, um diese nicht entfernen zu müssen.

**[0048]** Schließlich hat die Vorrichtung eine Steuereinheit 74. Mit ihr sind alle aktiven Bauteile der Vorrichtung über Verbindungen 75 verbundenen, insbesondere die Kamera 72, die Hochdruckeinheit mit ihren Antrieben und den Wegsensoren 66, alle Elektromotoren und alle Sensoren. Die Steuereinheit 74 steuert die Elektromotoren und ist über deren Schrittfunktion jeweils über die aktuelle Position der einzelnen Schlitten informiert. Sie steuert den Ablauf, wie auch anhand der noch folgenden Verfahrensbeschreibung ersichtlich wird.

**[0049]** Im Folgenden werden die Wegsensoren 66 detailliert beschrieben. Verwendet werden Tracking Sensoren 77, z.B. der Firma PixArt, die die Geschwindigkeit eines parallel zu dem Sensor bewegten Objekts erfassen können, und zwar nur die Geschwindigkeit eines parallel zu dem jeweiligen Sensor bewegten Objekts, hier also jeweils eines der Schläuche 58. Alle drei Tracking Sensoren sind in einem Sensorgehäuse 76 untergebracht. Es ist an seiner unteren, durch ein Fenster im Führungskanal 64 einem Schlauch 58 zugewandten Seite durch eine Sichtscheibe 80, zum Beispiel aus Acrylglas, vollständig und dicht abgeschlossen. Davor befindet sich eine Schmutzblende mit Öffnungen für die Sensorsichtbereiche. Der Raum zwischen der Scheibe 80 und der Schmutzblende wird mit Spülluft unter Druck belüftet, so dass aus den Löchern der Schmutzblenden spülende Luft ständig austritt, die das Eindringen von Wassertropfen oder Schmutzpartikeln verhindert. Die gemessenen Geschwindigkeiten der einzelnen Schläuche 58 werden

in der Steuereinheit 74 zur Berechnung und Überwachung des Vorschubwegs der Schläuche 58 verwendet.

**[0050]** Im Folgenden wird der Ablauf eines regulären Reinigungsverfahrens beschrieben:

5 Nach dem vollständigen Aufbau der Anlage, wozu auch die Verbindung der beiden x-Achsen 28 mit dem Spiegel 20 gehört, werden die beiden Elektromotoren 32,46 betätigt, sie werden in die Nullposition gefahren. Diese wird dadurch erkannt, dass die null Sensoren 34,36,48,50 ein sprechendes Ausgangssignal über eine der Verbindungen 75 an die Steuereinheit 74 ausgeben. Gegebenenfalls werden auch die max Sensoren angefahren. Weiterhin wird festgestellt, ob die unteren Anschläge 68 in Kontakt mit der Führungseinheit 62 sind, auf diese Weise erfährt die Steuereinheit 74 über die zugehörige Verbindung 75, dass die Wegmessung mittels der Wegsensoren 66 in der Nullstellung ist. Es ist vorteilhaft, in der Führungseinheit 62 Näherungssensoren für die unteren Anschläge unterzubringen, die baugleich sind mit den Sensoren der Achsen. Dadurch kann der Zustand des Kontakts jedes unteren Anschlags 68 mit der Führungseinheit 62 von der Steuereinheit 74 festgestellt werden.

**[0051]** Nun erfolgt ein kompletter Scan der Oberfläche des Spiegels 20. Es werden mittels der Kamera 72 jeweils Teilbilder erfasst. Die Kamera hat ein Objektfeld von etwa 300 x 300 mm. Ausgehend von der Position x = null und y = null werden nun die x-Schlitten jeweils um ca. 280 mm in positiver Richtung der x-Achse 28 verfahren und wird ca. aller 280 mm ein Bild aufgenommen. Daraufhin wird der y-Schlitten entlang der y-Achse 42 um etwa 280 mm bewegt und danach entsprechend die nächste Zeile durch Verschieben der x-Schlitten in Gegenrichtung abgetastet, usw.. Dies geschieht, bis die untere Bildreihe aufgenommen wurde.

**[0052]** Jedem Einzelbild wird die aktuelle Position der Kamera mit x-Koordinate und y-Koordinate zugeordnet. Die Einzelbilder werden einem Histogramm-Equalizing unterzogen und mittels 2D-Korrelation der überlappenden Teilbilder zusammengesetzt zu einem gesamten Bild.

**[0053]** Aus diesem gesamten Bild wird durch adaptierte Filterung ein Binärbild erstellt. Anschließend werden alle in diesem Binärbild befindlichen Konturen als Kreise interpoliert. Dabei wird das Maß der großen Halbachse einer Ellipse beibehalten. Hier ist es möglich, nur Ellipsen zu Kreisen umzuformen zuzulassen, die ein gewisses Verhältnis von großer zu kleiner Achse nicht überschreiten. Danach werden die erhaltenen Kreise nach dem Radius untersucht und mittels eines Schwellenwertes gefiltert. Hier ist es möglich, bevorzugt diejenigen Flanschbohrungen für die Ermittlung des Schwellenwertes heranzuziehen, die sich unmittelbar auf der oder zumindest im Bereich der optischen Achse der Kamera befinden.

**[0054]** Die so vermuteten Positionen der Rohrmündungen 22 werden in einem Usergerät (Tablet) und auf einem Monitor dargestellt. Dadurch hat der Bediener die Möglichkeit, fehlende Rohre hinzuzufügen, falsch erkannte Positionen, zum Beispiel zugeschweisste Rohre,

zu entfernen oder zu korrigieren.

**[0055]** Wenn alle Rohrpositionen bekannt sind, werden die Koordinaten für die Position der Düsen 61 errechnet. Zunächst wird mit drei parallel zueinander angeordneten Schläuchen 58 als Normalkonfiguration gestartet. Es wird nun im Bild auf dem Monitor dargestellt und markiert, welche Dreierpaarungen so gereinigt werden können. Es wird ein günstiger Weg zwischen den einzelnen Dreiergruppen errechnet. Entlang dieses Weges wird die Führungseinheit 62 während der Reinigung verfahren werden. Es bleiben einzelne Rohrmündungen 22 übrig, die nur in Zweierpaarung oder nur als einzelne erreicht werden können. Eine Datenverarbeitungsanlage 78 der Steuereinheit 74 errechnet nun, ob es günstiger ist, zunächst in einer Anordnung mit zwei Schläuchen 58 zu arbeiten und dann die noch verbliebenen Rohre 24 mit einem Einzelschlauch zu reinigen, oder ob die Reinigung aller verbliebenen Rohre 24 mit einem Einzelschlauch günstiger ist. Bei ihr wäre nur eine Umrüstung, die durch den Bediener ausgeführt werden muss, notwendig.

**[0056]** Der Bediener muss die Länge der Rohre 24 eingeben.

**[0057]** Die jeweiligen Zeitdauern der Reinigungsschritte werden für die einzelnen Paarungen und Wege errechnet. Dem Bediener wird die Möglichkeit gegeben, zu entscheiden, mit welcher Bahnanordnung der Wärmetauscher gereinigt werden soll. Angeboten wird u.a. die schnellste Reinigung.

**[0058]** Nun kann der eigentliche Reinigungsvorgang gestartet werden. Dabei erfolgt eine Visualisierung der gereinigten Rohre auf dem Bildschirm. Nach Beendigung der Reinigung erfolgt ebenfalls eine Meldung, es wird ein Protokoll ausgegeben. Die Vorrichtung kann in dieser Zeit selbstständig arbeiten.

**[0059]** Wenn während der Reinigung festgestellt wird, dass ein Rohr 24 verstopft ist, wird die über den jeweiligen Wegsensor 66 ermittelte Eindringtiefe der Düse 61 in das betreffende Rohr 24 abgespeichert. Das entsprechende Rohr wird als nicht gereinigt im Protokoll angezeigt. Wenn zugleich auch andere Rohre 24, wie dies zum Beispiel bei einer Dreierpaarung der Fall ist, gereinigt werden, wird deren Reinigungsvorgang durchgeführt und sie werden als gereinigt, wenn sie sich reinigen lassen, dargestellt. Dies wird dadurch möglich, dass der Antrieb jedes einzelnen Schlauchs 58 in der Basiseinheit 60 mit einer gewissen Fiktion auf den Schlauch wirkt, so dass der Antrieb zwar weiter arbeitet, aber den Schlauch nicht mehr vorantreibt. Die anderen Schläuche der Paarung sind dadurch nicht betroffen. Es ist auch möglich, den Antrieb eines betreffenden Schlauches 58 abzuschalten, wenn ein Schwellenwert einer Vortriebskraft überschritten wird.

**[0060]** Eventuell können für die Reinigung eines nicht einfach zu reinigenden Rohrs 24 besondere Verfahrenswesen genutzt werden. So kann beispielsweise eine oszillierende Bewegung des Schlauchs 58 im Bereich der Verstopfungsstelle ausgeführt werden.

**[0061]** Für die Reinigung des zweiten Satzes von Rohren 24 wird entsprechend verfahren. Zuvor kann es erforderlich sein, die Führungseinheit 62 auszutauschen, eventuell müssen auch dünnere Schläuche 58 und damit eine andere Basiseinheit 60 eingesetzt werden.

**[0062]** Begriffe wie im Wesentlichen, vorzugsweise und dergleichen sowie möglicherweise als ungenau zu verstehende Angaben sind so zu verstehen, dass eine Abweichung um plusminus 5 %, vorzugsweise plusminus 2 % und insbesondere plus minus ein Prozent vom Normalwert möglich ist. Die Anmelderin behält sich vor, beliebige Merkmale und auch Untermerkmale aus den Ansprüchen und/oder beliebige Merkmale und auch Teilmerkmale aus einem Satz der Beschreibung in beliebiger Art mit anderen Merkmalen, Untermerkmalen oder Teilmerkmalen zu kombinieren, dies auch außerhalb der Merkmale unabhängiger Ansprüche. Die Anmelderin behält sich weiterhin vor, beliebige Merkmale und auch Teilmerkmale zu streichen.

**[0063]** Die Vorrichtung zur automatisierten Hochdruckreinigung der Rohre 24 eines Wärmetauschers mit a) einer motorischen Positionsvorrichtung, die a eine x-Achse 28, b einen entlang der x-Achse 28 mittels eines x-Elektromotors 32 verfahrbaren x-Schlitten 30, c einen x=null Sensor 34, 36, d eine von dem x-Schlitten 28 getragene y-Achse 42, e einen entlang der y-Achse 42 mittels eines y-Elektromotors 46 verfahrbaren y-Schlitten 44, e einen y=null Sensor 48, 50, und eine von dem y-Schlitten 44 getragene z-Achse 56 aufweist, und b) einer Hochdruckeinheit mit mehr als einem Hochdruckschlauch 58, mit einem jedem Hochdruckschlauch 58 jeweils zugeordneten Wegsensor 66 zum Erfassen der Schlauchbewegung, mit einer Führungseinheit 62, die an der z-Achse 56 angeordnet ist, mit jeweils einem unteren Anschlag 68 für jeden Hochdruckschlauch 58 und mit jeweils einem oberen Anschlag 70, der vorzugsweise auf der der Düse 61 gegenüberliegenden Seite der Führungseinheit 62 angeordnet ist, hat c) eine Kamera 72, die an der z-Achse 56 lösbar angeordnet ist, und d) eine Steuereinheit, die mit der Kamera 72, der Hochdruckeinheit, den Elektromotoren 32, 46, den Wegsensoren 66 und den Nullsensoren 34,36, 48,50 verbunden ist und zu der eine Datenverarbeitungsanlage 78 gehört.

#### 45 Bezugszeichenliste

##### [0064]

20	Spiegel
22	Rohrmündung
24	Rohr
26	Flanschbohrung
28	x-Achse
30	x-Schlitten
32	x-Elektromotor
34	x=null Sensor (erster Teil)
36	zweiter Teil von 34
38	x=max Sensor (erster Teil)

40 zweiter Teil von 38  
 42 y-Achse  
 44 y-Schlitten  
 46 y-Elektromotor  
 48 y=null Sensor (erster Teil)  
 50 zweiter Teil von 48  
 52 y=max Sensor (erster Teil)  
 54 zweiter Teil von 50  
 56 z-Achse  
 58 Hochdruckschlauch  
 60 Basiseinheit  
 61 Düse  
 62 Führungseinheit  
 64 Führungskanal  
 66 Wegsensor  
 68 unterer Anschlag  
 70 oberer Anschlag  
 72 Kamera  
 74 Steuereinheit CON  
 75 elektrische Verbindung  
 76 Sensorgehäuse  
 77 Tracking Sensor  
 78 Datenverarbeitungsanlage  
 80 Scheibe

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur automatisierten Hochdruckreinigung der Rohre (24) eines Wärmetauschers mit  
 - einer motorischen Positionsvorrichtung, die a) eine x-Achse (28), b) einen entlang der x-Achse (28) mittels eines x-Elektromotors (32), vorzugsweise eines Schrittmotors, verfahrbaren x-Schlitten (30), c) einen x=null Sensor (34, 36), d) eine von dem x-Schlitten (28) getragene y-Achse (42), e) einen entlang der y-Achse (42) mittels eines y-Elektromotors (46), vorzugsweise eines Schrittmotors, verfahrbaren y-Schlitten (44), e) einen y=null Sensor (48, 50), und eine von dem y-Schlitten (44) getragene z-Achse (56) aufweist,  
 - einer Hochdruckeinheit mit mehr als einem Hochdruckschlauch (58), vorzugsweise mit drei Hochdruckschläuchen (58), die jeweils an einem Ende mit einer Hochdruckquelle verbindbar sind und an ihrem anderen Ende eine Düse (61) tragen, mit einem jedem Hochdruckschlauch (58) jeweils zugeordneten Wegsensor (66) zum Erfassen der Schlauchbewegung, mit einer Führungseinheit (62), die an der z-Achse (56) angeordnet ist und die Hochdruckschläuche (58) aufnimmt, mit jeweils einem unteren Anschlag (68) für jeden Hochdruckschlauch (58), der zwischen Düse (61) und Führungseinheit (62) angeordnet ist und mit jeweils einem oberen Anschlag (70), der vorzugsweise auf der

der Düse (61) gegenüberliegenden Seite der Führungseinheit (62) angeordnet ist,  
 - einer Kamera (72), die an der z-Achse (56) lösbar angeordnet ist, und  
 - einer Steuereinheit, die mit der Kamera (72), der Hochdruckeinheit, den Elektromotoren (32, 46), den Wegsensoren (66) und den Nullsensoren (34, 36, 48, 50) verbunden ist und zu der eine Datenverarbeitungsanlage (78) gehört.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der x=null Sensor zweiteilig ist, wobei ein erster Teil (34) an der x-Achse (28) und ein zweiter Teil am x-Schlitten (30) angeordnet ist, und/oder dass der y=null Sensor zweiteilig ist, wobei ein erster Teil (48) an der y-Achse (42) und ein zweiter Teil (50) am y-Schlitten angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der untere Anschlag (68) zwischen Düse (61) und Führungseinheit (62) angeordnet ist, und dass der obere Anschlag (70) auf der der Düse (61) gegenüberliegenden Seite der Führungseinheit (62) angeordnet ist, und dass mindestens einer der Anschläge entlang des jeweiligen Hochdruckschlauchs (58) verstellbar ausgeführt ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Positionsvorrichtung weiterhin einen x=max Sensor (38, 40) und einen y=max Sensor (52, 54) aufweist, die mit der Steuereinheit (74) verbunden sind, und dass diese beiden Sensoren vorzugsweise baugleich mit den Sensoren gemäß Anspruch 2 sind.
5. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dass in der Steuereinheit ein Softwareprogramm für eine Bildverarbeitung und ein Softwareprogramm für die Steuerung der Elektromotoren (32, 46) enthalten sind.
6. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optische Achse der Kamera (72) parallel zur z-Achse ausgerichtet ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die von der Kamera (72) erfasste Teilfläche des Spiegels (20) dergestalt ausgewählt ist, dass im Randbereich des Bildes der Kamera (72) liegende Rohrmündungen (22) in einem Winkel kleiner 30°, vorzugsweise kleiner 20° und insbesondere kleiner 15° zur optischen Achse der Kamera (72) liegen.
8. Verfahren zur automatisierten Hochdruckreinigung der Rohre (24) eines Wärmetauschers mittels einer



Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche und mit folgenden Verfahrensschritten:

- A. Aufnahme mindestens eines Bildes mit der Kamera (72) eines mit der Positionsvorrichtung verbundenen Spiegels (20) eines Wärmetauschers, 5
  - B. Auswerten, Bewerten und Fertigstellen eines computerlesbaren Abbilds des Spiegels (20) hieraus, 10
  - C. Berechnen eines Reinigungsweges, entlang dessen die Führungseinheit in der x-y-Ebene bewegt wird und die Düsen (61) jeweils benachbarten Rohren (24) des zu reinigenden Wärmetauschers zugeordnet sind, in der Datenverarbeitungsanlage (78) und anhand des Abbilds, 15
  - D. Durchführen einer Reinigung einzelner, vorzugsweise benachbarter Rohre (24), wobei die Eindringtiefe der Düsen (61) in die Rohre (24) über den Wegsensor (66), der dem jeweiligen Hochdruckschlauch (589) zugeordnet ist, erfasst wird, und 20
  - E. Ausgabe eines Protokolls über die erfolgte Reinigung. 25
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Schritt A. eine Mehrzahl von Teilbildern des Spiegels (20) erstellt wird, wobei mindestens zwei Teilbilder sich jeweils teilweise überlappen und für jedes Teilbild die x-y-Position erfasst und zugeordnet wird, und dass in der Datenverarbeitungsanlage (78) die Teilbilder zu einem gesamten Bild des Spiegels (20) zusammengesetzt werden. 30
10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Verfahrensansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Schritt B. das Bewerten derart stattfindet, dass die Radien der aufgefundenen Rohrmündungen (22) der Rohre (24) bewertet werden und nur solche im Bild des Wärmetauschers vorhandenen Elemente als Rohrmündungen (22) bewertet werden, die in einem vorgegebenen Abweichungsbereich zu einem mittleren Radius liegen. 35
11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Verfahrensansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Schritt C. zunächst ein erster Reinigungsweg berechnet wird, bei dem alle in der Führungseinheit (62) geführten Hochdruckschläuche (58) eingesetzt werden, dass danach ein zweiter Reinigungsweg berechnet wird, bei dem nur eine Unterzahl der in der Führungseinheit (62) geführten Hochdruckschläuche (58) eingesetzt ist und die anderen passiv sind oder entfernt sind. 40
12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Verfahrensansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** 45

**dass** dann, wenn im Schritt D. über den Wegsensor (66) festgestellt wird, dass mindestens eine Düse (61) nicht bis zur vollen Länge des zu reinigenden Rohrs (24) in dieses eintaucht, sondern in einer gewissen Tiefe nicht weiter vorankommt, der Reinigungsvorgang für dieses Rohr (24) abgebrochen wird und im Protokoll gemäß Schritt E. dieses Rohr (24) als nicht gereinigt angegeben wird.

13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Verfahrensansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Schritt A. die Schlitten (30, 44) in eine Position gefahren werden, in der beide null-Sensoren (34, 36, 48, 50) einen Anschlag in der x=null und der y=null Stellung der Positionsvorrichtung anzeigen. 50
14. Verfahren nach einem der vorangegangenen Verfahrensansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Schritt A. die Schläuche (58) in die Position gefahren werden, bei der der untere Anschlag (68) in Kontakt mit der Führungseinheit (62) ist, und dass die Erfassung mittels der Wegsensoren (66) in diesem Zustand auf null gestellt wird. 55

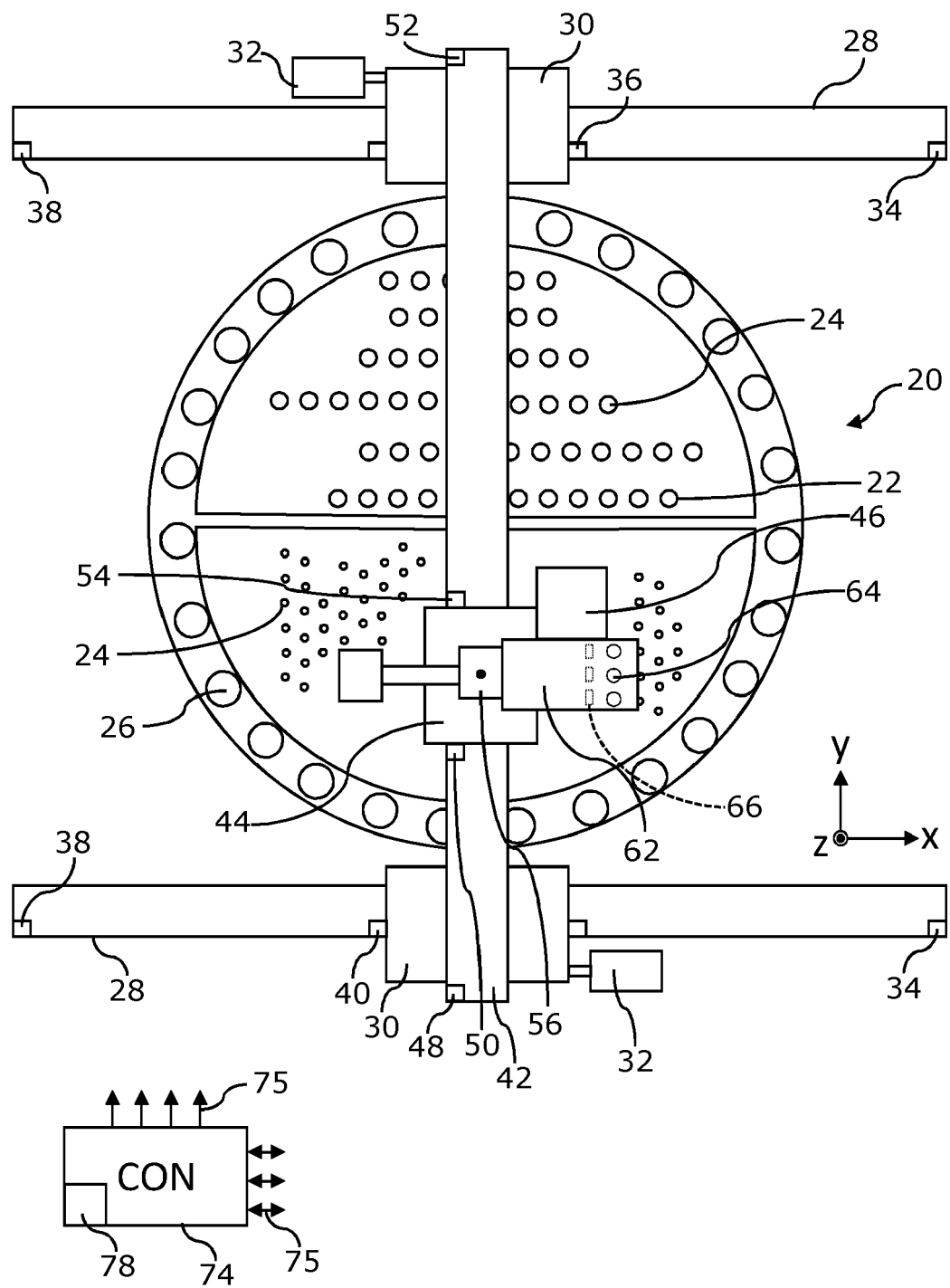


Fig. 1

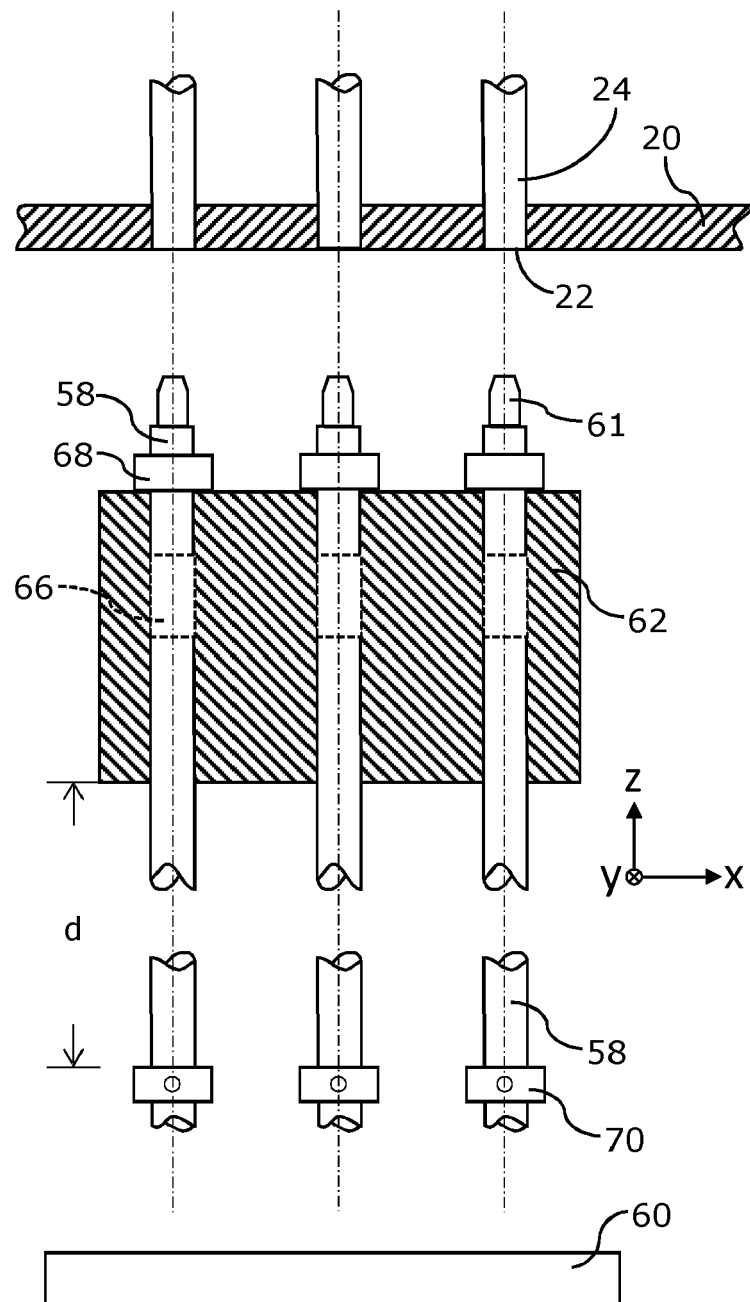


Fig. 2

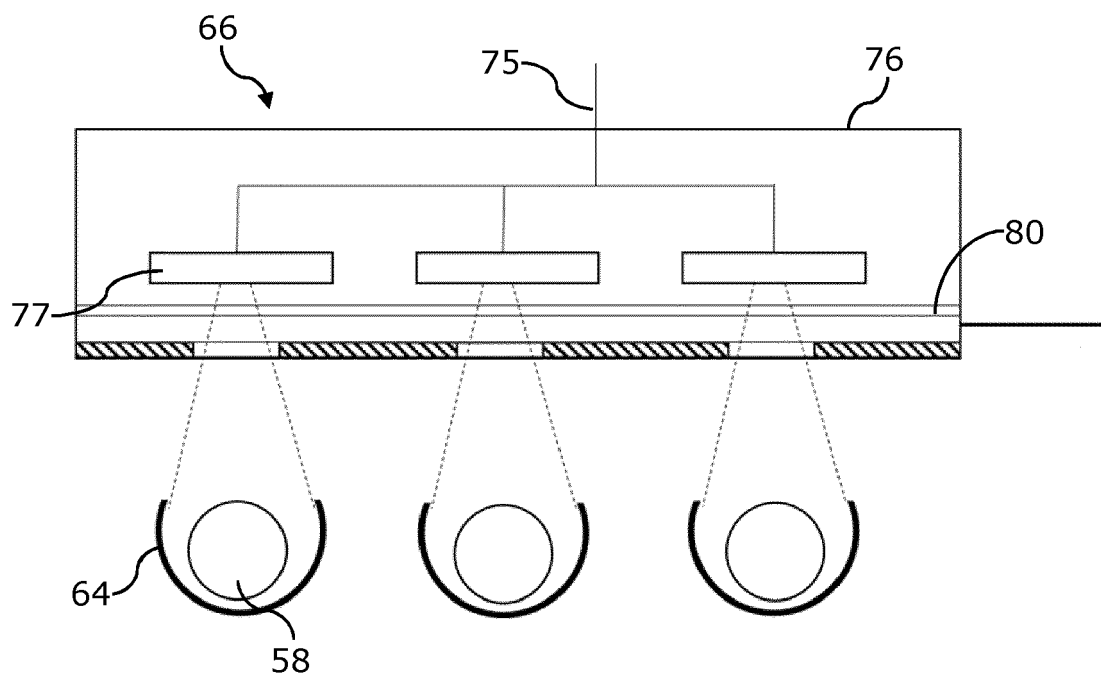


Fig. 3



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 20 18 2617

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2017/016687 A1 (EISERMANN REINHARD [DE] ET AL) 19. Januar 2017 (2017-01-19) * Absätze [0061], [0082] - [0085]; Abbildungen 4, 7, 8 *	1-14	INV. F28G3/16 F28G15/00 F28G15/02 F28G15/06 F28G15/08
A	EP 3 336 478 A1 (VEOLIA ENVIRONNEMENT VE [FR]) 20. Juni 2018 (2018-06-20) * Absätze [0049] - [0053]; Abbildung 5A *	1-14	
A	US 6 681 839 B1 (BALZER BRENT A [US]) 27. Januar 2004 (2004-01-27) * Abbildungen 3A, 4, 12 *	1-14	
A	WO 2009/117143 A2 (HYDROCHEM IND SERVICES INC [US]; GARDNER JOHN E [US] ET AL.) 24. September 2009 (2009-09-24) * Abbildung 11 *	1-14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F28G F28D
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>22. Oktober 2020</b>	Prüfer <b>Delaitre, Maxime</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 18 2617

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

22-10-2020

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2017016687 A1	19-01-2017	CA 2941210 A1	01-10-2015
		DE 102014104356 A1	01-10-2015
		EP 3123096 A1	01-02-2017
		ES 2755362 T3	22-04-2020
		PL 3123096 T3	31-03-2020
		PT 3123096 T	21-11-2019
		US 2017016687 A1	19-01-2017
		WO 2015144889 A1	01-10-2015
-----			
EP 3336478 A1	20-06-2018	EP 3336478 A1	20-06-2018
		FR 3060731 A1	22-06-2018
		US 2018172372 A1	21-06-2018
-----			
US 6681839 B1	27-01-2004	KEINE	
-----			
WO 2009117143 A2	24-09-2009	BR PI0907081 A2	07-07-2015
		CA 2718951 A1	24-09-2009
		EP 2268423 A2	05-01-2011
		US 2009255557 A1	15-10-2009
		US 2012055512 A1	08-03-2012
		US 2012055520 A1	08-03-2012
		WO 2009117143 A2	24-09-2009
-----			

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**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**

- DE 102015218114 B4 [0006]
- DD 255202 A1 [0006]
- US 4095305 A [0006]
- US 2009255557 A1 [0006]
- DE 69104934 T2 [0006]