



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.02.2022 Patentblatt 2022/08

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B05B 12/04 ^(2006.01) **B05B 13/04** ^(2006.01)
B05B 15/58 ^(2018.01)

(21) Anmeldenummer: **21201268.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B05B 12/04; B05B 13/0452; B05B 15/58

(22) Anmeldetag: **10.01.2018**

(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

(72) Erfinder: **BÖRNER, Gunter**
74889 Sinsheim/Eschelbach (DE)

(30) Priorität: **01.02.2017 DE 102017101937**

(74) Vertreter: **Maiwald Patent- und Rechtsanwaltsgesellschaft mbH**
Elisenhof
Elisenstraße 3
80335 München (DE)

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
18700646.5 / 3 576 884

Bemerkungen:
Diese Anmeldung ist am 06.10.2021 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(71) Anmelder: **ABB SCHWEIZ AG**
5400 Baden (CH)

(54) **APPLIKATIONSSYSTEM ZUM BESCHICHTEN VON BAUTEILEN UND BESCHICHTUNGSEINRICHTUNG**

(57) Die Erfindung beschreibt eine Beschichtungseinrichtung zum Beschichten von Bauteilen mit einem Beschichtungsmittel, mit einem Applikationssystem, welches folgende Baugruppen umfasst:

- ein Applikationsgerät, das das Beschichtungsmittel appliziert, wobei das Applikationsgerät ein Druckkopf (1) ist, der das Beschichtungsmittel aus mehreren Beschichtungsmitteldüsen (2, 19) ausstößt, wobei an jeder einzelnen Beschichtungsmitteldüse (2) ein Düsenventil (20) angebracht ist, das sich eine Ventilöffnungszeit lang öffnet, wenn ein Beschichtungsmitteltropfen die jeweilige Düse (2) verlassen soll,
- eine Beschichtungsmittelzuleitung (22), mit der die Beschichtungsmitteldüsen (19) des Druckkopfes (1) gemeinsam verbunden sind,
- eine Ventilsteuerung (25) zur Steuerung der Ventilöffnungszeiten und Ventilschließzeiten jedes einzelnen Ventils (20),

wobei die Beschichtungseinrichtung einen Roboter umfasst, an dem wenigstens das Applikationsgerät aufgenommen ist

dadurch gekennzeichnet, dass das Applikationssystem weiter eine Pumpe (21) umfasst, mittels der das zu applizierende Beschichtungsmittel über die Beschichtungsmittelzuleitung (22) den Beschichtungsmitteldüsen (19) zugeführt wird, und dass das Applikationssystem eingerichtet ist, dass die Pumpe (21) während des Beschichtens mit einer konstanten Durchflussrate des Beschichtungsmittels arbeitet, und dass der Druck an jeder Düse (19) bei einem Öffnen des Ventils (20) genau so groß ist wie beim vorhergehenden Öffnen dieses Ventils

(20).

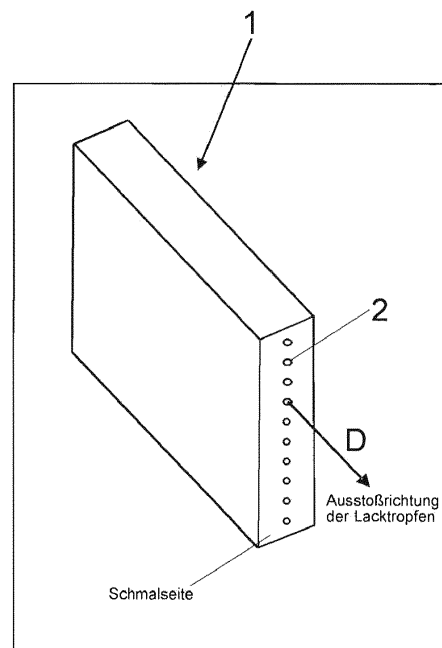
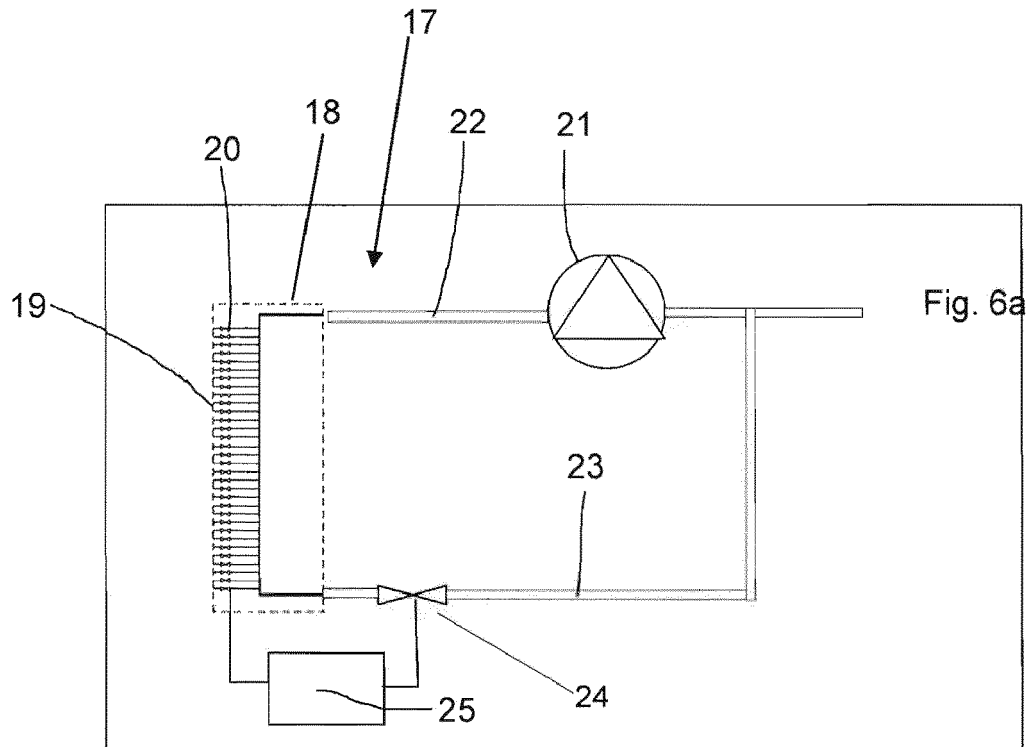


Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Applikationssystem zum Beschichten von Bauteilen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Beschichtungseinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 2.

[0002] Ein solches Applikationssystem umfasst folgende Baugruppen:

- ein Applikationsgerät, das das Beschichtungsmittel appliziert, wobei das Applikationsgerät ein Druckkopf ist, der das Beschichtungsmittel aus mehreren Beschichtungsmitteldüsen ausstößt, wobei an jeder einzelnen Beschichtungsmitteldüse ein Düsenventil angebracht ist, das sich eine Ventilöffnungszeit lang öffnet, wenn ein Beschichtungsmitteltropfen die jeweilige Düse verlassen soll,
- eine Beschichtungsmittelzuleitung, mit der die Beschichtungsmitteldüsen des Druckkopfes gemeinsam verbunden sind,
- eine Ventilsteuerung zur Steuerung der Ventilöffnungszeiten und Ventilschließzeiten jedes einzelnen Ventils.

[0003] Eine Beschichtungseinrichtung umfasst einen Roboter, an dem wenigstens das Applikationsgerät aufgenommen ist. Üblicherweise ist das Applikationsgerät an dem Roboter an dem sogenannten Tool Center Point, kurz TCP, aufgenommen.

[0004] Die DE 10 2008 053 178 A1 zeigt eine Beschichtungseinrichtung zur Beschichtung, insbesondere Lackierung von Kraftfahrzeugkarosseriebauteilen. Bei einer solchen Lackieranlage zur Lackierung von Kraftfahrzeugkarosseriebauteilen werden die zu lackierenden Kraftfahrzeugkarosseriebauteile auf einem durch eine Lackierkabine transportiert, in der die Kraftfahrzeugkarosseriebauteile dann von Lackierrobotern lackiert werden. Die Lackierroboter weisen einen oder mehrere schwenkbare Roboterarme auf und führen über eine mehrachsige Roboterhandachse an ihrem TCP jeweils ein Applikationsgerät. Das Applikationsgerät ist hier als ein Druckkopf ausgeführt, der das Beschichtungsmittel aus mehreren Beschichtungsmitteldüsen ausstößt, und die Beschichtungsmitteldüsen des Druckkopfes sind gemeinsam mit einer Beschichtungsmittelzuleitung verbunden, über die das zu applizierende Beschichtungsmittel zugeführt wird. Die Lackierung mittels eines solchen Druckkopfes ist vorteilhaft, wenn beispielsweise eine Fahrzeugkarosserie mehrfarbig lackiert werden soll, wenn an verschiedenen Stellen an der Karosserie unterschiedliche Farben aufgebracht werden sollen. Die Lackierung mit einem Druckkopf-Applikator ermöglicht das randscharfe Lackieren unterschiedlicher Zonen auf dem Werkstück, also z.B. der Karosserie, ohne weitere zusätzliche Vorkehrungen, insbesondere ohne Abkleben andersfarbiger Bereiche.

[0005] Die Dosierung des Beschichtungsmaterials bei der Lackierung mit einem Druckkopf-Applikator erfolgt üblicherweise mittels eines Druckreglers für das Beschichtungsmaterial. Diese Dosierung mittels eines Druckreglers hat einige Nachteile, insbesondere bei der Lackierung von Automobilkarosserien oder Karosserieteilen in einer Automobil-Lackierstraße. Die Durchflussrate eines bei der Automobillackierung verwendeten Lackes als Beschichtungsmaterial hängt nämlich von der Viskosität und vom Druck ab. Die Viskosität des Beschichtungsmaterials kann sich bei unterschiedlichen Lackmaterialien zum Teil stark unterscheiden. Manche benutzten Lackiermaterialien sind thixotrop, das heißt sie haben eine druckabhängige Viskosität. Diese erhebliche Abhängigkeit der Viskosität des Beschichtungsmittels von der Materialart und vom Druck führt oft zu ungleichförmiger Tropfengröße während des Beschichtens und damit zu großen Schwierigkeiten, eine homogene Beschichtung zu gewährleisten.

[0006] Es ist daher die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabe, ein Applikationssystem der eingangs genannten Art so zu verbessern, dass eine zeitlich konstante Tropfengröße während des Beschichtungsvorganges sichergestellt ist.

[0007] Weiter ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Beschichtungseinrichtung weiter zu verbessern.

[0008] Diese Aufgabe wird bezüglich des Applikationssystems gelöst mit einem Applikationssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Bezüglich der Beschichtungseinrichtung wird die Aufgabe gelöst mit einer Beschichtungseinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 4.

[0009] Erfindungsgemäß umfasst das Applikationssystem weiter eine Pumpe, mittels der das zu applizierende Beschichtungsmittel über die Beschichtungsmittelzuleitung den Beschichtungsmitteldüsen zugeführt wird, und das Applikationssystem ist so eingerichtet, dass die Pumpe während des Beschichtens mit einer konstanten Durchflussrate des Beschichtungsmittels arbeitet, und dass der Druck an jeder Düse bei einem Öffnen des Ventils genau so groß ist wie beim vorhergehenden Öffnen dieses Ventils.

[0010] Gemäß der Erfindung hat das Applikationssystem eine Beschichtungsmittelrückleitung, in der ein Rückführventil eingebaut ist, welches wenigstens dann öffnet wenn die Düsenventile des Druckkopfes gleichzeitig geschlossen sind.

[0011] Alternativ ist die Ventilsteuerung dazu eingerichtet, dass während des Beschichtens immer eine gleich bleibende Anzahl an Düsenventilen eines Druckkopfes geöffnet ist.

[0012] Die Erfindung sowie weitere Ausführungsformen und weitere Vorteile der Erfindung werden nun im Zusammenhang mit der folgenden Figurenbeschreibung erläutert und beschrieben.

[0013] Es zeigen:

- Figur 1 schematisch und exemplarisch einen Druckkopf zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Applikationsgerät, mit hier exemplarisch dargestellten zehn Beschichtungsmitteldüsen, angeordnet in einer Linie hintereinander, wobei die Linie sich in etwa senkrecht zur Bewegungsrichtung des Applikationsgerätes beim Beschichten erstreckt,
- Figur 2 schematisch und exemplarisch einen Druckkopf mit zweiunddreißig Beschichtungsmitteldüsen, wobei an jeder Beschichtungsmitteldüse ein Ventil angebracht ist, und die Beschichtungsmitteldüsen gemeinsam mit einer Beschichtungsmittelzuleitung verbunden sind, in zwei Ausführungsformen: links mit Beschichtungsmittelzuführung von einer Seite, rechts mit Beschichtungsmittelzuführung von zwei Seiten,
- Figur 3 schematisch und exemplarisch eine Ausführungsform eines Applikationssystems, bei dem drei Druckköpfe mit jeweils zweiunddreißig Beschichtungsmitteldüsen aneinandergereiht sind, um die Beschichtungsleistung zu erhöhen, und bei dem die Beschichtungsmitteldüsen in benachbarten Druckköpfen gegeneinander versetzt sind,
- Figur 4 schematische Veranschaulichung eines Betriebsmodus der Beschichtungsmitteldüsen eines Druckkopfes, gemäß dem Stand der Technik,
- Figur 5a schematisch und exemplarisch ein Applikationssystem mit einem Druckkopf, der zweiunddreißig Beschichtungsmitteldüsen hat, wobei an jeder Beschichtungsmitteldüse ein Ventil angebracht und dieser zugeordnet ist;
- Figur 5b den zeitlichen Verlauf der Ventilstellung während zweier vollständiger Schaltperioden T1 und T2 sowie einer halben Schaltperiode T3,
- Figur 5c den zeitlichen Verlauf des Beschichtungsmittelflusses an der Düsenaustrittsöffnung einer Beschichtungsmitteldüse (durchgezogene Linie), und der von der Pumpe eingepprägten Durchflussrate des Beschichtungsmittels (gestrichelte Linie)
- Figur 5d den zeitlichen Verlauf des Druckes an der Beschichtungsmitteldüse des Druckkopfes,
- Figur 6a eine Ausführungsform entsprechend der in Figur 5a dargestellten, bei der zusätzlich eine Beschichtungsmittel-Rückleitung vorhanden ist, in der ein Rückführventil eingebaut ist.
- Figur 6b die Schaltzustände der Düsenventile gemäß Figur 6a während zweier vollständiger Schaltperioden T1 und T2 sowie einer halben Schaltperiode T3,
- Figur 6c den zu den Schaltzuständen der Düsenventile nach Figur 6b korrespondierenden Schaltzustand des Rückführventils, während zweier vollständiger Schaltperioden T1 und T2 sowie einer halben Schaltperiode T3.
- Figur 7 wie durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen der nachteilige Aufbau eines immer weiter ansteigenden Überdrucks im System mit den negativen Auswirkungen hinsichtlich einer nicht-uniformen Tropfengröße vermieden ist,
- Figur 8a schematisch und exemplarisch ein Applikationssystem mit einem Druckkopf, der zweiunddreißig Beschichtungsmitteldüsen hat, wobei an jeder Beschichtungsmitteldüse ein Ventil angebracht und dieser zugeordnet ist.
- Figur 8b schematisch und exemplarisch den Betriebsmodus der Beschichtungsmitteldüsen des Druckkopfes aus Figur 8a mit den zweiunddreißig Beschichtungsmitteldüsen 1 - 32,
- Figur 9 einen beispielhaften Betriebsmodus für ein Applikationssystem mit drei Druckköpfen, von denen jeder zweiunddreißig Ventile hat.
- [0014]** Figur 1 zeigt schematisch und exemplarisch einen Druckkopf 1 zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Applikationsgerät. Hier ist der Druckkopf 1 schematisch und exemplarisch als eine quaderförmige Struktur dargestellt. Er hat hier im Beispiel zehn Beschichtungsmitteldüsen 2, die an einer Schmalseite des Druckkopfes in einer Linie hintereinander angeordnet sind, wobei die Linie sich in etwa senkrecht zur Bewegungsrichtung des Applikationsgerätes beim Beschichten erstreckt, siehe hierzu Figur 3. Der Pfeil D zeigt die Richtung des Ausstoßes der Beschichtungsmitteltropfen an.
- [0015]** Figur 2 zeigt schematisch und exemplarisch einen Druckkopf 3 mit zweiunddreißig Beschichtungsmitteldüsen 4, die im Wesentlichen baugleich sind zu den Beschichtungsmitteldüsen 2 gemäß der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform. An jeder Beschichtungsmitteldüse 4 ist ein Ventil 5 angebracht, und die Beschichtungsmitteldüsen 4 sind gemeinsam mit einer Beschichtungsmittelzuleitung 6 verbunden. Die Ventile können mit einer Schaltfrequenz im Bereich einiger kHz geschaltet

werden, typischerweise im Bereich von 3 kHz. Links in Figur 2 ist eine Ausführungsform gezeigt, bei der das Beschichtungsmittel nur von einer Seite, hier von oben, zugeführt wird. Rechts in der Figur 2 ist eine Ausführungsform gezeigt, bei der das Beschichtungsmittel von zwei Seiten, hier von oben und unten, zugeführt wird, wobei sich dazu die Beschichtungsmittelzuleitung 6 in einen oberen und einen unteren Teilarm 7, 8 aufteilt.

[0016] Figur 3 zeigt schematisch und exemplarisch eine Ausführungsform eines Applikationssystems 9, bei dem drei Druckköpfe 10, 11, 12 mit jeweils zweiunddreißig Beschichtungsmitteldüsen 13 aneinandergereiht sind, um die Beschichtungsleistung zu erhöhen. Die Bewegungsrichtung des Applikationssystems 9 während der Beschichtung ist durch den Pfeil P angedeutet, man sieht dass diese in etwa senkrecht zu der Linie verläuft, in der die Beschichtungsmitteldüsen 13 in jeden der drei Druckköpfe 10, 11, 12 angeordnet sind. Der Abstand zwischen benachbarten Beschichtungsmitteldüsen 13 ist mit a bezeichnet. Dieser Abstand kann aus konstruktiven Gründen nicht beliebig klein gemacht werden. Um einen gleichmäßigen Auftrag des Beschichtungsmittels zu erreichen, sind die Beschichtungsmitteldüsen 13 der drei aneinander gereihten Druckköpfe 10, 11, 12 um jeweils einen Betrag von $a/3$ gegeneinander versetzt angeordnet, wie in der im rechten Teil der Figur 3 dargestellten Ausschnittsvergrößerung eines Teilbereiches 14 des Beschichtungsmitteldüsenfeldes dargestellt ist.

[0017] Figur 4 zeigt schematisch und exemplarisch den Betriebsmodus 16 der Beschichtungsmitteldüsen eines Druckkopfes, wie er gemäß dem Stand der Technik üblicherweise angewendet wird. Für die exemplarische Erläuterung ist hier ein Druckkopf 15 mit sechs Betriebsmitteldüsen D1 - D6 angenommen. Die waagerecht verlaufenden Balken, mit den abwechselnd schwarzen und weißen Feldern, zeigen den Schaltzustand der jeweiligen Ventile an, wenn der Druckkopf 15 zum Beschichten bewegt wird. Ein dunkles Feld zeigt an, dass das entsprechende Ventil in dieser Zeit offen ist, während dieser Zeit tritt ein Beschichtungsmitteltropfen aus der jeweiligen Düse aus. Ein helles Feld zeigt an, dass das entsprechende Ventil während dieser Zeit geschlossen ist, während dieser Zeit tritt kein Beschichtungsmitteltropfen durch die entsprechende Düse aus. Bei dem üblichen Betriebsmodus 16, wie er in der Figur 4 veranschaulicht ist, werden alle Ventile gleichzeitig geöffnet und geschlossen. Man macht das oft, um eine scharfe Anfangs- und Endlinie der Beschichtung zu bekommen. In der Figur 4 sind insgesamt acht Schaltperioden T1 - T8 in ihrer zeitlich hintereinanderliegenden Reihenfolge aneinander gereiht dargestellt.

[0018] Figur 5 zeigt in der Teilfigur 5a schematisch und exemplarisch ein Applikationssystem 17, mit einem Druckkopf 18, der zweiunddreißig Beschichtungsmitteldüsen 19 hat, wobei an jeder Beschichtungsmitteldüse 19 ein Ventil 20 angebracht und dieser zugeordnet ist. In der Beschichtungsmittelzuleitung 22 befindet sich eine Pumpe 21, die das Beschichtungsmittel mit einer kon-

stanten Durchflußrate durch die Beschichtungsmittelzuleitung 22 zu dem Druckkopf 18 pumpt. Die Pumpe 21 kann beispielsweise als Zahnradpumpe oder als Kolbenpumpe ausgebildet sein, beides Pumpenarten, die eine konstante Durchflussrate auch bei variierendem Druck erzeugen können. Die Teilfiguren 5b -5d zeigen die zeitlichen Verläufe der Ventilstellung (Fig. 5b), des Beschichtungsmittelflusses an der Düsenaustrittsöffnung einer Beschichtungsmitteldüse (Figur 5c, durchgezogene Linie), der von der Pumpe 21 eingepprägten Durchflussrate des Beschichtungsmittels (Figur 5c, gestrichelte Linie) und des Druckes an der Beschichtungsmitteldüse 19 des Druckkopfes 18 (Figur 5d) während zweier vollständiger Schaltperioden T1 und T2 sowie einer halben Schaltperiode T3. Wenn die Ventile alle gleichzeitig geschlossen sind, beispielsweise in der Schaltperiode T1 zum Zeitpunkt A, pumpt die Pumpe 21 weiter mit konstanter Durchflussrate das Beschichtungsmittel in das Applikationssystem 17. Der Druck im Applikationssystem und damit der Druck an der Beschichtungsmitteldüse des Druckkopfes steigt an, es entsteht ein Überdruck im Applikationssystem, siehe Fig. 5d, da die Schläuche und andere Komponenten des Applikationssystems eine gewisse Elastizität haben. Wenn nun das Ventil zu Beginn des folgenden Schaltzyklus wieder geöffnet wird, siehe beispielsweise Zeitpunkt B zu Beginn des Schaltzyklus T2, fällt der Druck wieder ab und nach einer kurzen Zeit ist der Beschichtungsmittelfluss an der Austrittsöffnung der Beschichtungsmitteldüse konstant.

[0019] In der vorliegenden Erfindung wurde überraschend erkannt, dass unter bestimmten Umständen, wenn die Zeitkonstanten des Applikationssystems so groß sind, dass ein vollständiger Abbau des Überdruckes bis zum Beginn der nächsten folgenden Schaltperiode nicht möglich ist, sich der Überdruck während der nächsten Schaltperiode dann von einem höheren Ausgangspunkt aus weiter erhöht, und so fort, so dass der Druck im Applikationssystem immer weiter ansteigt. Da die Flussrate des Beschichtungsmittels an der Austrittsdüse des Druckkopfes neben der Viskosität auch vom Druck abhängt, ergibt sich daraus das überraschend erkannte Problem, dass obwohl die Pumpe eine konstante Durchflussrate erzeugt, die Durchflussrate an der Austrittsöffnung der Beschichtungsmitteldüse und damit die Tropfengröße nicht uniform gleich groß ist, sondern sich mit der Zeit ändert. Das ist im Hinblick auf ein optimales Beschichtungsergebnis nachteilig.

[0020] Figur 6 zeigt eine erste Lösung für dieses überraschend erkannte Problem. In der Teilfigur 6a ist eine Ausführungsform entsprechend der in Figur 5a dargestellten gezeigt, bei der zusätzlich eine Beschichtungsmittel-Rückleitung 23 vorhanden ist, in der ein Rückführventil 24 eingebaut ist. Eine Ventilsteuerung 25 steuert die Düsenventile 20 im Druckkopf und das Rückführventil 25. Figur 6b zeigt die Schaltzustände der Düsenventile 20 und Figur 6c zeigt den dazu korrespondierenden Schaltzustand des Rückführventils 24, jeweils während zweier vollständiger Schaltperioden T1 und T2 sowie ei-

ner halben Schaltperiode T3. Das Rückführventil 24 ist geöffnet wenn die Düsenventile 20 geschlossen sind, und es ist geschlossen, wenn die Düsenventile 20 geöffnet sind. Wenn die Düsenventile 20 geschlossen sind, pumpt die Pumpe 21 das Beschichtungsmittel über das geöffnete Rückführventil 24 und die Beschichtungsmittelrückleitung 23 im Kreislauf. Im Ergebnis wird durch diese Maßnahme erreicht, dass nunmehr ein vollständiger Abbau des Überdruckes bis zum Beginn der einem Schließen aller Düsenventile 20 nächsten folgenden Schaltperiode erfolgt, sich somit der Überdruck während der nächsten Schaltperiode dann wieder von dem Druckniveau aus erhöht, das zu Beginn des vorherigen Öffnens der Düsenventile 20 geherrscht hat, so dass nun der Druck im Applikationssystem nicht immer weiter ansteigt. Dadurch ist die Durchflussrate an der Austrittsöffnung der Beschichtungsmitteldüse und damit die Tropfengröße uniform gleich groß, sie ändert sich mit der Zeit nicht. Das ist im Hinblick auf ein optimales Beschichtungsergebnis von Vorteil.

[0021] Eine weitere Lösungsmöglichkeit besteht darin, dass die Ventilsteuerung dazu eingerichtet ist, dass während des Beschichtens immer eine gleich bleibende Anzahl an Düsenventilen eines Druckkopfes geöffnet ist. Figur 8 veranschaulicht diese Lösung beispielhaft und exemplarisch. Die Teilfigur 8a zeigt schematisch und exemplarisch ein Applikationssystem 17, mit einem Druckkopf 18, der zweiunddreißig Beschichtungsmitteldüsen 19 hat, wobei an jeder Beschichtungsmitteldüse 19 ein Ventil 20 angebracht und dieser zugeordnet ist. In der Beschichtungsmittelzuleitung 22 befindet sich eine Pumpe 21, die das Beschichtungsmittel mit einer konstanten Durchflußrate durch die Beschichtungsmittelzuleitung 22 zu dem Druckkopf 18 pumpt. Die Pumpe 21 kann beispielsweise als Zahnradpumpe oder als Kolbenpumpe ausgebildet sein, beides Pumpenarten, die eine konstante Durchflussrate auch bei variierendem Druck erzeugen können.

[0022] Figur 8b zeigt schematisch und exemplarisch den Betriebsmodus 26 der Beschichtungsmitteldüsen des Druckkopfes 18 aus Figur 8a mit den zweiunddreißig Beschichtungsmitteldüsen 1 - 32 gemäß der hier beschriebenen zweiten erfindungsgemäßen Lösung. Die waagrecht verlaufenden Balken, mit den abwechselnd schwarzen und weißen Feldern, zeigen den Schaltzustand der jeweiligen Ventile an, wenn der Druckkopf 18 zum Beschichten bewegt wird. Ein dunkles Feld zeigt an, dass das entsprechende Ventil in dieser Zeit offen ist, während dieser Zeit tritt ein Beschichtungsmitteltropfen aus der jeweiligen Düse aus. Ein helles Feld zeigt an, dass das entsprechende Ventil während dieser Zeit geschlossen ist, während dieser Zeit tritt kein Beschichtungsmitteltropfen durch die entsprechende Düse aus. Die Ventilsteuerung sorgt dafür, dass die Schaltreihenfolge der Ventile 20 so eingestellt ist, dass immer eine konstante Anzahl an Ventilen offen ist. In Figur 8b sind zehn aufeinanderfolgende Schaltperioden A - J dargestellt. Während des ersten Teils der ersten Schaltperiode

A sind acht Ventile offen, die Nr. 1, 2, 3, 4, 29, 30, 31, 32. Die übrigen vierundzwanzig Ventile sind geschlossen. Wenn die acht Ventile Nr. 1, 2, 3, 4, 29, 30, 31, 32 schließen, öffnen die acht Ventile Nr. 5, 6, 7, 8, 25, 26, 27, 28. Am Ende der ersten Schaltperiode A und zu Beginn der zweiten Schaltperiode B schließen die Ventile Nr. 5, 6, 7, 8, 25, 26, 27, 28 wieder, die Ventile Nr. 1, 2, 3, 4, 29, 30, 31, 32 bleiben geschlossen, und es öffnen die acht Ventile Nr. 9, 10, 11, 12, 21, 22, 23, 24. Wenn diese in der Mitte der zweiten Schaltperiode B wieder schließen, öffnen die acht Ventile 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20. Die übrigen Ventile bleiben bis zum Ende der zweiten Schaltperiode B und Beginn der dritten Schaltperiode C geschlossen. Danach wiederholt sich dieses Schema. Es sind bei diesem Schema immer acht Ventile offen und 24 Ventile geschlossen, das Schaltschema stellt dabei sicher, dass innerhalb von zwei Schaltperioden jedes der zweiunddreißig Ventile einmal geöffnet hat. Die Pumpe arbeitet immer mit konstanter Durchflussrate des Beschichtungsmittels. Es kann sich kein ansteigender Überdruck im System aufbauen, weil immer acht Ventile geöffnet sind. Bei einer typischen Ventilöffnungszeit von 1 ms und einer angenommenen, beispielhaften Geschwindigkeit von 200mm/s des Roboterarms beim Beschichten ist die Wegstrecke, die der Druckkopf während zweier Schaltperioden zurücklegt, bis also wieder dieselben acht Ventile öffnen wir zu Beginn, 0,8 mm. Neben dem in der Figur 8 dargestellten Schaltschema sind noch viele weitere denkbar. So könnten beispielsweise nicht nur acht, sondern etwa auch sechzehn oder auch nur vier Ventile gleichzeitig geöffnet sein. Auch kann die Verteilung der geöffneten Ventile längs der Linie, an der sie angeordnet sind, variieren. Wichtig ist nur, dass immer eine gleiche Anzahl an Ventilen geöffnet ist.

[0023] Das in Figur 8 anhand eines Druckkopfes gezeigte Vorgehen lässt sich auch übertragen auf ein Applikationssystem mit mehreren Druckköpfen. Figur 9 zeigt das beispielhaft anhand eines beispielhaften Betriebsmodus 27 für ein Applikationssystem mit drei Druckköpfen, von denen jeder zweiunddreißig Ventile hat. Auch hier zeigen die waagrecht verlaufenden Balken, mit den abwechselnd schwarzen bzw. schraffierten und weißen Feldern den Schaltzustand der jeweiligen Ventile an, wenn der Druckkopf zum Beschichten bewegt wird. Ein dunkles bzw. schraffiertes Feld zeigt an, dass das entsprechende Ventil in dieser Zeit offen ist, während dieser Zeit tritt ein Beschichtungsmitteltropfen aus der jeweiligen Düse aus. Ein helles Feld zeigt an, dass das entsprechende Ventil während dieser Zeit geschlossen ist, während dieser Zeit tritt kein Beschichtungsmitteltropfen durch die entsprechende Düse aus. Die Balken mit den schwarz gefüllten Feldern zur Anzeige eines geöffneten Ventils sind dem ersten Druckkopf zugeordnet. Die Balken mit den schräg schraffierten Feldern zur Anzeige eines geöffneten Ventils sind dem zweiten Druckkopf zugeordnet. Die Balken mit den senkrecht schraffierten Feldern zur Anzeige eines geöffneten Ventils sind

dem dritten Druckkopf zugeordnet. Auch hier ist sichergestellt, dass an jedem der drei Druckköpfe immer acht der zweiunddreißig Ventile geöffnet sind. Da drei Druckköpfe parallel betrieben werden, wird in jeder Schaltperiode aus mehr als acht Düsen Beschichtungsmittel ausgestoßen, und zwar je nach Schaltperiode aus sechzehn oder vierundzwanzig Beschichtungsmitteldüsen. Auf diese Weise kann eine noch bessere Schichthomogenität erzielt werden.

[0024] Figur 7 zeigt, wie durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen wie oben beschrieben der nachteilige Aufbau eines immer weiter ansteigenden Überdrucks im System mit den negativen Auswirkungen hinsichtlich einer nicht-uniformen Tropfengröße vermieden ist. Teilfigur 7a zeigt schematisch und exemplarisch ein Applikationssystem 17, mit einem Druckkopf 18, der zweiunddreißig Beschichtungsmitteldüsen 19 hat, wobei an jeder Beschichtungsmitteldüse 19 ein Ventil 20 angebracht und dieser zugeordnet ist. In der Beschichtungsmittelzuleitung 22 befindet sich eine Pumpe 21, die das Beschichtungsmittel mit einer konstanten Durchflußrate durch die Beschichtungsmittelzuleitung 22 zu dem Druckkopf 18 pumpt. Die Pumpe 21 kann beispielsweise als Zahnpumpe oder als Kolbenpumpe ausgebildet sein, beides Pumpenarten, die eine konstante Durchflußrate auch bei variierendem Druck erzeugen können. Nicht dargestellt ist in Figur 7a die Beschichtungsmittelrückleitung mit dem Rückführventil. Die Teilfiguren 7b -7d zeigen die zeitlichen Verläufe der Ventilstellung (Fig. 7b), des Beschichtungsmittelflusses an der Düsenaustrittsöffnung einer Beschichtungsmitteldüse (Figur 7c, durchgezogene Linie), der von der Pumpe 21 eingeprägten Durchflußrate des Beschichtungsmittels (Figur 7c, gestrichelte Linie) und des Druckes an der Beschichtungsmitteldüse 19 des Druckkopfes 18 (Figur 7d) während zweier vollständiger Schaltperioden T1 und T2 sowie einer halben Schaltperiode T3. Im Unterschied zu den in Figur 5b bis 5d erläuterten Zusammenhängen ist nun, nach Einsetzen einer der erfindungsgemäßen Maßnahmen, erreicht, dass ein vollständiger Abbau des Überdruckes bis zum Beginn der nächsten folgenden Schaltperiode erfolgt ist, und der Überdruck während der nächsten Schaltperiode dann von demselben Ausgangsdruck aus wieder erhöht, wie er zu Beginn der vorhergehenden Schaltperiode geherrscht hat und so fort, so dass der Druck im Applikationssystem nicht immer weiter ansteigt.

[0025] Ergänzende Erläuterungen:

Die einzelnen Düsenaustrittsöffnungen für das Beschichtungsmaterial haben in der Regel einen Durchmesser von ca. 10 µm bis 200 µm. Bedingt durch Fertigungstoleranzen, Verschleiß bzw. Ablagerungen sind die einzelnen Düsenaustrittsöffnungen eines Druckkopfes nicht komplett identisch.

[0026] Jede der mit einem Ventil angesteuerten Düsenaustrittsöffnungen hat daher einen unterschiedlichen Strömungswiderstand. Die durch die Düsenaustrittsöffnung i fließende Materialmenge $\dot{V}_i$ ist abhängig vom Druck vor der Austrittsöffnung p_i . Dieser Zusammenhang

wird beschrieben durch die Funktion $\dot{V}_i = f_i(p_i)$ bzw. die Umkehrfunktion $p_i = g_i(\dot{V}_i)$.

[0027] Bei der konstruktiven Ausgestaltung eines Druckkopfes wird darauf geachtet, dass der Druck an allen Düsenaustrittsöffnungen immer gleich ist, d.h. der Druckabfall in der Beschichtungsmittelzuleitung sollte vernachlässigbar sein.

[0028] Zu beachten ist, dass die Funktionen f_i bzw. g_i von der Viskosität und damit vom applizierten Beschichtungsmaterial abhängen.

[0029] In erster Näherung kann man davon ausgehen, dass die oben beschriebenen Funktionen im interessierenden Bereich linear sind. Die Gleichung für die Düsenaustrittsöffnung ist

$$\dot{V}_i = \frac{k_i}{\nu} p$$

wobei k_i ein Kennwert der Austrittsöffnung ist und ν die Viskosität des Materials.

[0030] Der Druckkopf wird mit konstanter Geschwindigkeit über die zu beschichtende Oberfläche bewegt. Aus den Materialeigenschaften, der zu erreichenden Schichtdicke und den Abstand zwischen den Austrittsöffnungen ergibt sich dann eine mittlere Lackflußrate, im Fall dass Lack das Beschichtungsmittel ist, bzw. eine mittlere Beschichtungsmittelflußrate.

$$\dot{V}_m = \frac{\mu \cdot d_D \cdot v_a}{f_v}$$

[0031] Mit

$\dot{V}_m$ mittlere Lackflußrate pro Düse

d_D Abstand zwischen den Düsen senkrecht zur Bewegungsrichtung (bei mehreren hintereinander angeordneten Applikatoren resultierender Abstand) μ Schichtdicke (Trockenfilm)

f_v Volumenfeststoffgehalt des applizierten Materials

v_a Geschwindigkeit des Applikators (TCP Geschwindigkeit)

[0032] Die Schaltfrequenz bzw. die Zeit einer Periode (von Öffnen des Ventils bis zum nächsten Öffnen) T_p und die Zeit T_v , die das Ventil geöffnet ist, sind Erfahrungswerte.

[0033] Die Lackflußrate durch eine Düsenaustrittsöffnung ist durch folgenden Zusammenhang näherungsweise beschrieben:

$$\dot{V}_D = \frac{T_D}{T_v} \dot{V}_m$$

[0034] Das Volumen des bei einer Ventilöffnung ausgestoßenen Beschichtungsmittel (Tropfenvolumen) ist durch folgenden Zusammenhang beschrieben:

$$V_T = \dot{V}_m \cdot T_D = \frac{\mu \cdot d_D V_a}{f_v} \cdot T_D$$

[0035] Ziel im Hinblick auf eine homogene Beschichtung ist es, dass durch alle Düsenaustrittsöffnungen im zeitlichen Mittel die gleiche Menge an Beschichtungsmaterial fließt. Das kann dadurch erreicht werden, dass die einzelnen Ventile unterschiedlich lang geöffnet sind.

[0036] Die Vorgehensweise für den Fall, dass der Druckabfall in der Verteilungsleitung vernachlässigbar ist, ist dann die folgende.

[0037] Im ersten Schritt wird für jede Austrittsöffnung die Kennlinie $\dot{V}_i = f_i(p)$ bzw. $p_i = g(\dot{V}_i)$ ermittelt.

[0038] Im Falle der oben beschriebenen Linearität erhält man die Kennwerte $k_1 \dots k_n$ mit

$$\bar{k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i$$

[0039] Für die Variante der Beschichtungsmaterialversorgung mit einem Materialdruckregler gilt folgendes:

Vorgabewert: Lackmenge pro Ventilöffnung mittlere Ventilöffnungszeit

[0040] Der am Materialdruckregler einzustellende Materialdruck und die Ventilöffnungszeit ergeben sich zu:

$$p = \frac{v}{\bar{k}} \dot{V}_D$$

$$\frac{T_i}{T_v} = \frac{\bar{k}}{k_i}$$

Die Ventilöffnungszeit ist indirekt proportional zum Kennwert

[0041] Für den Fall der Beschichtungsmaterialversorgung über beispielsweise eine Dosierpumpe gilt folgendes:

Der Vorteil der Verwendung einer Dosierpumpe in einer Beschichtungseinrichtung ist, dass die fluidischen Verhältnisse in dem gesamte Applikationssystem unabhängig von der Viskosität des Beschichtungsmittels sind und damit keine Einstellung von Parameterwerten auf das

jeweils verwendete Beschichtungsmaterial Material erfolgen muss

[0042] Da die Pumpe die gesamte Zeit mit der gleichen Beschichtungsmittelrate, im Falle dass Lack das Beschichtungsmittel ist also mit einer konstanten Lackflussrate, arbeitet, ist der Beschichtungsmitteldruck bzw. der Lackdruck davon abhängig, wieviel Ventile geöffnet sind. Je weniger Ventile geöffnet sind, desto höher der Druck. Damit sind die Zeitdifferenzen zwischen den einzelnen Ventilschaltzeiten geringer als beim Betrieb mit konstanten Druck.

Bezugszeichenliste

1	Druckkopf
2	Beschichtungsmitteldüse
3	Druckkopf
4	Beschichtungsmitteldüse
5	Ventil
6	Beschichtungsmittelzuleitung
7	Teilarms
8	Teilarms
9	Applikationssystem
10	Druckkopf
11	Druckkopf
12	Druckkopf
13	Beschichtungsmitteldüse
14	Teilbereich
15	Druckkopf
16	Schema eines Betriebsmodus
17	Applikationssystem
18	Druckkopf
19	Beschichtungsmitteldüse
20	Ventil
21	Pumpe
22	Beschichtungsmittelzuleitung
23	Beschichtungsmittelrückleitung
24	Rückführventil
25	Ventilsteuerung
26	Betriebsmodus
27	Betriebsmodus

Patentansprüche

1. Applikationssystem zum Beschichten von Bauteilen mit einem Beschichtungsmittel, welches folgende

Baugruppen umfasst:

- ein Applikationsgerät, das das Beschichtungsmittel appliziert, wobei das Applikationsgerät ein Druckkopf (1, 3) ist, der das Beschichtungsmittel aus mehreren Beschichtungsmitteldüsen (2, 4, 19) ausstößt, wobei an jeder einzelnen Beschichtungsmitteldüse (2) ein Düsenventil (5, 20) angebracht ist, das sich eine Ventilöffnungszeit lang öffnet, wenn ein Beschichtungsmitteltropfen die jeweilige Düse (4) verlassen soll, 5
10
- eine Beschichtungsmittelzuleitung (6, 22), mit der die Beschichtungsmitteldüsen (4) des Druckkopfes (3) gemeinsam verbunden sind, 15
- eine Ventilsteuerung (25) zur Steuerung der Ventilöffnungszeiten und Ventilschließzeiten jedes einzelnen Ventils (20),
dadurch gekennzeichnet, dass das Applikationssystem weiter eine Pumpe (21) umfasst, mittels der das zu applizierende Beschichtungsmittel über die Beschichtungsmittelzuleitung (22) den Beschichtungsmitteldüsen (19) zugeführt wird, und dass das Applikationssystem eingerichtet ist, dass die Pumpe (21) während des Beschichtens mit einer konstanten Durchflussrate des Beschichtungsmittels arbeitet, und dass der Druck an jeder Düse (19) bei einem Öffnen des Ventils (20) genau so groß ist wie beim vorhergehenden Öffnen dieses Ventils (20); wobei das Applikationssystem eine Beschichtungsmittelrückleitung (23) hat, in der ein Rückführventil (24) eingebaut ist, welches wenigstens dann öffnet wenn die Düsenventile (20) des Druckkopfes (18) gleichzeitig geschlossen sind. 20
25
30
35

2. Beschichtungseinrichtung zum Beschichten von Bauteilen mit einem Beschichtungsmittel, mit einem Applikationssystem gemäß Anspruch 1, wobei die Beschichtungseinrichtung einen Roboter umfasst, an dem wenigstens das Applikationsgerät aufgenommen ist. 40

45

50

55

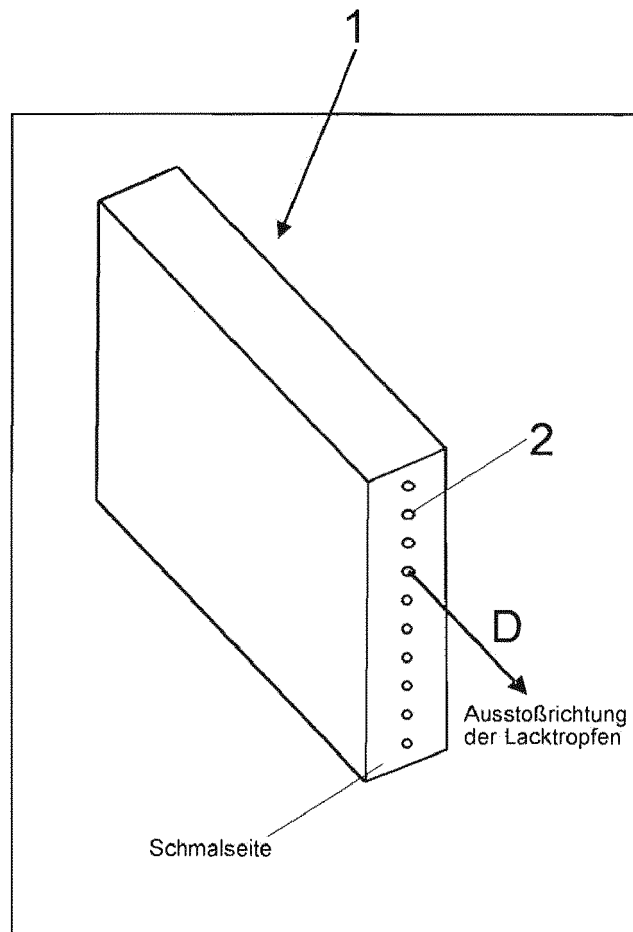


Fig. 1

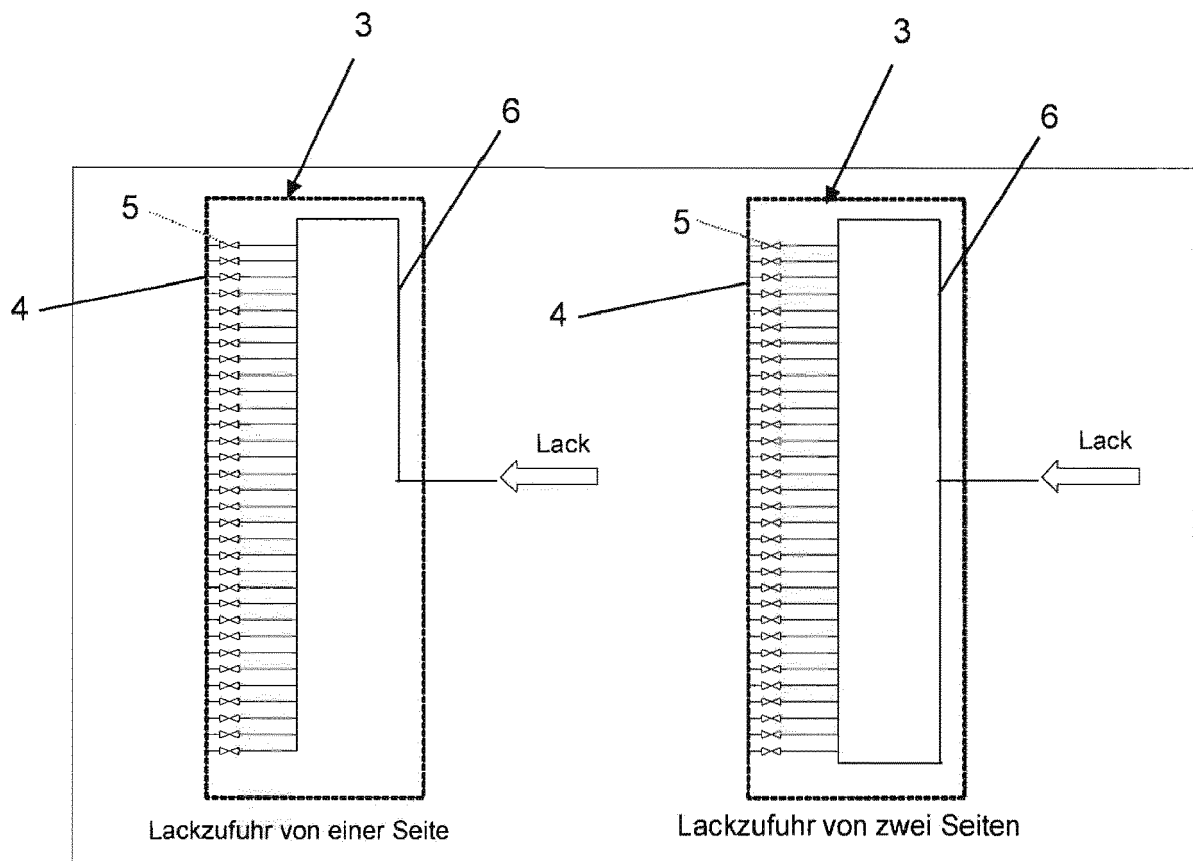


Fig. 2

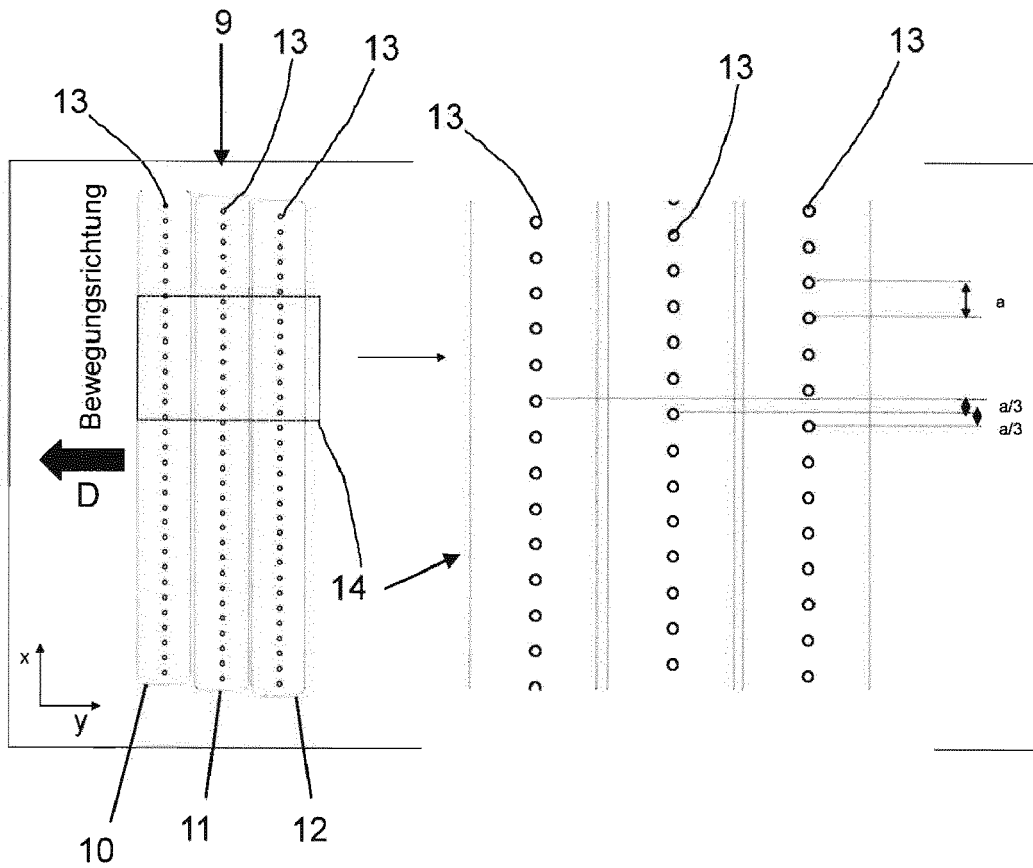


Fig. 3

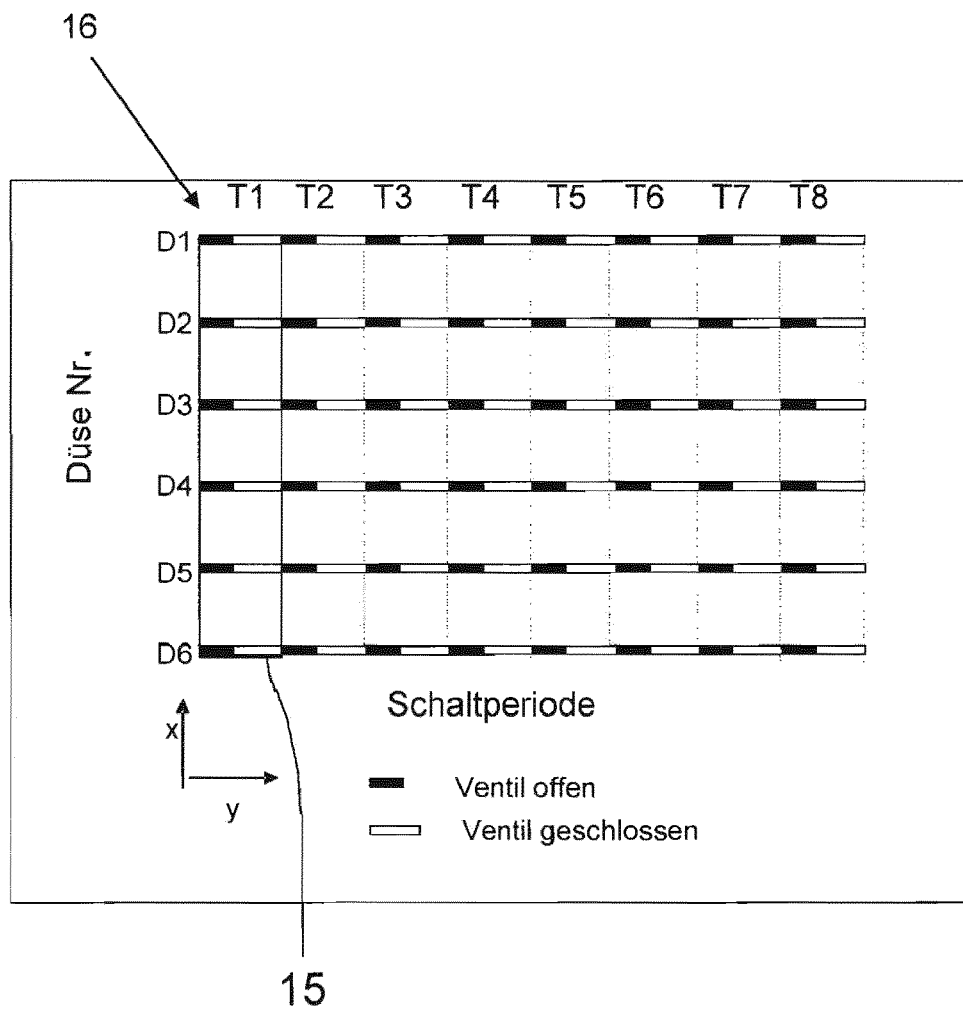


Fig. 4

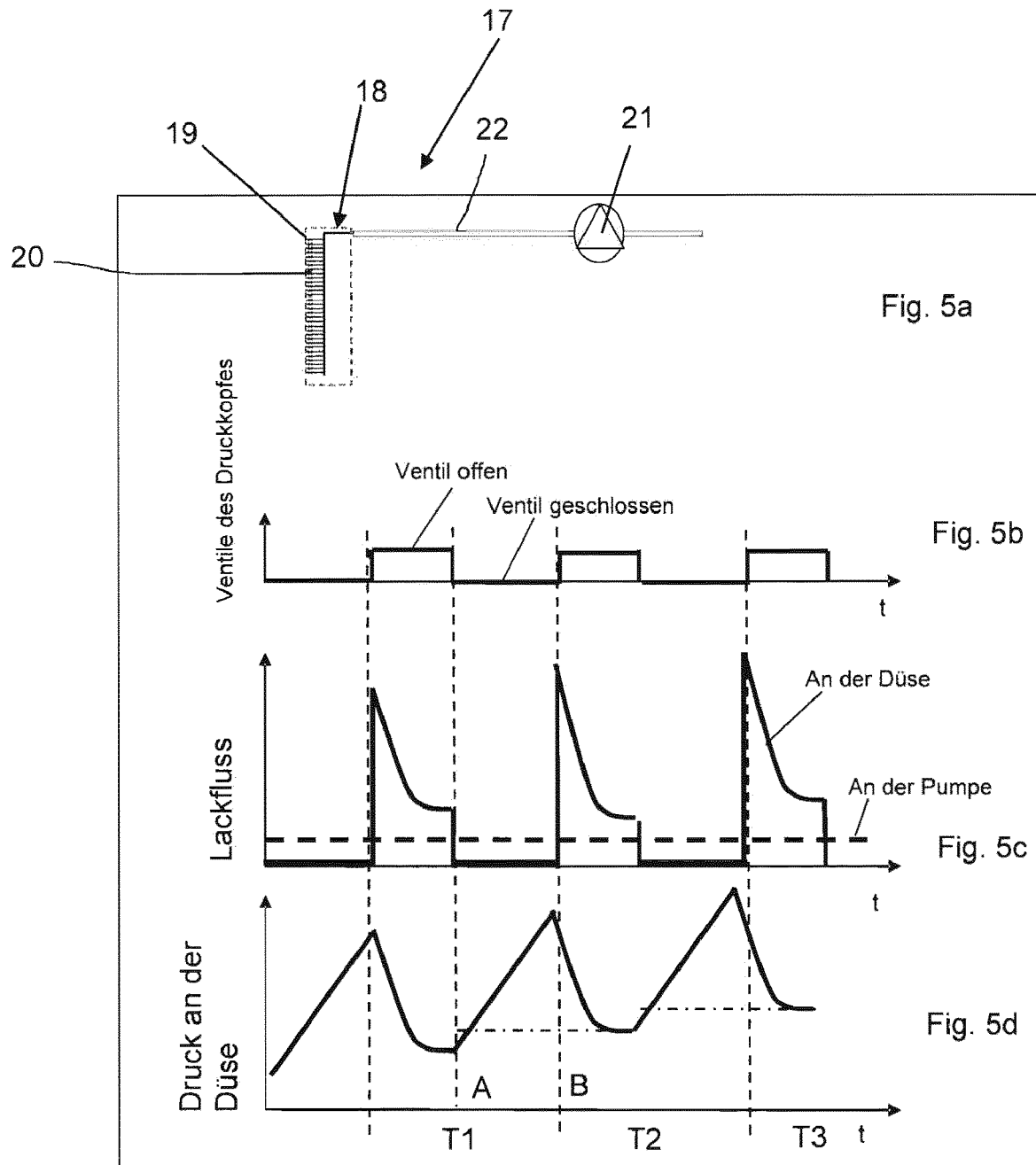


Fig. 5

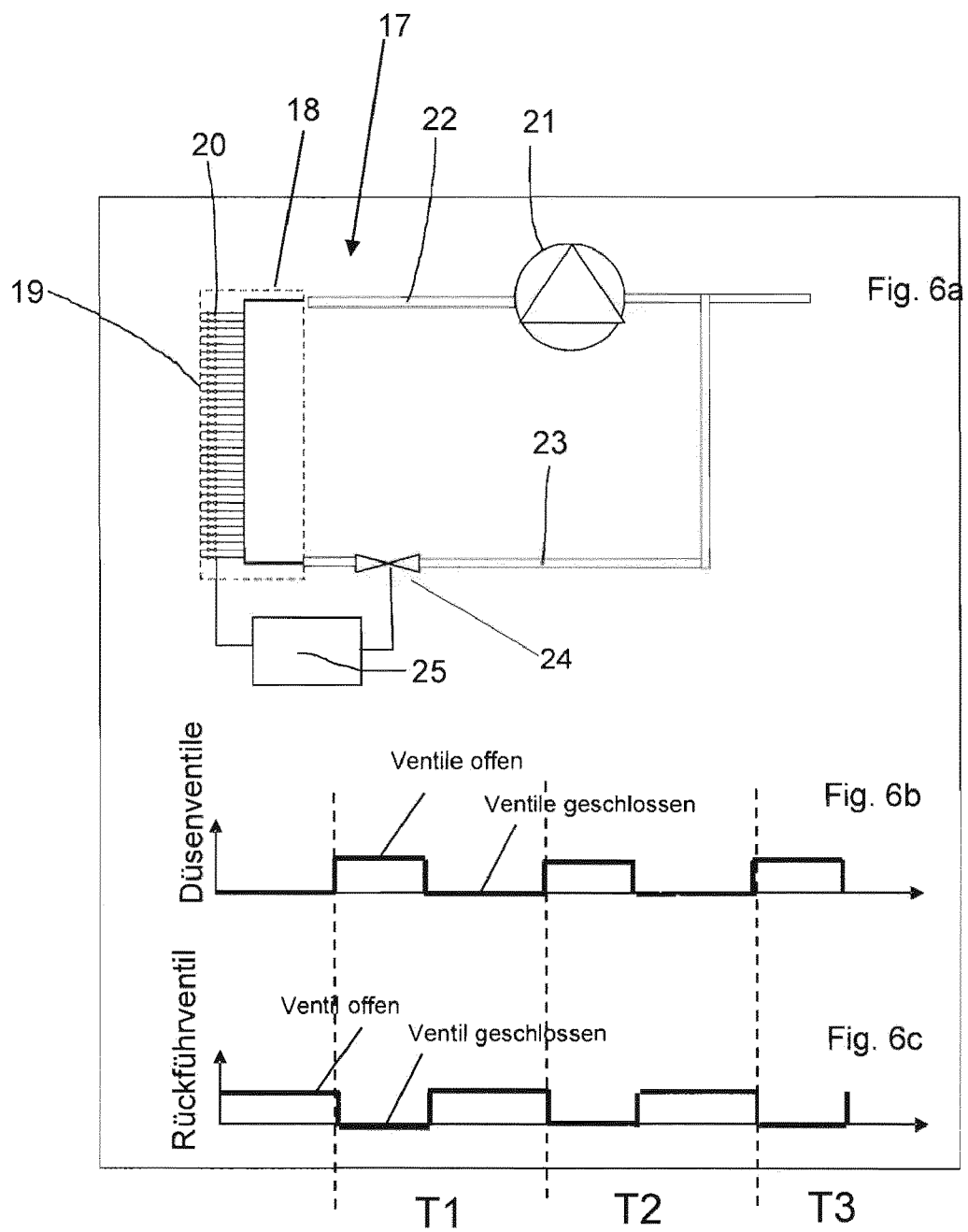


Fig. 6

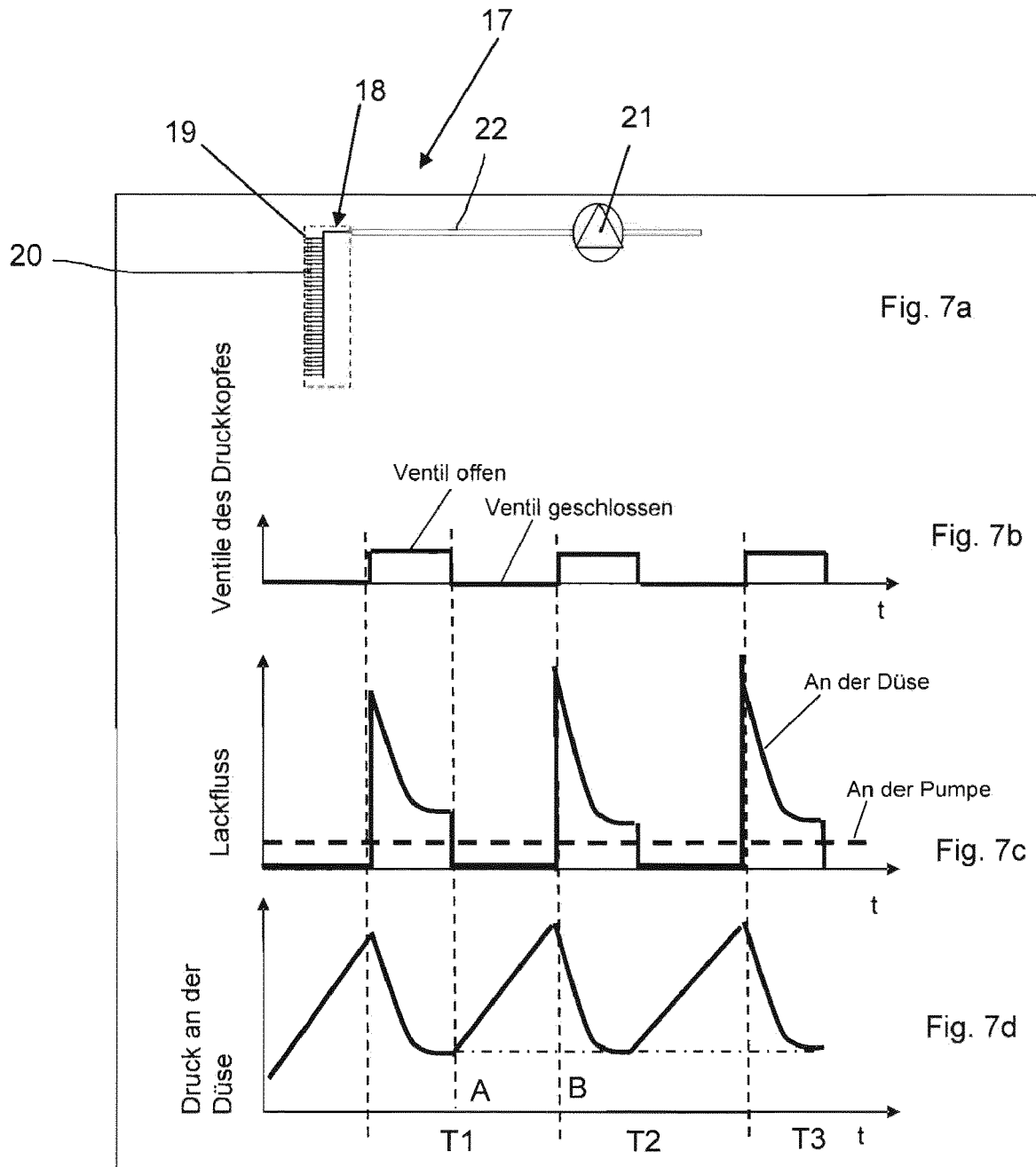


Fig. 7

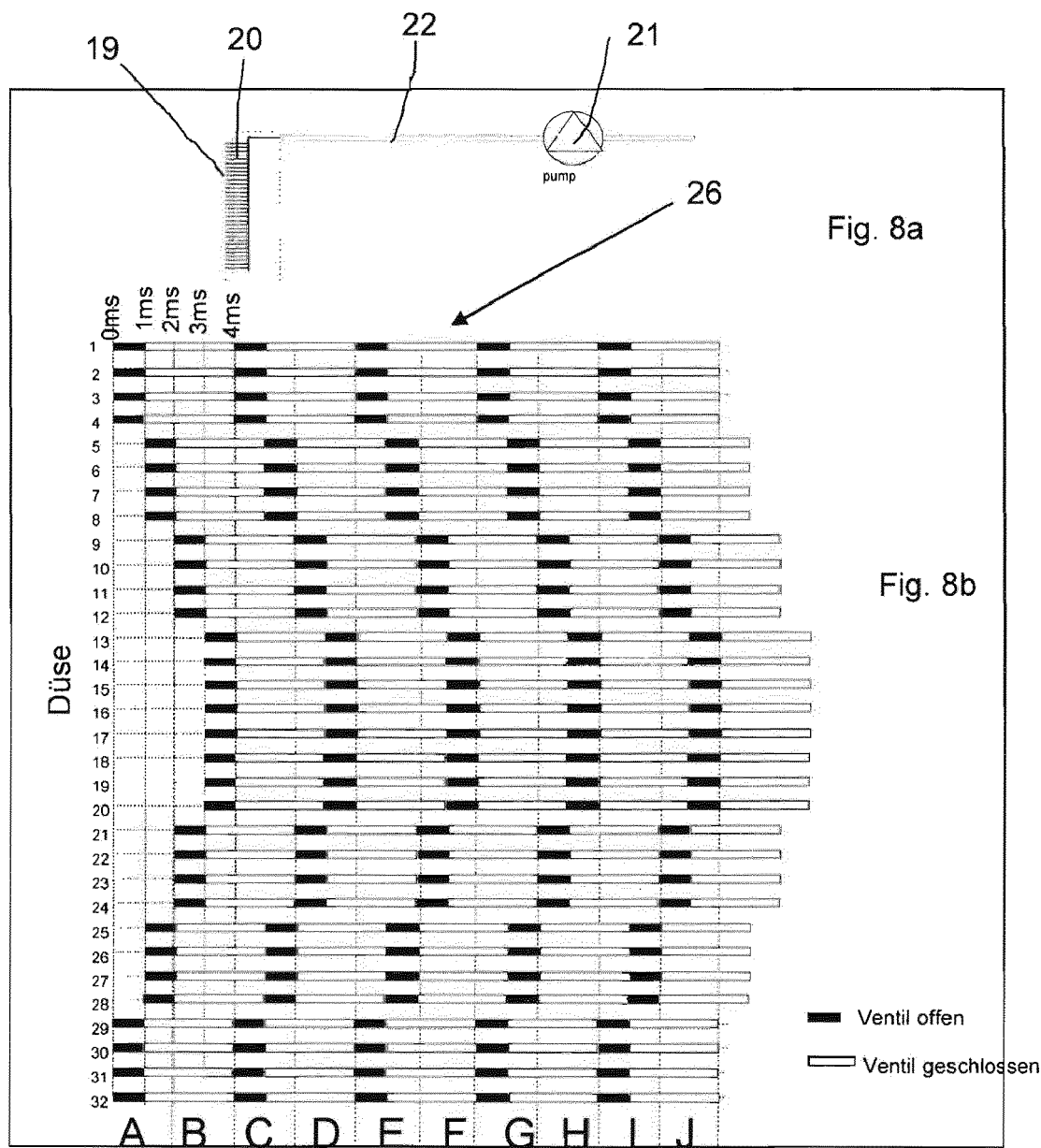


Fig.8

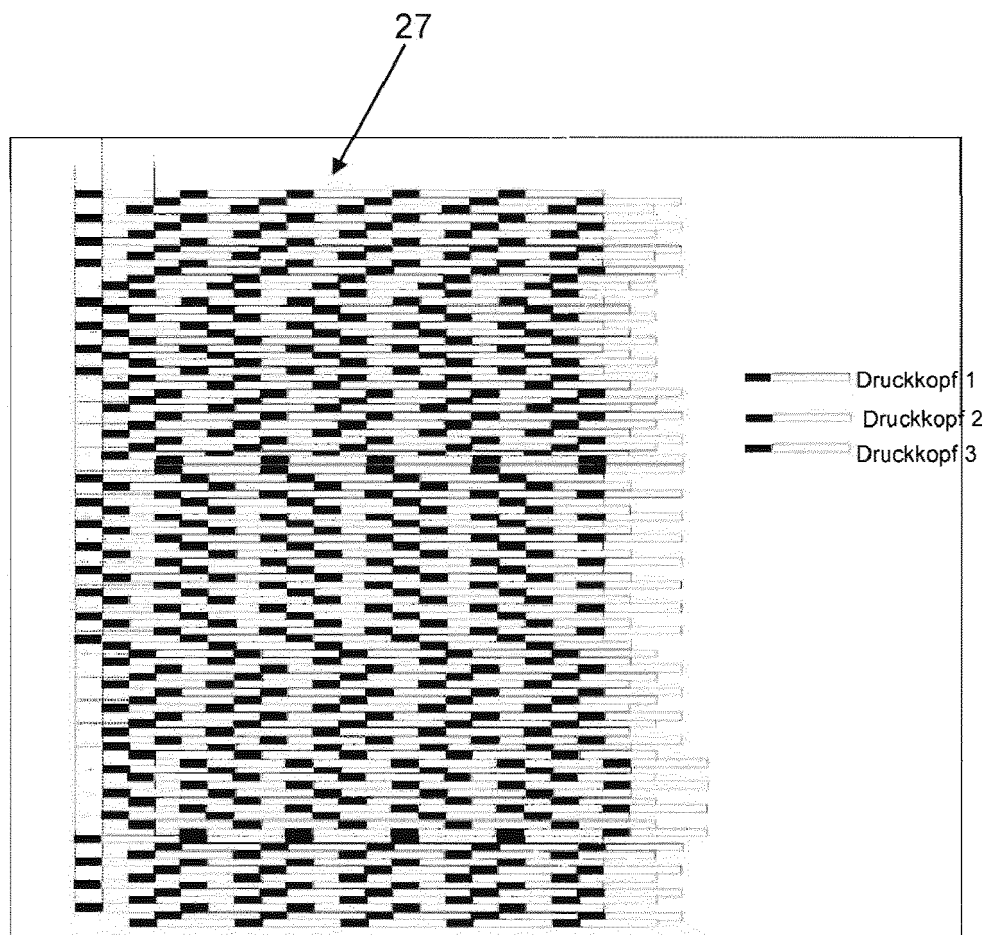


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 20 1268

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

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	DE 10 2014 013158 A1 (BÜSTGENS BURKHARD [DE]) 17. März 2016 (2016-03-17) * Absatz [0037]; Abbildungen 3A, 3B * -----	1, 2	INV. B05B12/04 ADD. B05B13/04 B05B15/58
X	US 2012/033003 A1 (TANAKA KUMIKO [JP] ET AL) 9. Februar 2012 (2012-02-09) * Absatz [0042] - Absatz [0068]; Abbildung 1 *	1	
A	US 2013/286114 A1 (ITO KOJI [JP] ET AL) 31. Oktober 2013 (2013-10-31) * Absatz [0077] - Absatz [0079]; Abbildung 5A *	1, 2	
A	EP 0 138 322 A1 (DICK CO AB [US]) 24. April 1985 (1985-04-24) * Abbildung 3 * -----	1, 2	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B05B B41J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. Januar 2022	Prüfer Gineste, Bertrand
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 : nichtschriftliche 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 21 20 1268

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

12-01-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102014013158 A1	17-03-2016	DE 102014013158 A1	17-03-2016
		US 2016074882 A1	17-03-2016

US 2012033003 A1	09-02-2012	JP 5834420 B2	24-12-2015
		JP 2012056306 A	22-03-2012
		US 2012033003 A1	09-02-2012

US 2013286114 A1	31-10-2013	CN 103373066 A	30-10-2013
		US 2013286114 A1	31-10-2013
		US 2014285589 A1	25-09-2014

EP 0138322 A1	24-04-1985	AU 565969 B2	01-10-1987
		CA 1226477 A	08-09-1987
		EP 0138322 A1	24-04-1985
		JP 2593159 Y2	05-04-1999
		JP H0659048 U	16-08-1994
		JP S6058865 A	05-04-1985
		US 4555719 A	26-11-1985

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 102008053178 A1 [0004]