



(10) **DE 10 2009 004 878 A1** 2010.07.29

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 004 878.2**

(22) Anmeldetag: **16.01.2009**

(43) Offenlegungstag: **29.07.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B05D 1/02** (2006.01)  
**B05B 13/02** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Bauer, Jörg R., 88250 Weingarten, DE**

(74) Vertreter:  
**KRAMER - BARSKE - SCHMIDTCHEN, 80687  
München**

(72) Erfinder:  
**gleich Anmelder**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

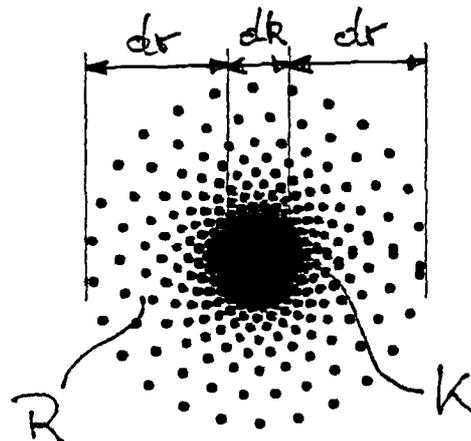
**DE 10 2006 034060 B4**  
**DE 10 2004 044655 A1**  
**DE 698 31 656 T2**  
**US 2007/02 15 039 A1**  
**EP 12 28 811 A2**

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

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Beschichten, insbesondere Lackieren, einer Oberfläche sowie digitales Beschichtungssystem**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Beschichten, insbesondere Lackieren, einer Oberfläche (24) mittels eines Auftragsbauteils (10) mit einer Mehrzahl von Düsen (12), die tröpfchenweise Flüssigkeit abspritzen, beschrieben, wobei die Anzahl der Düsen (12), deren Abspritzrichtung und Abspritzmenge derart aufeinander abgestimmt sind, dass das Auftragsbauteil (10) einen Flüssigkeitsstrahl mit einem Kernstrahl, der bei seinem Auftreffen auf die Oberfläche (24) einen Kernbereich zumindest annähernd homogen beschichtet, und einem den Kernstrahl zumindest teilweise umgebenden Randstrahl aufweist, der bei seinem Auftreffen auf die Oberfläche (24) einen den Kernbereich zumindest teilweise umgebenden Randbereich mit einer Flüssigkeitsmenge je Flächeneinheit beschichtet, die mit zunehmender Entfernung vom Rand des Kernbereiches innerhalb eines vorbestimmten Randmaßes auf Null abnimmt.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beschichten, insbesondere Lackieren, einer Oberfläche mittels eines Auftragsbauteils mit einer Mehrzahl von Düsen, die tröpfchenweise Flüssigkeit abspritzen. Die Erfindung betrifft weiter ein digitales Beschichtungssystem mit einem solchen Auftragsbauteil.

**[0002]** Beim maschinellen Lackieren von Oberflächen, beispielsweise Fahrzeugkarosserien, werden üblicherweise an Roboterarmen montierte Sprühdüsen verwendet, die einen durch Vermischen von Luft mit Färbeflüssigkeit erzeugten Sprühnebel erzeugen, der auf die zu lackierende Oberfläche gelangt, während diese relativ zu der bzw. den Sprühdüsen bewegt wird. Damit ein möglichst großer Teil des Sprühnebels auf die zu lackierende Oberfläche gelangt, werden die Färbeflüssigkeit und die zu lackierende Oberfläche elektrisch gegensinnig aufgeladen, so dass der Niederschlag des Sprühnebels elektrostatisch unterstützt wird. Dennoch besteht bei den bekannten Verfahren das Problem, dass ein nicht zu vernachlässigender Anteil der Färbeflüssigkeit nicht auf die zu lackierende Oberfläche gelangt und durch aufwendige Absaug- und Wiederaufbereitungsverfahren zurück gewonnen werden muss. Des Weiteren kann die Dicke der Lackierschicht nur schwer in genau vorbestimmter Weise verändert werden, beispielsweise indem vorbestimmte Bereiche dicker lackiert werden.

**[0003]** Zum Bedrucken von Oberflächen mit vorbestimmten Mustern sind seit vielen Jahren digitale, programmgesteuerte Druckverfahren, beispielsweise Tintenstrahl Druckverfahren bekannt, bei denen aus einem oder mehreren Auftragsbauteilen mit jeweils einer Mehrzahl von Düsen tröpfchenweise Flüssigkeit auf eine zu bedruckende Oberfläche abgespritzt wird. Ein homogenes, flächiges Lackieren von Oberflächen mittels solcher digitaler Druckverfahren, beispielsweise Tintenstrahl Druckverfahren, führte bisher nicht zum Erfolg.

**[0004]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und ein System zum Beschichten, insbesondere Lackieren, von Oberflächen zu schaffen, mit dem es möglich ist, auch große Oberflächen homogen und unter hoher Ausnutzung der verwendeten Flüssigkeit in wohl definierter Weise zu beschichten.

**[0005]** Eine erste Lösung dieser Aufgabe wird mit einem Verfahren gemäß dem Anspruch 1 erreicht.

**[0006]** Dieses Verfahren wird mit dem Merkmal der Ansprüche 2 bis 6 in vorteilhafter Weise weitergebildet.

**[0007]** Der Anspruch 8 kennzeichnet ein digitales

Beschichtungssystem zur Lösung des diesbezüglichen Teils der Erfindungsaufgabe.

**[0008]** Die Ansprüche 8 bis 10 sind auf vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Systems gerichtet.

**[0009]** Die Erfindung, die in unterschiedlichsten Anwendungen zum Beschichten und/oder Lackieren von Oberflächen einsetzbar ist, wird im Folgenden anhand schematischer Zeichnungen beispielsweise und mit weiteren Einzelheiten erläutert.

**[0010]** In den Zeichnungen stellen dar:

**[0011]** [Fig. 1](#) eine Prinzipsicht einer an sich bekannten Vorrichtung zur Durchführung eines Tintenstrahl Druckverfahrens,

**[0012]** [Fig. 2](#) bis [Fig. 5](#) Beispiele für erfindungsgemäße Flüssigkeitsstrahlgeometrien,

**[0013]** [Fig. 6](#) eine Prinzipsicht zur Erläuterung einer erfindungsgemäßen Beschichtung einer Oberfläche,

**[0014]** [Fig. 7](#) eine Skizze zur Erläuterung unterschiedlicher Überlappungen von Randbereichen,

**[0015]** [Fig. 8](#) eine Skizze eines Systems zum Beschichten von Oberflächen insbesondere großer Bauteile,

**[0016]** [Fig. 9](#) eine Skizze zur weiteren Erläuterung der Arbeitsweise des Systems gemäß [Fig. 8](#).

**[0017]** [Fig. 1](#) zeigt eine Prinzipsicht eines an sich bekannten Systems zur Tintenstrahlbedruckung von Oberflächen. Gemäß [Fig. 1](#) weist ein Auftragsbauteil **10** an seiner Unterseite eine Vielzahl von Düsen **12** auf. Das Auftragsbauteil **10** ist an einer ortsfesten Struktur **14** mittels einer Antriebseinheit **16** beispielsweise in senkrecht auf der Zeichnungsebene stehender Richtung und in gemäß der Zeichnung senkrechter Richtung bewegbar.

**[0018]** Ein Flüssigkeitsvorrat **18** enthält einen Vorrat von im dargestellten Beispiel 4 Färbeflüssigkeiten, die jeweils über Leitungen **20** dem Auftragsbauteil **10** zuführbar sind.

**[0019]** Die Düsen **12** sind wahlweise oder permanent mit jeweils einer der Leitungen **20** verbunden und derart steuerbar, dass aus ihnen in zeitlich vorbestimmter Weise Flüssigkeitströpfchen abgespritzt werden, die vorzugsweise ein konstantes Volumen haben.

**[0020]** Den Düsen **12** gegenüber befindet sich ein Gegenstand **22** mit einer Oberfläche **24**, die mittels

des Auftragsbauteils **10** bedruckt werden soll. Der Gegenstand **22** befindet sich im dargestellten Beispiel auf einem umlaufenden Transportband **26**, das mittels eines Motors, vorzugsweise eines Elektromotors **28** antreibbar ist, so dass der Gegenstand **22** im dargestellten Beispiel in Richtung des Pfeils X oder in Gegenrichtung dazu bewegbar ist.

[0021] Zur Steuerung des Auftragsbauteils **10**, der Antriebseinheit **16** und des Motors **28** ist eine elektronische Steuereinrichtung **30** vorgesehen, deren Ausgänge **32** mit den genannten Einheiten verbunden sind.

[0022] Vorzugsweise ist eine Sensoreinrichtung **34** vorgesehen, mit der die Position des Gegenstandes **22** relativ zum Auftragsbauteil **10** bestimmbar ist und deren Ausgang mit einem Eingang der Steuereinrichtung **30** verbunden ist.

[0023] Die Steuereinrichtung **30** enthält ein Programm, entsprechend dem die Relativbewegung zwischen dem Auftragsbauteil **10** und dem Gegenstand **22** sowie koordiniert dazu das Abspritzen von Flüssigkeitströpfchen aus den Düsen **12** gesteuert wird, so dass auf der Oberfläche **24** ein in der Steuereinrichtung **30** abgelegtes Muster gedruckt wird.

[0024] Im Allgemeinen ist die Breite (senkrecht zur Zeichnungsebene gemessen) des Auftragsbauteils **10** kleiner als die Breite der zu beschichtenden Oberfläche **24**. Der Begriff Beschichtung umfasst im Folgenden das Aufbringen aller Arten von Flüssigkeiten auf die Oberfläche, die mittels eines digitalen Aufbringverfahrens, beispielsweise Tintenstrahlverfahrens (bubble jet) aufbringbar sind und nach dem Aufbringen selbsttätig, beispielsweise durch Verdampfen, oder mittels zusätzlicher Hilfsmittel, beispielsweise UV-Bestrahlung, sich verfestigen. Solche Flüssigkeiten können Färbeflüssigkeiten bzw. Lacke, farblose Flüssigkeiten zum Erzeugen einer verschleißfesten Oberfläche, Funktionsflüssigkeiten mit spiegelnden oder elektrisch leitfähigen oder magnetischen Eigenschaften sowie Flüssigkeiten sein, die getrennt voneinander aufgebracht werden und die bei gegenseitiger Berührung aushärten usw.

[0025] Wenn die mit Düsen **12** bestückte Unterseite des Auftragsbauteils **10** kleiner ist als die zu beschichtende Oberfläche **24** muss das Beschichten in mehreren Arbeitsgängen erfolgen, beispielsweise indem das Auftragsbauteil **10** relativ zur Oberfläche **24** längs unterschiedlicher Bahnen bewegt wird. Dabei stellt sich das Problem, dass bei nicht ausreichender Präzision der Relativbewegung die während des Abfahrens der einzelnen Bahnen aufgebrachten Beschichtungen sich unterschiedlich überlappen, wodurch die Dicke der aufgebrachten Beschichtung, beispielsweise Farbschicht, unterschiedlich ist, was das Aussehen, die Haltbarkeit usw. der beschichte-

ten Oberfläche nachteilig beeinflusst.

[0026] Das Auftragsbauteil **10** ist vorteilhafterweise mit Düsen **12** in einer Flächendichte derart versehen, dass sich die von benachbarten Düsen abgestrahlten Flüssigkeitströpfchen auf einer zu beschichtenden Oberfläche überlappen oder zumindest ineinander fließen. Erfindungsgemäß werden die Düsen derart angesteuert, dass ein insgesamt von dem Auftragsbauteil **10** abgestrahlter Flüssigkeitsstrahl einen Kernstrahl enthält, innerhalb dessen die Flüssigkeitströpfchen in einer Dichte derart abgestrahlt werden, dass der vom Kernstrahl getroffene Bereich der beschichtenden Oberfläche mit einer zumindest annähernd homogenen Beschichtung von zumindest annähernd gleichmäßiger Dicke versehen wird. Der Kernstrahl wird zumindest teilweise von einem Randstrahl umgeben, in dem die Dichte der Flüssigkeitströpfchen, d. h. die durch ein Querschnittsflächenelement des Flüssigkeitsstrahls hindurchgelangenden Flüssigkeitströpfchen mit zunehmender Entfernung vom Kernstrahl abnimmt, so dass ein von diesem Randstrahl bzw. Randstrahlbereich getroffener Oberflächenbereich nicht flächig oder zumindest mit einer kleineren Flüssigkeitsmenge je Flächeneinheit beschichtet wird.

[0027] [Fig. 2](#) zeigt ein Beispiel. Dargestellt ist schematisch das Auftreffen von Flüssigkeitströpfchen auf einen Oberflächenbereich innerhalb eines kurzen Zeitraums. Jeder Punkt stellt ein Flüssigkeitströpfchen dar. Wie ersichtlich, wird ein Kernbereich K mit einem Durchmesser  $d_k$  von den einzelnen Flüssigkeitströpfchen überdeckend homogen beschichtet, wohingegen ein den Kernbereich umgebender Randbereich R von Flüssigkeitströpfchen getroffen wird, deren Anzahl je Flächeneinheit mit zunehmendem Abstand vom Kernbereich K innerhalb der Strecke  $d_r$  auf Null abnimmt. Insgesamt bildet der Flüssigkeitsstrahl somit einen wohldefinierten „digitalen Nebel“, der unter weitgehender Ausnutzung der in ihm enthaltenen Flüssigkeit auf der Oberfläche abgeschieden wird.

[0028] [Fig. 3](#) zeigt ähnliche Verhältnisse, wobei der Durchmesser des Kernbereiches K gegenüber dem der [Fig. 2](#) größer ist und die Breite  $d_r$  des Randbereichs R kleiner ist.

[0029] Eine Ausbildung des vom Auftragsbauteil **10** abgestrahlten Flüssigkeitsstrahls gemäß der [Fig. 2](#) oder [Fig. 3](#) lässt sich in einfacher Weise durch entsprechende Ansteuerung der Düsen **12** des Auftragsbauteils **10** erzielen, wobei der Kernstrahl erzeugt wird, indem eine große Anzahl von Düsen je Flächeneinheit aktiviert wird und im Bereich des Randstrahls die Flächendichte der aktivierten Düsen auf Null abnimmt.

[0030] Die Geometrie des Flüssigkeitsstrahls kann,

wenn das Auftragsbauteil mit einer entsprechend großen Anzahl von Düsen je Flächeneinheit versehen ist, weitgehend frei eingestellt werden und richtet sich vorteilhafterweise nach der Relativbewegung zwischen dem Auftragsbauteil **10** und der zu beschichtenden Oberflächen **24**. Bei einer gradlinigen Relativbewegung (Pfeil X) zwischen Auftragsbauteil **10** und zu beschichtender Oberfläche **24** hat der Kernbereich K vorteilhafterweise eine rechteckige Form (**Fig. 4**), wobei die Kanten des Rechtecks senkrecht und parallel zur Richtung der Relativbewegung sind. Der Randstrahl ist in diesem Fall vorteilhafterweise lediglich beidseitig des Kernstrahls quer zur Bewegungsrichtung X ausgebildet. Die rechteckige Form des Kernbereiches K bewirkt, dass die zu beschichtende Oberfläche in Bewegungsrichtung homogen beschichtet wird, wobei die Erstreckung des Kernbereiches und der Randbereiche in Längsrichtung der Bewegung abhängig von der erwünschten Beschichtungsdicke und den Möglichkeiten des Auftragsbauteils gewählt werden können. Die Erstreckung des Kernbereiches quer zur Bewegungsrichtung ist in **Fig. 4** mit  $y_k$  bezeichnet, die Erstreckung der beidseitig des Kernbereiches ausgebildeten Randbereiche ist mit  $y_r$  bezeichnet.

**[0031]** Die genauere Strukturierung des Kernstrahls kann derart sein, dass sich bei fehlender Relativbewegung zwischen zu beschichtender Oberfläche und Auftragsbauteil die einzelnen Flüssigkeitströpfchen innerhalb des Kernbereiches in Richtung quer zur späteren Relativbewegung von vornherein überlappen oder zumindest überlappen, wenn die Flüssigkeitströpfchen auf der Oberfläche in Folge von deren Diffusibilität vor dem Trocknen in ihrer Fläche um ein bestimmtes Maß zunehmen, wohingegen der Abstand der Flüssigkeitströpfchen in Richtung der späteren Relativbewegung derart sein kann, dass sich die Flüssigkeitströpfchen bei fehlender Relativbewegung noch nicht überlappen und die Überlappung erst in Folge der während der Relativbewegung mehrfach auf ein Flächenelement aufgetragenen Flüssigkeitströpfchen erfolgt. Innerhalb des Kernstrahls kann somit der Abstand zwischen den Flüssigkeitströpfchen in Richtung der Relativbewegung größer sein als quer zur Relativbewegung. Wenn das Auftragsbauteil **10** nur eine sich quer zur Richtung der Relativbewegung erstreckende Düsenreihe aufweist, so werden deren Düsen im Kernbereich derart angesteuert, dass sich benachbarte Flüssigkeitströpfchen im Kernbereich überlappen, wohingegen die Flüssigkeitströpfchen im Randbereich einen zunehmenden Abstand voneinander aufweisen.

**[0032]** Wenn die Bewegungsbahn der Relativbewegung, wie in **Fig. 5** dargestellt, gekrümmt ist, bilden der Kernbereich K und die angrenzenden Randbereiche R vorteilhafter Weise einen Kegelstumpf, der sich zur Innenseite der gekrümmten Bahn hin verjüngt, wobei der Kegelwinkel von der Krümmung ab-

hängt. Mit dieser Form des Kernbereiches und der Randbereiche wird eine gleichmäßige Beschichtung der gekrümmten, beschichteten Bahn erzielt.

**[0033]** **Fig. 6** stellt eine Aufsicht auf eine zu beschichtende Oberfläche **24** dar, wobei eine insgesamt mäanderförmige Bewegungsbahn B, längs der sich das Zentrum des Kernbereiches relativ zur Oberfläche **24** bewegt, mit B bezeichnet ist. Die Bewegungsbahn ist aus geradlinigen Abschnitten  $B_g$  und gekrümmten Abschnitten  $B_k$  zusammengesetzt. Zwei benachbarte Bahnen  $B_g$ , längs derer die Oberfläche **24** beschichtet wird, haben vorteilhafterweise einen Abstand  $d$ , dessen Sollwert größer ist als die Abmessung  $y_k$  des Kernstrahls K quer zur Bewegungsrichtung X. Damit wird erreicht, dass sich die Kernbereiche nicht überlappen.

**[0034]** Eine Überlappung würde dazu führen, dass im Überlappungsbereich eine erheblich zu große Flüssigkeitsmenge aufgetragen würde, was zu inhomogener Schichtdicke, Problemen beim Trocknen, Problemen hinsichtlich der Festigkeit der Schicht, beispielsweise einer Lackschicht, usw. führen würde. Der zwischen den Kernbereichen freibleibende Bereich wird zweifach von einem Randstrahl getroffen, wodurch die vorstehende Problematik gemildert wird.

**[0035]** **Fig. 7** zeigt zwei Beispiele unterschiedlicher Überlappung. Dargestellt sind jeweils die Abmessung des Kernbereiches  $y_k$  quer zur Richtung der Relativbewegung und die Abmessung eines einseitig an den Kernbereich anschließenden Randbereiches  $y_r$ . Der auf der anderen Seite des Kernbereiches anschließende Randbereich ist der Einfachheit halber nicht dargestellt. Der Index 1 bezeichnet den ersten Arbeitsgang. Der Index 2 bezeichnet den zweiten Arbeitsgang, d. h. eine nachfolgende benachbarte Bahn. Im Figurenteil a) der **Fig. 7** sind die Bahnen derart voneinander entfernt, dass die Randbereiche  $y_{r1}$  und  $y_{r2}$  die Kernbereiche  $y_{k2}$  bzw.  $y_{k1}$  des jeweils anderen Arbeitsgangs überlappen. Wie ersichtlich, ist die Beschichtungsstärke in dem gesamten Bereich zwischen den vom jeweiligen Kernbereich abgewandten Rändern der Randbereiche größer als im Kernbereich, liegt jedoch unter dem doppelten Wert des Kernbereiches.

**[0036]** **Fig. 7b** zeigt die Verhältnisse, bei denen die Entfernung zwischen den Kernbereichen  $y_{k1}$  und  $y_{k2}$  genauso groß ist wie die Breite der Randbereiche  $y_{r1}$  und  $y_{r2}$ . Wie aus **Fig. 3b** unmittelbar ersichtlich, wird über die gesamte Breite eine einheitliche Schichtdicke erreicht.

**[0037]** Aus Gründen geringerer Toleranzempfindlichkeit ist es daher vorteilhaft, wenn benachbarte Bahnen einen Sollabstand  $d$  haben, der etwa gleich der Summe aus  $y_k$  und  $y_r$  ist.

**[0038]** Für den Fall, dass der Abstand größer ist als gemäß **Fig. 3b** ergibt sich zwischen den Kernbereichen ein Bereich geringerer Schichtdicke.

**[0039]** Insgesamt läuft die Beschichtung der Oberfläche **24** wie folgt ab:

Es sei angenommen, die Beschichtung beginne gemäß **Fig. 6** links oben. Der Farbstrahl wird derart eingestellt, dass er die Konfiguration gemäß **Fig. 4** ohne den gemäß **Fig. 4** linken Randbereich **R** hat. Die Sollposition des Auftragsbauteils **10** relativ zur Oberfläche **24** zu Beginn der Beschichtung ist derart, dass die Kontur des Kernbereiches **K** gemäß **Fig. 4** mit der Kontur der linken oberen Ecke der Oberfläche **24** gemäß **Fig. 6** fluchtet. Das Auftragsbauteil bewegt sich dann längs des linken Randes der Oberfläche **24** relativ zu dieser gemäß **Fig. 6** abwärts bis zum ersten gekrümmten Bahnbereich. Während die Bewegung längs des gekrümmten Bahnbereiches erfolgt, bleibt der Kernbereich **K** entweder unverändert, wie in **Fig. 4** dargestellt, oder wird derart verändert, dass der Kernbereich während des Durchfahrens des gekrümmten Bahnbereiches so verändert wird, dass er an die Kontur der Oberfläche **24** angepasst wird. Im ersteren Fall gelangt ein Teil der im Kernbereich abgespritzten Flüssigkeit nicht auf die Oberfläche **24**. Im zweiten Fall gelangt ständig die gesamte Flüssigkeit auf die Oberfläche **24**. Vor Beendigung des Durchfahrens des gekrümmten Bahnbereiches wird der Flüssigkeitsstrahl in die Konfiguration der **Fig. 4** eingestellt, in der beidseitig des Kernbereiches **K** Randbereiche **R** ausgebildet sind. Bei der gemäß **Fig. 6** Aufwärtsbewegung längs eines geradlinigen Bahnbereiches **Bg** überlappt der linke Randbereich **R** den vorher aufgetragenen rechten Randbereich **R**, so dass der Bereich der Oberfläche **24**, der von beiden Randbereichen **R** überdeckt wird, mit etwa der gleichen Flüssigkeitsmenge beschichtet wird, wie ein Bereich, der nur von einem Kernbereich überstrichen wird. Die Beschichtung setzt sich entsprechend fort, wobei jeweils bei Durchfahren eines gekrümmten Kurvenbereiches **Bk** vorzugsweise der kurvenäußere Randbereich abgeschaltet wird und der Kernbereich dynamisch an den jeweiligen Rand der Oberfläche **24** angepasst wird.

**[0040]** Die anhand der **Fig. 6** beispielhaft erläuterte digitale Beschichtung kann zum hochwertigen Lackieren großflächiger Oberflächen eingesetzt werden. Steuerparameter sind Abgabe der je Düse zeitlich abgegebenen Farbmenge bzw. Anzahl der Farbtropfchen, Relativgeschwindigkeit zwischen Auftragsbauteil und Oberfläche, Geometrie des Farbstrahls, (Kernstrahl, Randstrahlen) Anpassung der Strahlgeometrie an Ränder der zu lackierenden Oberfläche usw.

**[0041]** Die beispielhaft geschilderte Beschichtung kann vielfältig abgeändert werden:

Anstelle einer mäanderförmigen Führung der Rela-

tivbewegung können auch andere Geometrien gewählt werden, mit denen die zu beschichtende bzw. lackierende Oberfläche überstrichen wird. Die Abnahme der Farbmenge im Randbereich von 100% (Kernbereich) auf Null muss nicht linear erfolgen, sondern kann progressiv oder degressiv erfolgen. Es können mehrere Auftragsbauteile in beliebiger Anordnung verwendet werden.

**[0042]** Die Oberfläche **24** kann auch derart beschichtet werden, dass das Auftragsbauteil **10** längs zueinander paralleler Bahnen ohne die gekrümmten Bereiche **Bg** nacheinander über die Oberfläche **24** geführt wird. Die Düsen des Auftragsbauteils **10** werden dann bei oder kurz vor Erreichen eines Randes der Oberfläche **24** angeschaltet und bei bzw. unmittelbar nach Verlassen des gegenüberliegenden Randes der Oberfläche **24** abgeschaltet. Die gemäß **Fig. 6** linksseitige Bahn hat ein Strahlprofil, wie dargestellt, d. h. einen Kernstrahl, an den nur rechtsseitig ein Randstrahl angrenzt. Die nachfolgenden Bahnen haben ein Profil gemäß **Fig. 4**, wohingegen die rechtsseitige Bahn ein Profil hat, das nur rechts einen Kernstrahl aufweist, an den linksseitig ein Randstrahl bzw. Randbereich angrenzt. Mit der beispielhaft beschriebenen Beschichtungstechnologie können große Flächen mittels der Tintenstrahltechnologie weitestgehend homogen und mit vorbestimmter, gegebenenfalls in vorbestimmter Weise veränderbarer Schichtdicke lackiert oder beschichtet werden, wobei Toleranzen in der Relativbewegung zwischen Auftragsbauteil und zu lackierender bzw. beschichtender Oberfläche durch die Erzeugung eines Flüssigkeitsstrahls mit einem Kernbereich homogener Flüssigkeitsdichte und wenigstens einem Randbereich abnehmender Flüssigkeitsdichte ausgeglichen bzw. weitgehend kompensiert werden können. Die Dicke der aufgetragenen Schicht kann einfach dadurch variiert werden, dass die relative Geschwindigkeit und/oder die je Zeiteinheit abgespritzte Flüssigkeitsmenge verändert werden. Die zu beschichtende Oberfläche kann eben oder gewölbt sein, wobei bei gewölbten Oberflächen vorteilhafter Weise ein zumindest annähernd konstanter Abstand zwischen den Düsen des Auftragsbauteils und der zu beschichtenden Oberfläche eingehalten wird.

**[0043]** Anhand der **Fig. 8** und **Fig. 9** wird im Folgenden ein System beschrieben, mit dem großflächige Gegenstände, wie beispielsweise Flugzeuge oder Automobile, digital lackiert werden können. Das System enthält ein Auftragsbauteil **10** mit Düsen, aus denen Farbflüssigkeitströpfchen digital gesteuert abgespritzt werden können. Das Auftragsbauteil **10** enthält weiter eine Markierungsdüse **36** aus der Markierungsflüssigkeitströpfchen abgespritzt werden können. Weiter ist mit dem Auftragsbauteil **10** eine Sensorik bzw. Abtasteinheit **38** starr verbunden, mit der beispielsweise ein Farbwert, ein Abstand und das Material einer Oberfläche erfasst werden können.

Das Auftragbauteil **10** ist zusammen mit der Markierungsdüse **36** und der Abtasteinheit **38** an einem Roboterarm **40** befestigt, mit dem das Auftragsbauteil **10** in weitgehend jede Position verschwenkt und bewegt werden kann und der eine Halterung für das Auftragsteil **10** bildet.

**[0044]** Der Roboterarm **40** mit dem gesamten darin befestigten Farbauftragssystem mit dem in **Fig. 12** nicht dargestellten Flüssigkeitsvorrat, dem Auftragsbauteil **10**, der Markierungsdüse **36** und der Abtasteinheit **38** sowie dem Roboterarm **40** wird von einer elektronischen Steuereinrichtung **42** gesteuert, deren Grundaufbau mit Programmspeicher, Datenspeicher, Prozessor usw. an sich bekannt ist.

**[0045]** Die Oberfläche eines zu lackierenden Gegenstandes, beispielsweise Flugzeugs, wird hinsichtlich ihrer Geometrie in an sich bekannter Weise beispielsweise durch Auswertung optischer Daten in der Steuereinrichtung **42** abgelegt. Weiter ist in der Steuereinrichtung **42** die Geometrie der auf der Flugzeugoberfläche aufzubringenden Lackierung abgelegt. Die Umrandung der Geometrie, beispielsweise eines großflächigen Schriftzugs, kann derart markiert sein, dass sie von der Abtasteinheit **38** erfasst werden kann. Der Roboterarm **40** wird nun zunächst durch eine Grobsteuerung derart gesteuert, dass er die auf der zu lackierenden Oberfläche befindliche Konturierung mit der Abtasteinheit **38** erkennt und wird dann von der Abtasteinheit **38** gesteuert weiter längs der Konturierung bewegt. Während dieser Bewegung wird von der Markierungsdüse **36** eine Markierung auf die zu lackierende Oberfläche aufgebracht, beispielsweise durch Abspritzen einer nicht sichtbaren Spur aus transparenter Flüssigkeit, die magnetisierte Teilchen enthält. Wenn die Bewegungsbahn längs der vormarkierten Konturierung beendet ist, kann der Roboterarm **40** um eine vorbestimmte Strecke senkrecht zur Außenkonturlinie der aufzubringenden Lackierung einwärts in Richtung zur Lackierungsfläche bewegt werden, bis die Abtasteinheit **38** die bei der gerade aufgetragenen Lackierungsbahn aufgetragene Flüssigkeitsspur als eine Führungsspur für die nachfolgende Führung des Auftragsbauteils erkennt.

**[0046]** **Fig. 9** verdeutlicht den Vorgang. Während des Aufbringens einer beispielsweise der Breite des Auftragsbauteils **10** bzw. der zur Bewegungsrichtung senkrechten Erstreckung von dessen Düsen entsprechenden Lackierbahnen wird jeweils von der Markierungsdüse **36** eine gestrichelte Führungsspur aufgebracht, längs der bei einer nachfolgend aufgetragenen Lackierbahn des Auftragsbauteils **10**, von der Abtasteinheit **38** geführt, bewegt wird. Fenster **44** oder sonstige innerhalb der zu lackierenden Fläche vorhandene, nicht zu lackierende Bereiche werden von der Abtasteinheit **38** erkannt und das Auftragsbauteil **10** wird über diese Bereiche, deren Erstreckung ver-

hältnismäßig kurz ist, von der Steuereinrichtung **42** gesteuert, bewegt, wobei die Düsen durch das Auftragsbauteil **10** so gesteuert werden, dass die Lackierung nur zwischen den Fenstern erfolgt. Mit Hilfe der Führungsspur ist es möglich, den Roboterarm **40** trotz erheblicher, in seinem Antrieb vorhandener Toleranzen derart zu steuern, dass sich das Auftragsbauteil **10** präzise längs vorbestimmter Bahnen bewegt.

**[0047]** Die Markierung der zu lackierenden Oberfläche während eines Druckdurchlaufes kann in unterschiedlichster Weise erfolgen, wobei in vorbestimmten Abständen lediglich einzelne Punkte gesetzt werden können, die von der Abtasteinheit **34** erfasst werden und jeweils dazu dienen, dass eine in der Steuereinrichtung **38** abgelegte Grobsteuerung aktualisiert wird.

**[0048]** Vorteilhafterweise erfolgt das Lackieren der großflächigen Oberfläche **24**, beispielsweise einer Flugzeugoberfläche, gemäß **Fig. 9** längs Bahnen, die die zu lackierende Oberfläche insgesamt überdecken, ähnlich wie anhand **Fig. 3** erläutert. Längs der Bahnen wird dabei mit einem Flüssigkeitsstrahl lackiert, der einen Kernstrahl und benachbarte Randstrahlen hat, ähnlich wie anhand **Fig. 1** bis **Fig. 3** erläutert. Durch die in den Randbereichen des Flüssigkeitsstrahls überlappende Lackierung werden Toleranzen in der Führung des Roboterarms weitgehend ausgeglichen. Auch bei ungenauer Steuerung der Bewegung des Roboterarms kann die Bewegung des Auftragsbauteils **10** genau erfolgen, indem diese Bewegung entsprechend der von der Abtasteinheit **38** erfassten Markierung geregelt längs der Markierungslinie erfolgt. Die Randstrahlen des Lackierstrahls bzw. die Randbereiche können auf diese Weise verhältnismäßig schmal ausgebildet sein. Bei starker Fließfähigkeit der aufgetragenen Flüssigkeit können die Randbereiche aufgrund der präzisen Steuerung der Bewegung des Auftragsbauteils **10** sogar ganz entfallen.

**[0049]** Mit einem Auftragsbauteil oder mehreren, am Roboterarm angebrachten Auftragsbauteilen können mehrere Farben gleichzeitig lackiert werden, so dass eine Mischfarbe entsteht. Es können auch verschiedene Bereiche der zu lackierenden Oberfläche **24** mit unterschiedlichen Farben lackiert werden, die wegen der Markierung präzise nebeneinander aufgebracht werden können. Die Konturierung bzw. Vormarkierung des zu lackierenden Oberflächenbereiches kann mit den gleichen Markierungsmitteln, beispielsweise Linie aus einem von der Abtasteinheit **38** erfassbaren Material hergestellt sein wie die Markierung, die von der Markierungsdüse **36** aufgebracht wird.

**[0050]** Die beispielhaft beschriebene Vorrichtung kann in vielfältiger Weise abgeändert werden. Bei-

spielsweise kann die Bewegung des Roboterarms **40** mittels grobmotorischer Aktoren gesteuert werden, die rasch und dafür jedoch verhältnismäßig ungenau ihre Sollpositionen anfahren, wohingegen zur Bewegung des Auftragsbauteils **10** zwischen diesem und dem Roboterarm eine Feinmotorik vorgesehen sein kann, die vorzugsweise bei stillstehendem Roboterarm das Auftragsbauteil **10** unter feiner Steuerung bzw. Regelung genau positioniert bzw. bewegt. Weiter kann das Auftragsbauteil **10** zusätzlich zur Abtasteinheit einen oder mehrere mechanische Anschlüsse, beispielsweise Rollen aufweisen, die einen vorbestimmten Abstand zwischen den Düsen des Auftragsbauteils und der zu beschichtenden Oberfläche sicherstellen und bei der Relativbewegung zwischen Auftragsbauteil und zu beschichtender Oberfläche während der Beschichtung auf der Oberfläche abrollen.

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b>	Auftragsbauteil
<b>12</b>	Düse
<b>14</b>	Struktur
<b>16</b>	Antriebseinheit
<b>18</b>	Flüssigkeitsvorrat
<b>20</b>	Leitungen
<b>22</b>	Gegenstand
<b>24</b>	Oberfläche
<b>26</b>	Transportband
<b>28</b>	Motor
<b>30</b>	Steuereinrichtung
<b>32</b>	Ausgänge
<b>34</b>	Sensoreinrichtung
<b>36</b>	Markierungsdüse
<b>38</b>	Abtasteinheit
<b>40</b>	Roboterarm
<b>42</b>	Steuereinrichtung
<b>44</b>	Fenster

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Beschichten, insbesondere Lackieren, einer Oberfläche (**24**) mittels eines Auftragsbauteils (**10**) mit einer Mehrzahl von Düsen (**12**), die tröpfchenweise Flüssigkeit abspritzen, wobei die Anzahl der Düsen (**12**), deren Abspritzrichtung und Abspritzmenge derart aufeinander abgestimmt sind, dass das Auftragsbauteil (**10**) einen Flüssigkeitsstrahl mit einem Kernstrahl, der bei seinem Auftreffen auf die Oberfläche (**24**) einen Kernbereich zumindest annähernd homogen beschichtet, und einem den Kernstrahl zumindest teilweise umgebenden Randstrahl aufweist, der bei seinem Auftreffen auf die Oberfläche (**24**) einen den Kernbereich zumindest teilweise umgebenden Randbereich mit einer Flüssigkeitsmenge je Flächeneinheit beschichtet, die mit zunehmender Entfernung vom Rand des Kernbereiches innerhalb eines vorbestimmten Randmaßes auf Null abnimmt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die zu beschichtende Oberfläche (**24**) und das Auftragsbauteil (**10**) während des Abspritzens der Flüssigkeitströpfchen längs einer geraden Bahn relativ zueinander mit einer parallel zur Oberfläche (**24**) gerichteten Bewegungskomponente bewegt werden und der Kernbereich des Flüssigkeitsstrahls über seine sich quer zur Bewegungskomponente erstreckenden Breite eine konstante, sich in Richtung der Bewegungskomponente erstreckende Länge hat.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die zu beschichtende Oberfläche (**24**) und das Auftragsbauteil während des Abspritzens der Flüssigkeitströpfchen relativ zueinander längs einer gekrümmten Bahn mit einer parallel zur Oberfläche (**24**) gerichteten Bewegungskomponente bewegt werden und der Kernbereich des Flüssigkeitsstrahls eine sich in Richtung der Bewegungskomponente erstreckende Länge hat, die über seine sich quer zur Bewegungskomponente erstreckende Breite zur Innenseite der Krümmung hin abnimmt.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, der Flüssigkeitsstrahl derart ausgebildet ist, dass der Kernbereich nur senkrecht zur Richtung der Relativbewegung von je einem Randbereich umgeben ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die Oberfläche (**24**) längs nebeneinander angeordneter Bahnen derart beschichtet wird, dass sich nur die jeder Bahn zugehörigen Randbereiche überlappen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die Düsen (**12**) beim Beschichten eines Randes der zu beschichtenden Oberfläche (**24**) derart angesteuert werden, dass der Rand vom Kernbereich des Flüssigkeitsstrahls eingefärbt wird.

7. Digitales Beschichtungssystem, enthaltend wenigstens eine Auftragseinheit (**10**) mit mehreren digital ansteuerbaren Düsen (**12**) zum Abspritzen von Flüssigkeitströpfchen,  
 eine Flüssigkeitsversorgungseinrichtung zum elektronisch gesteuerten Beschicken der Düsen mit Flüssigkeit,  
 eine Halterung (**40**) zum Halten der Auftragseinheit,  
 eine Antriebseinrichtung zum Bewegen der Halterung längs einer vorbestimmbaren Bahn,  
 eine mit der Auftragseinheit starr verbundenen Markierungseinheit (**36**) zum Markieren von von der Auftragseinheit überfahrenen Positionen auf einer mittels der Auftragseinheit beschichteten Oberfläche (**24**),  
 eine mit der Auftragseinheit starr verbundenen Abtasteinheit (**38**) zum Erfassen der markierten Positionen und  
 eine elektronische Steuereinrichtung (**42**), die die Antriebseinrichtung derart steuert, dass beim Bewe-

gen der Auftragseinheit längs einer vorbestimmten Bahn markierte Positionen bei einer nachfolgenden Bewegung der Auftragseinheit längs einer weiteren vorbestimmten Bahn in vorbestimmter Weise angefahren werden.

8. Beschichtungssystem nach Anspruch 7, wobei die Markierungseinheit (**36**) Bestandteil der Auftrags-einheit (**10**) ist und die Markierung in einer zumindest teilweise kontinuierlich auf die Oberfläche aufgebracht Spur besteht.

9. Beschichtungssystem nach Anspruch 7 oder 8, wobei die Steuereinrichtung (**42**) die Antriebseinheit entsprechend Oberflächendaten vorsteuert und entsprechend den Markierungsdaten feinsteuert.

10. Beschichtungssystem nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei dem die Steuereinrichtung (**42**) die Düsen (**12**) des Auftragsbauteils (**10**) derart ansteuert, dass das Auftragsbauteil einen Flüssigkeitsstrahl mit einem Kernstrahl (K), der bei seinem Auftreffen auf die Oberfläche (**24**) einen Kernbereich zumindest annähernd homogen beschichtet, und einem den Kernstrahl zumindest teilweise umgebenden Randstrahl (R) abspritzt, der bei seinem Auftreffen auf die Oberfläche einen den Kernbereich zumindest teilweise umgebenden Randbereich mit einer Flüssigkeitsmenge je Flächeneinheit beschichtet, die mit zunehmender Entfernung vom Rand des Kernbereiches innerhalb eines vorbestimmten Randmaßes auf Null abnimmt, wobei die Oberfläche längs nebeneinander angeordneter Bahnen derart beschichtet wird, dass sich nur die jeder Bahn zugehörigen Randbereiche überlappen.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

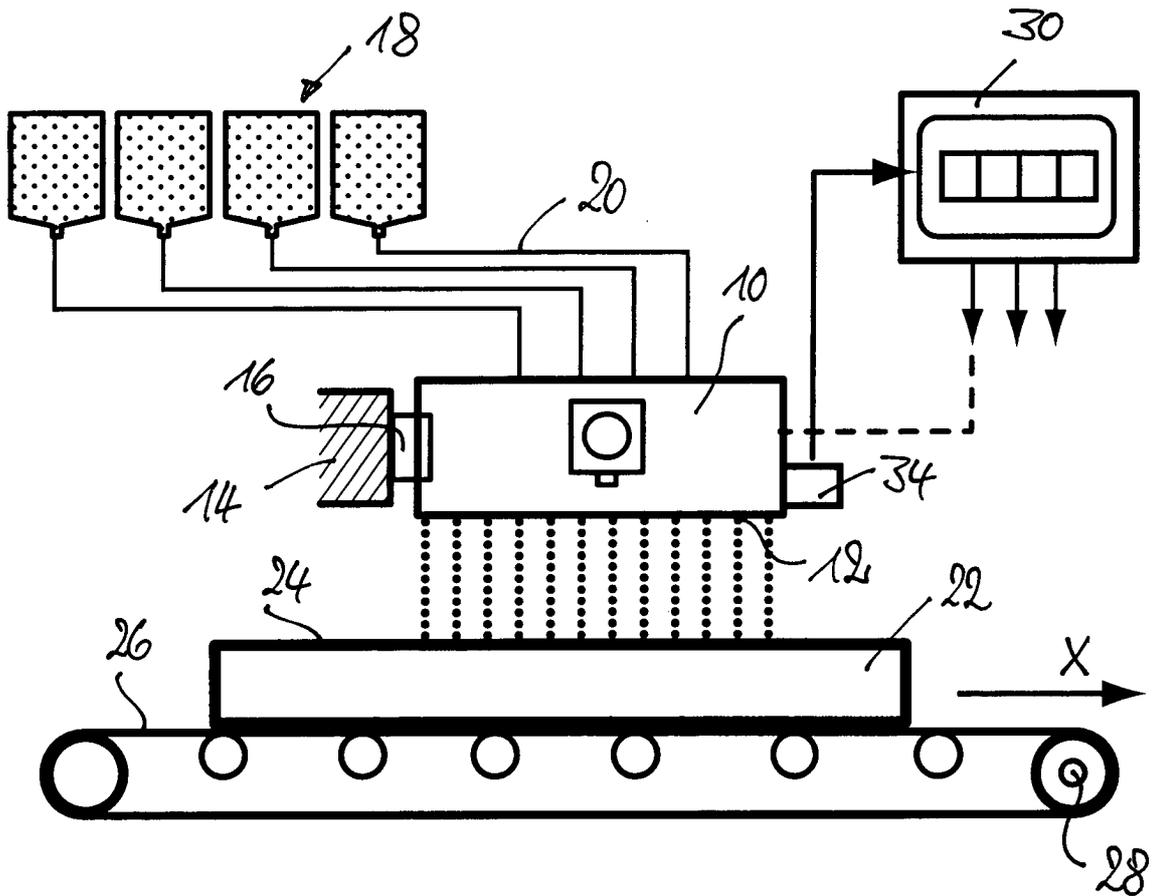


FIG 1  
(Stand der Technik)



