

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Regelung eines Versorgungsdruckes in einem Umlaufsystem für ein Beschichtungsmittel, umfassend eine Pumpe, eine Beschichtungseinrichtung mit wenigstens einer Abnahmestelle, einen Materialdruckregler, einen Vorratsbehälter, einen Proportionaldruckregler und ein Steuerungsmodul. Der Proportionaldruckregler ist dazu vorgesehen, mittels des Steuerungsmoduls den Materialstrom der Beschichtungsmittelpumpe so zu steuern, dass bei einem im Umlaufsystem im Beschichtungsmittel geregeltem Versorgungsdruck über einen vordefinierten Sollwert in Form eines Steuerdrucks der Volumenstrom am Materialdruckregler geregelt wird.

[0002] Der Steuerdruck ist:

- auf Basis eines im Beschichtungsmittel gemessenen physikalischen Parameters und/oder
- auf Basis von Strömungswiderständen im Umlaufsystem und/oder
- mittels einer Zeitsteuerung abhängig vom eingestellten Versorgungsdruck variabel einstellbar, so dass im Ringleitungssystem eine kontinuierliche Druckregelung erfolgt.

[0003] Die Druckregelung wird ermöglicht auf:

- einen ersten Sollwert mit einem ersten zugehörigen Volumenstrom und einem ersten Steuerdruck und
- wenigstens einen zweiten Sollwert mit einem zweiten zugehörigen Volumenstrom und einem zweiten Steuerdruck.

[0004] Ferner betrifft die Erfindung ein Umlaufsystem zur Applikation des Beschichtungsmittels auf eine Oberfläche eines Bauteils.

[0005] Ein Verteilen fließfähiger beziehungsweise fluider Medien, wie Flüssigkeiten oder Gase, erfolgt in einer Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen. Dabei sind diese Medien entweder selber das auszubringende Material oder dienen zum Transport eines solchen, beispielsweise als Emulsion. Beispielsweise kann durch Versprühen eine Farbe oder ein Lack auf ein zu beschichtendes Werkstück aufgebracht werden.

[0006] Ein Beschichten mit dem Medium, wie beispielsweise einer Farbe, erfolgt typischerweise mittels durch Versprühen mittels Spritzdüsen. Zur Zuführung des Mediums zur Spritzdüse als Abnehmer sind üblicherweise unter einem Druck stehende Leitungen vorgesehen, die die jeweiligen Spritzdüsen mit dem Medium versorgen. Um eine sichere Zuführung zu ermöglichen, wird in der Regel ein aus einem Reservoir gespeister Druckkreislauf eingerichtet. In diesem Druckkreislauf kann das Medium unter Druck umgepumpt werden, um gegebenenfalls über die Spritzdüsen abgegeben zu werden.

[0007] Sobald allerdings durch einen oder mehrere der Abnehmer, also konkret eine oder mehrere Spritzdüsen,

ein Teil des Mediums aus dem Kreislauf entnommen wird, sinkt der Druck des Mediums darin ab. Damit sinkt insbesondere aber auch die Austrittsgeschwindigkeit aus der Düse beziehungsweise den Düsen. Wird dabei ein kritischer Systemdruck unterschritten, ist die Aufrechterhaltung einer gewünschten Verteilcharakteristik an den Spritzdüsen nicht mehr gewährleistet oder die Mediums- bzw. Lackentnahme so weit eingeschränkt, dass ein störungsfreier Betrieb nicht mehr möglich ist.

[0008] Materialdruckregler können gerade dazu dienen, den Druck im System aufrechtzuerhalten beziehungsweise konstant zu halten. Dabei handelt es sich insbesondere um einen fest vorgegebenen oder auch einstellbaren Druck. Der Materialdruckregler weist dazu eine Druckkammer auf, deren Volumen beziehungsweise Querschnitt variabel ist. So kann der Druck am Eingang der Druckkammer eingestellt werden. Dies wird mittels eines Gegendrucks zum Druck des Mediums erreicht, der durch Beaufschlagung mit einem Druckmedium, wie üblicherweise Pressluft, eingestellt wird.

[0009] Dieses Druckmedium stellt einen Gegendruck zum Druck des Mediums dar. Hierdurch lässt sich der Querschnitt der Druckkammer über bewegliche Wandabschnitte in Abhängigkeit vom Druckverhältnis einstellen. Sinkt der Druck des Mediums am Eingang des Materialdruckreglers gegenüber dem Gegendruck, wird der Querschnitt der Druckkammer reduziert, so dass der Druck wieder ansteigt. So kann der Druck konstant gehalten werden. Der Volumenstrom variiert dabei.

[0010] Physikalisch bedingt stellt sich daher am Materialdruckregler ein Volumenstrom ein, der sich neben den Materialeigenschaften aus dem Vordruck des Mediums und dem Druck in der Druckkammer des Materialdruckreglers ergibt.

[0011] Der Druckaufbau in der Ringleitung erfolgt in der Regel durch Pumpen, die druckgeregelt einen Vordruck am Anfang der Ringleitung einstellen. Die Menge des durch den Materialdruckregler strömenden Mediums resultiert daher in einem gegebenen System im Betrieb aus dem eingestellten Vordruck am Anfang der Ringleitung, den Entnahmen aus der Ringleitung und dem eingestellten Hinterdruck des Materialdruckreglers. Der Sollwert am Materialdruckregler wird in der Regel für eine Anlage fest voreingestellt.

[0012] Ein minimaler Volumenstrom in der Ringleitung ist bei Farben notwendig, um diese in Bewegung zu halten und Entmischungen zu vermeiden. Hierzu sind herstellerabhängige Vorgaben bezüglich der minimalen Volumenströme zu beachten.

[0013] Nachteilig bei dem oben beschriebenen Verfahren ist, dass auch in Zeiten, in denen keine Materialentnahmen anstehen, Material mit hohem Druck durch die Ringleitung gefördert wird. Hierdurch bedingt sich ein unnötiger Energieverbrauch, Verschleiß des Mediums durch Scherung und ein abrasiver Verschleiß der Komponenten. Bei größeren Lackierpausen oder am Wochenende werden daher häufig die Materialdruckregler vollständig deaktiviert (geöffnet) und die Pumpe von einer Druckre-

gelung in eine Volumenstromregelung umgeschaltet. Dieses Verfahren hat den Nachteil, dass keine Regelung des Druckes mehr erfolgt und anlagenbedingte Störungen oder Eingriffe in die Anlage zu einer Drucküberhöhung führen können.

[0014] Außerdem liefert das Verfahren im Lackierbetrieb jeweils nur für einen Arbeitspunkt ein befriedigendes Ergebnis, da sich mit wechselnden Eingangsdrücken oder Farben unterschiedlicher Viskosität andere Volumenströme am Materialdruckregler einstellen.

[0015] Aus US 2006/0177565 A1 ist ein Farbzirkulationssystem zum Umwälzen und Abgeben von Farbe bekannt. Das Zirkulationssystem umfasst einen Betriebs-Kreislauf (operating loop 14) und einen Leerlauf-Kreislauf (idling loop 20). Das System umfasst im Allgemeinen auch eine Pumpe, einen Sender, einen Controller, einen Wandler und einen Regler. In der Leerlaufschleife wird ein niedriger Druck aufrechterhalten, um die Zirkulation aufrechtzuerhalten und das Absetzen von Farbe zu verhindern. In einer ersten Ausführung ist ein Zirkulationssystem offenbart, bei dem eine Pumpe sowohl für den Leerlauf-Kreislauf als auch für den Betriebskreislauf vorgesehen ist. Die Pumpe speist somit beide Kreisläufe gleichzeitig. Die Drücke und Volumenströme in beiden Systemen sind somit nicht unabhängig voneinander, sondern beeinflussen sich wechselseitig. In einer zweiten Ausführung sind zwei vollständig unabhängig Systeme mit eigenen Pumpen, Reglern, Sensoren und Materialbehältern vorgesehen. Die beiden voneinander unabhängigen Systeme sind insgesamt aufwendig und können nur im Wechsel umgeschaltet werden.

Aus US 4 019 653 A ist eine Farbspritzanlage zum Proportionieren und Mischen von zwei Farbkomponenten zur Abgabe an eine Spritzpistole bekannt. Bei den beiden Komponenten handelt es sich um eine Farbkomponente und eine Katalysatorkomponente, die im vermischten Zustand hochreaktiv sind und eine kurze Topfzeit aufweisen. Katalysator und Farbkomponente sind über eine Mischkammer mit einer Sprühvorrichtung verbunden.

[0016] Aus DE 10 2017 110 430 A1 ist ein Gegendruckregler zur Regelung des Drucks einer Flüssigkeit bekannt, bei dem die Wandungen der Druckkammern aus mehreren beweglichen Abschnitten gebildet sind.

[0017] Aus EP 1 789 202 B2 ist ein Farbumwälzsystem und -Verfahren bekannt, bei dem in einem ersten Modus, der als Druck- oder Arbeitsmodus bezeichnet werden kann, der Druck mittels eines Materialdruckreglers konstant gehalten wird. In einem zweiten Modus, der als Durchfluss-, Energiespar- oder Pausenmodus bezeichnet werden kann, wird der Materialdruckregler deaktiviert.

[0018] Hiermit wird erreicht, dass:

- Im Druck- oder Arbeitsmodus der Druck im Farbumlaufsystem konstant auf einem Niveau gehalten, welches auch bei mehreren Verbrauchern, beispielsweise mehreren an das Farbumlaufsystem angeschlossenen Farb-Spritzpistolen, einen gleich-

bleibenden Farbaustrag gewährleistet. Dieser gleichbleibende Farbaustrag bzw. das für den gleichbleibenden Farbaustrag erforderliche Druckniveau wird auch dann realisiert, wenn eine unterschiedliche Anzahl von Spritzpistolen unterschiedlich stark im Einsatz ist, die pro Zeiteinheit aus dem Farbumlaufsystem abgegebene Farbmenge also variiert.

- Im Durchfluss- oder Energiesparmodus, beispielsweise im arbeitsfreien Wochenendbetrieb, wird bei niedrigem Druck eine konstante Farbmenge durch das Farbumlaufsystem gepumpt um so einen Minimal-Umlauf zu realisieren, der ein Entmischen der Farbe oder sonstige Störungen verhindert.

[0019] Eine der Beschichtungseinrichtung vorgeschaltete Dosierpumpe kann - im aktivierten Zustand des Materialdruckreglers - einen vorbestimmten Mediumdruck zwischen der besagten Dosierpumpe und dem Materialdruckregler aufrechterhalten. Der Sollwert des Mediumdruckes wird also bei der Aktivierung eingestellt. Mit anderen Worten wird der Mediumdruck am Materialdruckregler nur weggeschaltet, um den freien Durchfluss des Mediums zu ermöglichen. Eine Regelung des Mediumdruckes zu diesem Zweck am Materialdruckregler findet nicht statt.

[0020] Dies ist nachteilig, denn das Material, wie Farbe oder Lack kann unnötig mit hohem Druck durch die Ringleitung gefördert werden, wodurch Energieverluste, Verschleiß des Mediums durch Scherung und ein abrasiver Verschleiß aller Teile des Ringleitungssystems, wie Dosierpumpe, Materialdruckregler und Dichtungen entstehen können.

[0021] Die Abrasion kann durch eine Vielzahl von Faktoren, wie Mediumdruck, Reibungskoeffizienten, Temperatur, Viskosität des Mediums und Oberflächenbeschaffenheit der mit dem Medium zu kontaktierenden Innenfläche des gesamten Umlaufsystems beeinflusst werden. Durch ungünstige Montage der Armatur im Umlaufsystem, z. B. direkt hinter Bögen oder Verzweigungen, ist eine gleichmäßige Anströmung des Materialdruckreglers nicht gegeben, was hohe Ungenauigkeiten im Volumenstrom verursachen kann.

[0022] Bei dem vollständig deaktivierten, d. h. geöffneten Materialdruckregler wird auch die Dosierpumpe von einer Druckregelung in eine Volumenstromregelung umgeschaltet, so dass keine Regelung des Mediumdruckes mehr erfolgt. Daraus können sich anlagenbedingte Störungen oder Eingriffe in das Umlaufsystem ergeben, welche zu einer Drucküberhöhung führen können. Nachteilig ist es auch, dass sich mit wechselnden Eingangsdrücken oder Medien unterschiedlicher Viskosität andere Volumenströme am Materialdruckregler einstellen.

[0023] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, diese Nachteile zu überwinden und ein neues, verbessertes Verfahren zur Regelung des Versorgungsdruckes in einem Umlaufsystem vorzuschlagen, dessen Volumenstrom am Materialdruckregler bei fehlender Farbabnah-

me aus der Ringleitung, unabhängig vom eingestellten Mediendruck am Eingang der Ringleitung, konstant bleiben soll. Weiterhin soll ein Umlaufsystem vorgeschlagen werden, mit welchem das neue Verfahren realisiert werden kann.

[0024] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Umlaufsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 7. Die Unteransprüche stellen vorteilhafte Merkmale der Erfindung dar.

Definitionen und Begriffe:

[0025]

- Mit dem Begriff "Umlaufsystem" soll ein Druckkreislaufsystem mit dazugehörenden Leitungen, Beschichtungseinrichtung, Pumpe, Materialdruckregler, Vorratsbehälter des Beschichtungsmittels und Steuerung verstanden werden. In diesem Druckkreislaufsystem kann das Medium unter Druck umgepumpt werden, um gegebenenfalls über die Beschichtungseinrichtung abgegeben zu werden.
- Als Materialdruckregler wird ein so genannter Gegendruckregler (BPR = Back Pressure Regulator) bezeichnet, mit welchem der Mediumdruck im Umlaufsystem aufrechterhalten beziehungsweise konstant gehalten werden kann. Der Materialdruckregler ist steuerbar.
- Der Begriff "Druckmodus", im Weiteren "Betriebsmodus" bzw. "Regelbetrieb" genannt, bezieht sich auf einen Zustand des Umlaufsystems, in dem der Mediumdruck (Versorgungsdruck) im Umlaufsystem aufrechterhalten beziehungsweise konstant gehalten wird.
- Der Begriff "Durchflussmodus", im Weiteren auch "Energiesparmodus" genannt, bezieht sich auf einen Zustand des Umlaufsystems mit einer notwendigen minimalen Durchflussrate des Mediums, um dieses in ständiger Bewegung zu halten und unerwünschten Entmischungen zu vorzubeugen.
- Unter dem Versorgungsdruck wird der Druck verstanden, mit dem eine in das Farbumlaufsystem integrierte Pumpe das zu pumpende Medium fördert.
- Unter einem Versorgungsdruck-Sollwert wird ein Druck verstanden, den die Pumpe durch Erhöhung bzw. Reduktion ihrer Pumpleistung realisieren soll. So soll mit dem Begriff "erster Versorgungsdruck-Sollwert" ein möglichst konstanter Versorgungsdruck, z. B. 5 bar im gesamten Umlaufsystem verstanden werden, welcher dem Betriebsmodus (Regelbetrieb) entspricht. Der Begriff "zweiter Versorgungsdruck-Sollwert" bezeichnet dagegen einen minimalen Sollwert (z. B. 0,5 bar), welcher dem Ener-

giesparmodus entspricht.

- Unter einem Steuerdruck wird ein Druck verstanden, der von einem Druckregler als Steuergröße (festgelegtes Stellsignal) zur Ansteuerung des Materialdruckreglers bereitgestellt wird.
 - Als Druckregler ist jeder für die gestellten Anforderungen geeignete Druckregler einsetzbar. Bevorzugt wird der Einsatz eines Proportionaldruckreglers.
 - Der Volumenstrom, auch Durchflussrate genannt, gibt an, wie viel Volumen eines Mediums, beispielsweise Farbe oder Lack, pro Zeitspanne durch einen vorbestimmten Querschnitt der Ringleitung transportiert wird.
 - Eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS, auf Englisch: PLC = Programmable Logic Controller) ist ein digitales Steuergerät, mit welchem das Umschalten vom Betriebsmodus in den Wochenendmodus über Sensoren und Aktoren erfolgen kann.
 - Unter einem Beschichtungsmittel wird jedes Medium verstanden, dass geeignet ist, durch das Ringleitungssystem gefördert und mittels der Verbraucher, beispielweise an das Ringleitungssystem angeschlossene Spritzpistolen, ausgebracht zu werden. Insbesondere können als Beschichtungsmittel beispielsweise Farben, wie Dispersion- und Latexfarben, Lacke, Lasuren, Lösungsmittel, Wasser, Wasser mit Reinigungsmittel, Eisen- oder Zinkphosphatierungsmittel, Holzschutzmittel etc. vorgesehen sein. Bei dem Lack kann es sich beispielsweise um einen Basislack, Klarlack, Effektlack, einen Mica-Lack oder einem Metallic-Lack handeln. Die Lacke können lösemittelhaltig oder wasserbasierend sein.
- [0026]** Der Steuerdruck ist variabel einstellbar und zwar:
- auf Basis eines im Beschichtungsmittel gemessenen physikalischen Parameters;
 - und/oder auf Basis von Strömungswiderständen im Umlaufsystem;
 - und/oder mittels einer Zeitsteuerung abhängig vom eingestellten Versorgungsdruck.

[0027] Hierdurch wird im Ringleitungssystem eine kontinuierliche Druckregelung auf wenigstens zwei Versorgungsdruck-Sollwerte mit zugehörigen Volumenströmen ermöglicht, wobei die Druckregelung abhängig ist vom jeweilig vom Druckregler bereitgestellten Steuerdruck.

[0028] Somit erfolgt die Regelung für einen ersten Versorgungsdruck-Sollwert mit einem ersten zugehörigen Volumenstrom und einem ersten Steuerdruck. Für einen zweiten Versorgungsdruck-Sollwert erfolgt die Regelung

mit einem zweiten zugehörigen Volumenstrom und einem zweiten Steuerdruck.

[0029] Analog hierzu ist die Regelung auch für weitere Sollwerte mit zugehörigen Volumenströmen und hierauf abgestimmten Steuerdrücken möglich.

[0030] Mit welchem der beiden (oder weiterer) Steuerdrücke der Materialdruckregler arbeitet, ist abhängig von einer oder mehrerer Randbedingungen, nämlich den Parametern des Beschichtungsmittels und/oder den Strömungswiderständen im Umlaufsystem und/oder einer Zeitsteuerung.

[0031] Das Umschalten vom Druck- oder Arbeitsmodus in den Durchfluss- oder Ruhemodus kann automatisch über Steuerungsmodule, beispielsweise über eine SPS (speicherprogrammierbare Steuerung, auf Englisch: PLC = programmable Logic Controller) erfolgen. Dabei kann der Volumenstrom durch Reduzierung des Versorgungsdrucks der Pumpe verkleinert werden. Da bei reduziertem Leitungsdruck die Förderleistung sinkt, wird der Materialdruckregler weiter geöffnet, d. h. der Steuerdruck so weit reduziert, dass der Volumenstrom am Materialdruckregler konstant bleibt. Die SPS ermöglicht eine Drehzahlsteuerung mit kontrollierter Beschleunigung oder Verzögerung.

[0032] In die speicherprogrammierbare Steuerung SPS kann ein Steueralgorithmus zur Erstellung eines Steuerungsprogramms eingesetzt werden, mit welchem der Steuerdruck am Materialdruckregler anhand unterschiedlicher Parameter, wie Pumpendruck, Volumenstrom, Viskosität, geometrische Gegebenheiten des gesamten Umlaufsystems, etc. abgerufen werden kann.

[0033] Von großem Vorteil ist, dass ein vollständiges Deaktivieren des Materialdruckreglers und ein Umschalten der Pumpe auf den nachteiligen Volumenstrombetrieb nicht mehr notwendig sind. Ein Energiesparmodus kann somit einfach durch Herabsetzen des Versorgungsdrucks und Reduzierung des Steuerdruckes am Materialdruckregler realisiert werden.

[0034] Die Strömungswiderstände führen grundsätzlich zu Energieverlusten. Ursachen hierfür sind insbesondere die Expansion oder Kontraktion des Mediums, Änderungen von Durchflussquerschnitten, Turbulenzen aufgrund von Strömungsrichtungs-Änderungen sowie Energieverluste durch Reibung allgemein. Die lokalen Turbulenzen treten beispielsweise an den Umlenkungen, Querschnittsverengungen, Absperrelementen, Abzweigungen auf, die zusammen mit der Länge und Durchmesser der Rohrleitung den Druckabfall zwischen der Pumpe und Materialdruckregler beeinflussen. Bei den Leitungsabschnitten, deren Einlass und Auslass sich in der Höhe der Position unterscheiden, hängt die Differenz des Mediumdrucks an beiden Enden auch von seinem hydrostatischen Druck ab.

[0035] Erfindungsgemäß ist vorgesehen sein, dass bei fehlendem oder reduziertem Austritt von Beschichtungsmittel aus der wenigstens einen Abnahmestelle der Versorgungsdruck auf einen geringen Druck heruntergeregelt wird und der Steuerdruck mittels des Materialdruck-

reglers auf den zweiten Steuerdruck eingestellt wird. Dabei sind der zweite Steuerdruck und der Versorgungsdruck so gewählt, dass im Umlaufsystem ein konstanter Volumenstrom realisiert wird.

[0036] Vereinfacht gesagt bewirkt eine fehlende oder reduzierte Materialentnahme an der Abnahmestelle, dass der Proportionaldruckregler auf den zweiten Steuerdruck umgeschaltet wird. Der zweite Steuerdruck dient dann als Basis dafür, die Pumpenleistung der Pumpe auf den zweiten Versorgungsdruck-Sollwert, beispielsweise 0,5 bar, einzustellen. Die Pumpe beginnt dann im Durchfluss- oder Energiesparmodus zu arbeiten. Um ein Hin- und Herschalten der Steuerdrücke im Proportionaldruckregler zu vermeiden, kann vorgesehen sein, dass als zusätzliche Bedingung für das Umschalten ein Zeitversatz vorgesehen ist. Das Umschalten vom zweiten auf den ersten Steuerdruck, und damit indirekt auch das Umschalten vom Arbeitsmodus in den Ruhemodus, erfolgt dann, wenn zum einen kein Beschichtungsmittel mehr aus einer Abnahmestelle austritt und zum anderen ein vordefiniertes Zeitintervall, beispielsweise 10 Minuten, abgelaufen ist.

[0037] Der Volumenstrom ist in Abhängigkeit von den Eigenschaften des zu fördernden Beschichtungsmittels so gewählt, dass ein zur Vermeidung von Störungen im Umlaufsystem minimal erforderlicher Volumenstrom gefördert wird. Der minimal erforderliche Volumenstrom ist insbesondere von den Eigenschaften des Beschichtungsmittels und des Umlaufsystems abhängig. So neigen Farben und Lacke eher zur Entmischung und Anhaftung als Wasser oder Reinigungsmittel. Der minimale Volumenstrom für Farbe ist deshalb bei gleichem Umlaufsystem in der Regel höher als der minimale Volumenstrom für Wasser oder Reinigungsmittel. Da die Eigenschaften von Anlage und Beschichtungsmittel vorbekannt sind, können entsprechende Vorgabewerte hinsichtlich des minimalen Volumenstroms vordefiniert und dann, wenn die Steuerung von "Arbeitsmodus" auf "Ruhemodus" schaltet, realisiert werden. Durch das automatische Nachführen des Sollwertes am Materialdruckregler ist gewährleistet, dass sich eine verfahrensbedingt notwendige, minimale Durchflussrate einstellt, Energie eingespart wird und sich der Verschleiß der Komponenten des gesamten Umlaufsystems reduziert. Die Druckregelung bleibt außerdem auf einem niedrigeren Niveau erhalten.

[0038] Von besonderem Vorteil ist, dass die kontinuierliche Druckregelung im Ringleitungssystem einen flexiblen Wechsel in beide Betriebszustände, nämlich in Druckmodus und Durchflussmodus, ermöglicht. Je nachdem, welcher Modus (Druckmodus oder Durchlaufmodus) gerade aktiviert ist, bewirkt auch die Regelung des Druckes nur eine Veränderung in dem gerade aktivierten Kreislauf. Im Gegensatz zu dem aus US 2006/0177565 A bekannten System, bei dem eine Verstellung des Reglers systembedingt Druckveränderungen in beiden Kreisläufen bewirkt, kommt es bei dem erfindungsgemäßen System zu keiner wechselseitigen Beeinflussung

der Kreisläufe. Unerwünschte Druck- und Strömungsschwankungen, die Einfluss auf die Alterung der Farbe haben, werden somit vermieden und die im Zirkulationssystem befindliche Farbe wird geschont.

[0039] Vorzugsweise wird bei Austritt von Beschichtungsmittel aus der wenigstens einen Abnahmestelle der Steuerdruck am Materialdruckregler auf den ersten Steuerdruck eingestellt. Die Regelung reagiert also auf den Beginn eines Beschichtungsvorganges, also den Austritt von Beschichtungsmittel aus der Abnahmestelle, indem am Materialdruckregler der erste Steuerdruck eingestellt wird. Dieser erste Steuerdruck wird vom Proportionaldruckregler bereitgestellt und wirkt auf die Membran des Materialdruckreglers. Er ist so gewählt, dass er einen Regelbetrieb der Beschichtungseinrichtung mit möglichst konstantem Versorgungsdruck in der gesamten Versorgungsleitung ermöglicht. Auf Basis des ersten Steuerdrucks erfolgt die Vorgabe des ersten Versorgungsdruck-Sollwertes, also die Vorgabe an die Pumpe bzgl. der zu fördernden Menge. Mittels des ersten Steuerdrucks wird die Pumpe somit dazu animiert, einen ersten Versorgungsdruck-Sollwert, beispielsweise 5, bar zu realisieren und so im Druck- oder Arbeitsmodus zu arbeiten.

[0040] Ferner kann an der Ringleitung ein um den Materialdruckregler geführter Bypass angeordnet sein, welcher ein Ventil, beispielsweise ein Kugelventil, umfasst, mit dem der besagte Bypass aktivierbar ist. Die Betätigung des Ventils kann - bei fehlendem Materialabfluss aus der wenigstens einen Abnahmestelle - auch automatisch erfolgen, indem es von dem Steuerungsmodul (PLC) angesteuert wird. Der aktivierte Bypass bleibt solange aufrechterhalten, bis die Abnahmestelle, beispielsweise eine an einem Roboterarm angeordnete Farbaustrittsdüse, ferngesteuert betätigt wird und den Austritt von Beschichtungsmittel freigibt. Wird die Entnahme des Beschichtungsmittels erkannt, kann automatisch auf einen höheren Druck umgeschaltet und der Bypass inaktiviert werden.

[0041] Wenn über einen bestimmten Zeitraum, beispielsweise 30 Minuten, oder zu vordefinierten Ruhezeiten, beispielsweise Nachts oder am Wochenende, kein Beschichtungsmittel benötigt wird, kann das Kugelventil durch das vom Steuerungsmodul (PLC) kommenden Steuersignal geöffnet und zugleich der Versorgungsdruck auf den zweiten, minimalen Sollwert (z. B. 0,5 bar) eingestellt werden. Dabei kann der Materialdruckregler weiterhin in Betrieb bleiben.

[0042] Es kann vorgesehen sein, dass bei im Betriebsmodus befindlicher Beschichtungseinrichtung das Kugelventil geschlossen bleibt. Das Steuerungsmodul (PLC) steuert die Pumpendrehzahl entsprechend an, so dass der Versorgungsdruck (z. B. 5 bar) im Umlaufsystem aufrechterhalten bleibt.

[0043] Überdies kann das Kugelventil eine Überdruckentlastung erlauben, wenn der Versorgungsdruck am Ausgang der Beschichtungsmittelpumpe unerwartet (z. B. in Folge eines technischen Fehlers) ansteigt. Falls ein

Druckanstieg erfasst wird, ist das Kugelventil dann durch ein Steuersignal (von Steuerungsmodul PLC) entsprechend ansteuerbar.

[0044] Der Steuerdruck (Gegendruck) kann über den an einer Druckleitung (Steuerleitung) angeordneten, vorzugsweise elektronisch geregelten, pneumatischen Proportionaldruckregler gesteuert sein. Der Proportionaldruckregler dient zur Einstellung des pneumatischen Steuerdrucks proportional zu einem vorgegebenen Sollwert. Die Eingangsgröße wird kontinuierlich mit dem Ausgangsdruck verglichen. Bei auftretender Regeldifferenz regelt der Proportionaldruckregler nach. In Hinblick auf seine Arbeitsgenauigkeit wird vorzugsweise ein auf einen Maximaldruck 5 bzw. 6 bar ausgelegter Proportionaldruckregler gewählt. Vor dem Staudruckregler kann ein Drucksensor angeordnet sein. Der an einem Ende der Ringleitung angeordnete Materialdruckregler fungiert in diesem Fall als Staudruckregler, welcher ein "Staudrucksignal" mit einem Sollwert vergleicht und ein entsprechendes Stellsignal zur Steuerung des Proportionaldruckreglers ausgibt. Hierdurch kann ein besseres Regelverhalten generiert werden.

[0045] Der erste und der zweite Steuerdruck kann über einen Steueralgorithmus berechnet werden, welcher anhand der physikalischen Parameter des Beschichtungsmittels und/oder der Strömungswiderständen im Umlaufsystem und dem eingestellten Versorgungsdruck erstellt werden kann.

[0046] Der Steueralgorithmus kann durch Erstellung einer Formel oder tabellarisch kombiniert werden. Eine einfache Formel sowohl für den Betriebs- als auch Energiesparmodus kann beispielsweise durch Angabe der beiden festgelegten Versorgungsdrücke, der Volumenströme und Pumpendrehzahl bzw. der Uhrzeit erstellt und einprogrammiert werden. Die gespeicherten Daten können durch das computergestützte Steuerungsmodul (PLC) kontinuierlich abgelesen werden.

[0047] Ferner kann der Steuerdruck am Materialdruckregler über ein graphisches Kennlinienfeld bzw. über eine einfache Durchflussmessung abgerufen werden.

[0048] In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass der erste Steuerdruck und/oder der zweite Steuerdruck und/oder der Druck (P) über eine Uhrzeit und/oder eine kalendarische Zeiteinstellung vorgewählt wird. Bei ausschließlicher Steuerung mittels einer Zeitsteuerung kann beispielsweise vorgesehen sein, dass der Steuerdruck an jedem Tag um 6.00 Uhr morgens auf einen Wert eingestellt wird, der nachfolgend an der Pumpe den Versorgungsdruck-Sollwert auf 5 bar einstellt (Arbeitsmodus). Als weitere Zeiteinstellung kann vorgesehen sein, dass der Steuerdruck an jedem Tag um 17.00 Uhr auf einen Wert eingestellt wird, der nachfolgend an der Pumpe den Versorgungsdruck-Sollwert auf 0,5 bar einstellt (Energiesparmodus).

[0049] An Stelle einer Zeitsteuerung oder ergänzend kann die Auswahl des Steuerdrucks auf Basis von Kennlinienfeldern, einem an der Pumpe oder im Ringleitungs-

system gemessenen Druck, den geometrischen Gegebenheiten des Ringleitungssystems, der Viskosität des Mediums oder anderer Parameter erfolgen.

[0050] Zur Durchführung des Verfahrens kann ein Umlaufsystem zur Applikation eines Beschichtungsmittels, wie Karosserielacks, installiert werden, welches wenigstens nachfolgend aufgelistete Systemteile umfasst:

- eine Beschichtungsmittelpumpe,
- eine Beschichtungseinrichtung mit wenigstens einer Abnahmestelle,
- einen Materialdruckregler,
- einen Vorratsbehälter für das Beschichtungsmittel,
- einen Proportionaldruckregler und
- ein Steuerungsmodul.

[0051] Bei der Beschichtungsmittelpumpe handelt es sich vorzugsweise um eine elektrisch betriebene Doppelkolbenpumpe, welche mit einem Drucksensor ausgestattet sein kann.

[0052] Die Beschichtungseinrichtung kann aus mehreren Abnahmestellen, beispielsweise aus mehreren Spritzeinrichtungen, bestehen, welche beispielsweise jeweils eine Spritzpistole oder einen Roboterarm mit Sprühdüse umfassen.

[0053] Der Materialdruckregler dient zur Regelung des Staudrucks am Ende des im Leitungssystem fließenden Beschichtungsmittels. Mit einem pneumatischen Materialdruckregler kann der Mediumdruck ferngesteuert werden, z.B. für geschwindigkeits- oder volumenstromabhängige Mediumdrücke. Der Materialdruckregler kann über einen elektropneumatischen Wandler oder vorzugsweise über eine direkte Steuerleitung (beispielsweise mit Pressluft) geregelt werden. Ein Vorteil gegenüber einer manuellen Regelung ist, dass das Druckniveau auch bei Nichtabnahme von Beschichtungsmaterial absenkbar ist.

[0054] Bei dem Proportionaldruckregler handelt es sich vorzugsweise um einen Druckregler pneumatischer Art, welcher das Ausgangssignal proportional zu einem elektrischen Eingangssignal regelt. Insbesondere piezogesteuerte Proportionaldruckregler werden bei unterschiedlichen Druckverhältnissen eingesetzt, da auf Basis der Piezo-Technik eine sehr genaue und schnelle Regelung auf den gewünschten Druck möglich ist.

[0055] Das Steuerungsmodul (PLC) ist vorzugsweise ein digitales, speicherprogrammierbares Gerät zur Steuerung und/oder Regelung des Umlaufsystems. Wenn die Anlage (Umlaufsystem) mit explosionsfähigen oder brennbaren Stoffen, wie Lackfarbe mit Lösungsmittel, arbeitet, ist das Steuerungsmodul vorzugsweise in einem Schaltraum außerhalb des gefährdeten Bereichs platziert.

[0056] Der Steuerdruck (pneumatischer Gegendruck) ist vorzugsweise über einen Druckregler, beispielsweise über einen oben erwähnten elektronisch geregelten, pneumatischen, an einer Druckleitung (Steuerleitung) sitzenden Proportionaldruckregler oder rein mecha-

nisch, beispielsweise über eine motorisch spannbare Feder einstellbar.

[0057] An der pneumatischen Steuerleitung kann zusätzlich ein Druckminderer angeordnet sein, welcher dem Proportionaldruckregler vorgeschaltet ist. Mit Hilfe des Druckminderers kann der Ausgangsdruck der Pressluft reguliert und eventuell herabgesetzt werden, wenn der Ausgangsdruck seinen Sollwert überschreitet.

[0058] Zur Einstellung des pneumatischen Steuerdrucks können auch Drucksensoren, Druckregler und Mikrocontroller, eventuell zusätzlich eine Viskositätsmessung und/oder eine Volumenstrommessung zum Einsatz kommen.

[0059] Der Steuerdruck kann auch über einen Durchflussmessung geregelt werden, indem ein Durchflussmesser einen Volumenstrom in einer Zeiteinheit erfasst.

[0060] An der Ringleitung des Umlaufsystems kann wenigstens ein Durchflussmesser angeordnet sein, mit welchem eine Durchflussrate, also ein Volumenstrom (zum Beispiel Liter pro Minute) erfasst werden kann. Der Durchflussmesser kann mit einer analogen oder digitalen Schnittstelle ausgestattet sein.

[0061] Der Durchflussmesser kann beispielsweise nach dem Zahn- oder Ovalradprinzip arbeiten und in die Ringleitung eingebaut und mit dem Steuerungsmodul verbunden sein.

[0062] Es können auch "nicht invasive" Durchflussmesser, wie Ultraschall-Durchflusssensoren, eingesetzt werden.

[0063] Vorzugsweise ist der Durchflussmesser zwischen der Beschichtungseinrichtung und dem Materialdruckregler platziert.

[0064] Mit dem in das Umlaufsystem eingebauten speicherprogrammierbaren Steuerungsmodul (PLC) können kabellos oder über Leitungen die Beschichtungsmittelpumpe, und der Proportionaldruckregler anhand der Daten vom Durchflusssensor und Drucksensor gesteuert werden.

[0065] Mit dem Materialdruckregler kann der Mediumdruck im Umlaufsystem aufrechterhalten beziehungsweise konstant gehalten werden. Dabei kann es sich insbesondere um einen fest vorgegebenen oder auch einstellbaren Mediumdruck handeln. Zu diesem Zweck weist der Materialdruckregler eine Druckkammer auf, deren Volumen beziehungsweise Querschnitt variabel ist. So kann der Druck am Eingang der Druckkammer eingestellt werden. Dies wird mittels eines Gegendrucks zum Druck des Mediums erreicht, der durch Beaufschlagung mit einem Druckmedium, wie üblicherweise Pressluft, eingestellt wird. Dieses Druckmedium stellt einen Gegendruck zum Druck des Mediums dar. Hierdurch lässt sich der Querschnitt der Druckkammer über bewegliche Wandabschnitte in Abhängigkeit vom Druckverhältnis einstellen. Sinkt der Druck des Mediums am Eingang des Materialdruckreglers gegenüber dem Gegendruck, wird der Querschnitt der Druckkammer reduziert, so dass der Druck wieder ansteigt. So kann der Druck konstant gehalten werden. Der Volumenstrom variiert dabei. Phy-

sikalisch bedingt stellt sich daher am Materialdruckregler ein Volumenstrom ein, der sich aus dem Vordruck des Mediums und dem Druck in der Druckkammer des Materialdruckreglers sowie aus den Materialeigenschaften (Parameter des Mediums) ergibt.

[0066] Für den Materialtransport kann wenigstens eine Beschichtungsmittelpumpe, wie Kolben-, Exzenter-schnecken- oder Zahnrادpumpe vorgesehen sein. Vorzugsweise ist eine elektrisch angetriebene Doppelkolbenpumpe vorgesehen, welche die das Spritzbild negativ beeinflussende Pulsation vermindert. Die Pumpe reduziert ihre Drehzahl beim Erreichen eines vorgegebenen Druckes selbsttätig und erhöht sie beim Abfall des Mediumdruckes unter dem vorgegebenen Sollwert automatisch.

[0067] Zur Erfassung des Volumenstromes kann ein elektronischer Volumenstromsensor, beispielsweise ein Volumenstrom-Messumformer nach dem Differenzdruck-, Coriolis-, Ultraschall-, Turbinenprinzip oder nach dem Schwebekörper-Messprinzip, welcher auch zusätzliche Anschlüsse für Druck- und/oder Temperaturmessumformer umfassen kann, eingesetzt werden.

[0068] Die Viskosität des Mediums kann beispielsweise mittels eines an sich bekannten Viskosimeters mit bewegten Messkörpern automatisch erfasst werden.

[0069] Insgesamt wurde ein Verfahren und Umlaufsystem geschaffen, bei dem der Materialdruckregler (BPR) kontinuierlich den Gegendruck am Ende der Versorgungsleitung regelt. Dabei erfolgt die Druckregelung nicht auf ein einziges definiertes Druckniveau, sondern auf unterschiedliche Druckniveaus, die an unterschiedliche Anforderungen anpassbar sind. So kann beispielsweise im Druckmodus ein hoher Druck aufrechterhalten werden, um eine gleichmäßige Versorgung mit Beschichtungsmittel zu ermöglichen. Zu einer anderen Zeit kann analog hierzu im Energiesparmodus bei reduziertem Druckniveau ein Mindestumlauf des Beschichtungsmittels realisiert werden. Hierdurch werden die eingangs erläuterten Nachteile einer Deaktivierung des Materialdruckreglers wirksam vermieden.

[0070] Die Erfindung ist in einigen Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung näher erläutert. Die Figuren zeigen:

- Fig. 1 Schema eines Umlaufsystems in einer ersten Ausführung, mit Steuerung;
- Fig. 2 das Umlaufsystem gemäß Fig. 1, in einer zweiten Ausführung, mit eingebautem analogen Durchflussmesser, ebenso schematisch;
- Fig. 3 das Umlaufsystem gemäß Fig. 1, in einer dritten Ausführung, mit eingebautem digitalen Durchflussmesser und
- Fig. 4 das Umlaufsystem gemäß Fig. 1, in einer vierten Ausführung, mit eingebautem Bypass.

[0071] Gleiche oder ähnliche Elemente können in den nachfolgenden Figuren mit gleichen oder ähnlichen Bezugszeichen versehen sein. Ferner enthalten die Figuren

der Zeichnung, deren Beschreibung sowie die Ansprüche zahlreiche Merkmale in Kombination. Einem Fachmann ist dabei klar, dass diese Merkmale auch einzeln betrachtet werden oder sie zu weiteren, hier nicht näher beschriebenen Kombinationen zusammengeführt werden können. Die Erfindung erstreckt sich ausdrücklich auch auf solche Ausführungsformen, welche nicht durch Merkmalskombinationen aus expliziten Rückbezügen der Ansprüche gegeben sind, womit die offenbarten Merkmale der Erfindung, soweit dies technisch sinnvoll ist, beliebig miteinander kombiniert sein können. Die in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele haben somit nur beschreibenden Charakter und sind nicht dazu gedacht, die Erfindung in irgendeiner Form einzuschränken.

[0072] Die Fig. 1 stellt schematisch ein Umlaufsystem 100 dar, umfassend eine Ringleitung 12, einen Vorratsbehälter 16 mit einem nicht gezeigten Rührwerk zum Homogenisieren eines Mediums, wie Lackfarbe (z. B. Autolack), eine Beschichtungsmittelpumpe 18, eine Beschichtungseinrichtung 10 und einen Materialdruckregler 15.

[0073] Um das Ablagern von Pigmenten in der Ringleitung 12 zu vermeiden, soll die Mindestfließgeschwindigkeit des Mediums in der Ringleitung 12 den Wert 0,35 m/s überschreiten. Auch die Umlaufmenge an Medium, wie Farbe oder Lack, soll deutlich über die Abnahmemenge liegen.

[0074] Die Beschichtungseinrichtung 10 umfasst mehrere, im vorliegenden Fall vier Abnahmestellen 11 (Sprühapplikatoren) zur Beschichtung von Werkteilen mit dem Autolack. Die Beschichtungseinrichtung 10 (Sprühkabine) ist Bestandteil einer Lackieranlage zur Lackierung von Karosseriebauteilen.

[0075] Der Materialdruckregler 15 umfasst eine schematisch angedeutete Druckkammer 29 von einem variablen Volumen. Der Mediumdruck wird an einem Eingang 28 der Druckkammer 29 über eine Druckleitung 25 mit einem Steuermedium (Pressluft) beaufschlagt, mit welchem ein Gegendruck (Steuerdruck PS) zum Versorgungsdruck P ausgeübt wird. Die Pressluft wird von einem Druckbehälter 17 über einen Druckminderer 21 und einen dem Druckminderer 21 nachgeschalteten Proportionaldruckregler 22 den seitlichen, hier nicht gezeigten Druckkolben des Materialdruckreglers 15 geführt. Die beiden in einer symmetrischen Anordnung zueinander liegenden Druckkolben üben einen Druck auf die Wandung der Druckkammer 29 senkrecht zur Flussrichtung des Beschichtungsmittels (Farbe, Lack) aus, wodurch sich der Querschnitt der Druckkammer 29 über bewegliche Wandabschnitte in Abhängigkeit vom Druckverhältnis einstellen lässt.

[0076] Die Aufgabe des Druckminderers 21 ist es, die unterschiedlichen Druckeinflüsse auf seiner Eingangsseite zu regulieren bzw. zu mindern, so dass der Ausgangsdruck (von Pressluft) einen vorgegebenen Wert nicht überschreitet. Der Druckminderer 21 wird ohne Hilfsenergie gesteuert. Das Steuermedium des Druck-

minderers 21 ist die Pressluft selbst. Sein Ventil schließt, wenn der Druck hinter dem Ventil steigt.

[0077] Der elektronisch geregelte Proportionaldruckregler 22 dient zur Einstellung des pneumatischen Steuerdrucks PS proportional zu einem vorgegebenen Sollwert. Mittels eines Drucksensors (nicht dargestellt) wird der Druck am Arbeitsanschluss erfasst und mit dem Sollwert verglichen. Ein erster Steuerdruck PS1 entspricht dem Regelbetrieb der Beschichtungseinrichtung 10 mit möglichst konstantem Versorgungsdruck P1. Ein zweiter Steuerdruck PS2 ist so definiert, dass er dem minimalen Versorgungsdruck P2 (Energiesparmodus) darstellt. Etwaige Abweichungen des Druckes P1 oder P2 vom jeweiligen Sollwert werden mittels des Proportionaldruckreglers 22 korrigiert, so dass der Druck P1 bzw. P2 wieder auf den Sollwert zurückgeführt wird.

[0078] Die Beschichtungsmittelpumpe 18 ist mit einem externen Drucksensor 20 sowie mit nicht dargestellten digitalen Ein- und Ausgängen ausgestattet.

[0079] Ferner ist der Fig. 1 ein speicherprogrammierbares Steuerungsmodul 19 (PLC) zu entnehmen, mit welchem der Proportionaldruckregler 22 und die Beschichtungsmittelpumpe 18 (am Eingang und Ausgang der Pumpe) über Leitungen 27 oder kabellos gesteuert werden.

[0080] Die Fig. 2 stellt dasselbe Umlaufsystem 100 dar mit dem Unterschied, dass an der Ringleitung 12 zwischen der Beschichtungseinrichtung 10 und dem Materialdruckregler 15 ein Durchflussmesser 26 mit analoger Schnittstelle platziert ist, welcher ebenso mit dem Steuerungsmodul 19 (PLC) gesteuert ist. Der Durchflussmesser 26 erfasst die Durchflussrate, also einen Volumenstrom.

[0081] An der Ringleitung 12 zwischen der Beschichtungseinrichtung 10 und dem Materialdruckregler 15 ist gemäß Fig. 3 ein Durchflussmesser 26 mit digitaler Schnittstelle und einem anwenderfreundlichen, großen Display angeordnet.

[0082] Schließlich ist in Fig. 4 ein Umlaufsystem 200 dargestellt, welches aus denselben Teilen, wie in Fig. 1 gezeigt sind, besteht, wobei an der Ringleitung 12 ein um den Materialdruckregler 15 geführter Bypass 23 angeordnet ist. An dem Bypass 23 ist ein Kugelventil 24 einmontiert, mit welchem der Bypass 34 entweder gesperrt oder freigegeben werden kann.

Funktionsweise (in Verbindung mit Figuren 1 bis 3):

[0083] Eine erste Druckregelung des flüssigen Mediums, hier: Autolack, wird an einem Anfang 13, also am Drucksensor 20 der Beschichtungsmittelpumpe 18 und eine zweite Druckregelung an einem Ende 14 des Umlaufsystems 100 vorgenommen. Dabei wird der Sollwert am Materialdruckregler 15 auf einen ersten, dem Druckmodus der Beschichtungseinrichtung 10 angepassten ersten Versorgungsdruck-Sollwert P1 und einem zweiten, dem Wochenendbetrieb entsprechenden, wesentlich kleineren Versorgungsdruck P2 (zweiter Versor-

gungsdruck-Sollwert P2) eingestellt. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel beträgt der erste Versorgungsdruck-Sollwert P1 5 bar und der zweite Versorgungsdruck-Sollwert P2 0,5 bar. Die Werte P1 und P2 sind in diesem Fall so aufeinander abgestimmt, dass die Mindestfließgeschwindigkeit des Mediums in der Ringleitung 12 in Höhe von 0,35 m/s aufrechtgehalten wird. In Abhängigkeit von den individuellen Anforderungen des Umlaufsystems können auch andere Versorgungsdruck-Sollwerte P1, P2 beziehungsweise Mindest-Fließgeschwindigkeiten vordefiniert sein.

[0084] Somit ist der Materialdruckregler 15 in beiden Zuständen, nämlich im Regelbetrieb und im Wochenendbetrieb aktiviert. Es findet keine Deaktivierung des Materialdruckreglers 15 (BPR) statt. Mit dem minimalen Mediumdruck P2 = 0,5 bar kann das in der Ringleitung 12 befindliche Medium, ohne seine Materialeigenschaften zu verlieren, zirkulieren.

[0085] Der Steuerdruck am Materialdruckregler 15 wird bei fehlendem Materialabfluss mittels des speicherprogrammierbaren Steuerungsmoduls (PLC) so geregelt, dass sich unabhängig vom eingestellten Versorgungsdruck ein konstanter Volumenstrom einstellt.

25 Funktionsweise (in Verbindung mit Figur 4):

[0086] Das am Bypass 23 angeordnete befindliche Kugelventil 24 ist geschlossen, wenn die mehrere Abnahmestellen 11 umfassende Beschichtungseinrichtung 10 sich im Regelbetrieb befindet und den Lack anfordert. Der Lack (Beschichtungsmittel 30) ist schematisch in Figuren 1 bis 4 als Sprühstrahl dargestellt. Das Steuerungsmodul 19 (PLC) steuert die Drehzahl der Beschichtungsmittelpumpe 18 so an, dass der Versorgungsdruck P1 (5 bar) im Umlaufsystem konstant gehalten wird.

[0087] Wird kein Beschichtungsmittel mehr angefordert, öffnet das Kugelventil 24 durch ein von dem Steuerungsmodul 19 (PLC) kommendes Steuersignal automatisch und gleichzeitig wird der erste Versorgungsdruck-Sollwert P1 auf den zweiten Sollwert P2 umgestellt. Das Umlaufsystem befindet sich damit im Energiesparmodus mit der minimalen Strömungsrate. Die Mindestfließgeschwindigkeit des Mediums in der Ringleitung 12 sollte für einige Lacke zum Beispiel mindestens 0,35 m/s betragen.

[0088] Vorzugsweise wird der Bypass 23 mit dem Kugelventil 24 bei einer Zeitsteuerung eingesetzt. Das Kugelventil 24 bleibt beispielsweise am Wochenende oder an Feiertagen offen, um den minimalen Versorgungsdruck im Umlaufsystem aufrechtzuerhalten.

Bezugszeichenliste

[0089]

- 10 Beschichtungseinrichtung
- 11 Abnahmestelle
- 12 Ringleitung

13	Anfang	
14	Ende	
15	Materialdruckregler	
16	Vorratsbehälter	
17	Druckbehälter	5
18	Pumpe	
19	Steuerungsmodul SPS (PLC)	
20	Drucksensor	
21	Druckminderer	
22	Druckregler	10
23	Bypass	
24	Kugelventil	
25	Druckleitung (Pressluft)	
26	Durchflussmesser	
27	Leitung (von 19)	15
28	Eingang (von 29)	
29	Druckkammer (von 15)	
30	Beschichtungsmittel	
100	Umlaufsystem	20
200	Umlaufsystem	
P	Versorgungsdruck	
P1	erster Versorgungsdruck-Sollwert	
P2	zweiter Versorgungsdruck-Sollwert	25
PS	Steuerdruck	
PS1	erster Steuerdruck	
PS2	zweiter Steuerdruck	30

Patentansprüche

- Verfahren zur Regelung eines Versorgungsdruckes (P) in einem Umlaufsystem (100; 200) für ein Beschichtungsmittel (30), umfassend:
 - eine Pumpe (18),
 - eine Beschichtungseinrichtung (10) mit wenigstens einer Abnahmestelle (11),
 - einen Materialdruckregler (15),
 - einen Vorratsbehälter (16),
 - einen Druckregler (22) und
 - ein Steuerungsmodul (19),
 wobei der Druckregler (22) dazu vorgesehen ist, mittels des Steuerungsmoduls (19) den Materialstrom der Beschichtungsmittelpumpe (18) so zu steuern, dass bei einem im Umlaufsystem (100, 200) im Beschichtungsmittel (30) geregeltem Versorgungsdruck (P) über einen vordefinierten Sollwert in Form eines Steuerdrucks (PS) der Volumenstrom am Materialdruckregler (15) geregelt wird, wobei der Steuerdruck (PS)
 - auf Basis eines im Beschichtungsmittel gemessenen physikalischen Parameters;
 - und/oder auf Basis von Strömungswiderstän-

den im Umlaufsystem (100, 200);
 - und/oder mittels einer Zeitsteuerung abhängig vom eingestellten Versorgungsdruck (P) variabel einstellbar ist, so dass im Ringleitungssystem (100, 200) eine kontinuierliche Druckregelung auf:

- einen ersten Sollwert (P1) mit einem ersten zugehörigen Volumenstrom und einem ersten Steuerdruck (PS1) und
 - wenigstens einen zweiten Sollwert (P2) mit einem zweiten zugehörigen Volumenstrom und einem zweiten Steuerdruck (PS2)
- ermöglicht wird,

dadurch gekennzeichnet, dass bei fehlendem oder reduziertem Austritt von Beschichtungsmittel (30) aus der wenigstens einen Abnahmestelle (11) der Versorgungsdruck (P) auf einen geringen Druck heruntergeregelt wird und der Steuerdruck (PS) mittels des Materialdruckreglers (15) auf den zweiten Steuerdruck (PS2) eingestellt wird, wobei der zweite Steuerdruck (PS2) und der Versorgungsdruck (P2) so gewählt sind, dass im Umlaufsystem (100, 200) ein voreingestellter Volumenstrom (Vk) realisiert wird und wobei der konstante Volumenstrom (Vk) in Abhängigkeit von den Eigenschaften des zu fördernden Beschichtungsmittels (30) so gewählt ist, dass ein zur Vermeidung von Störungen im Umlaufsystem (100, 200) minimal erforderlicher Volumenstrom (Vmin) gefördert wird.

- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Austritt von Beschichtungsmittel (30) aus der wenigstens einen Abnahmestelle (11) der Steuerdruck (PS) mittels des Materialdruckreglers (15) auf den ersten Steuerdruck (PS1) eingestellt wird, wobei der erste Steuerdruck (PS1) so gewählt ist, dass er einen Regelbetrieb der Beschichtungseinrichtung (10) mit möglichst konstantem Versorgungsdruck (P1) in der gesamten Versorgungsleitung ermöglicht.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei fehlendem Materialabfluss aus der wenigstens einen Abnahmestelle (11) ein Bypass (18) um den Materialdruckregler (15) aktiviert und solange aufrecht erhalten wird, bis die wenigstens eine Abnahmestelle (11) aktiviert wird und aus der Abnahmestelle (11) Beschichtungsmittel (30) austritt.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerdruck (PS) über den an einer Druckleitung (25) angeordneten,

vorzugsweise pneumatischen, Druckregler (22) gesteuert wird und der Materialdruckregler (15) als Staudruckregler am Ende der Leitung fungiert.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste und der zweite Steuerdruck (PS1, PS2) über einen anhand der physikalischen Parametern des Beschichtungsmittels (30) und/oder der Strömungswiderstände im Umlaufsystem (100; 200) und dem eingestellten Druck (P) erstellten Algorithmus berechnet und/oder über ein Kennlinienfeld bzw. über eine Durchflussmessung abgerufen wird. 5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Steuerdruck (PS1) und/oder der zweite Steuerdruck (PS2) und/oder der Druck (P) über eine Uhrzeit und/oder eine kalendarische Zeiteinstellung vorgewählt wird. 10
7. Umlaufsystem (100; 200) zur Applikation eines Beschichtungsmittels auf eine Oberfläche eines Bauteils, welches umfasst: 15
 - a. eine Beschichtungsmittelpumpe (18), 25
 - b. eine Beschichtungseinrichtung (10) mit wenigstens einer Abnahmestelle (11),
 - c. einen Materialdruckregler (15),
 - d. einen Vorratsbehälter (16),
 - e. einen Druckregler (22) und 30
 - f. ein Steuerungsmodul (19),

zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6. 35
8. Umlaufsystem (100, 200) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerdruck (PS) über den an der Druckleitung (25) sitzenden, vorzugsweise pneumatischen, Druckregler (22) steuerbar ist. 40
9. Umlaufsystem (100, 200) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Ringleitung (12) wenigstens ein analoger oder digitaler Durchflussmesser (26) vorgesehen ist, welcher vorzugsweise zwischen der Beschichtungseinrichtung (10) und dem Materialdruckregler (15) positioniert ist. 45
10. Umlaufsystem (100; 200) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in das Umlaufsystem (100) ein speicherprogrammierbares Steuerungsmodul (19) eingebaut ist, welches über Leitungen (27) wenigstens mit der Beschichtungsmittelpumpe (18), dem Drucksensor (20) und dem Druckregler (22) verbunden ist. 50
11. Umlaufsystem (100; 200) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die 55

Beschichtungsmittelpumpe (18) und/oder der Drucksensor (20) und/oder der Druckregler (22) und/oder der Durchflussmesser (26) kabellos durch das Steuerungsmodul (19) angebunden sind.

12. Umlaufsystem (200) nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Ringleitung (12) ein um den Materialdruckregler (15) geführter Bypass (23) angeordnet und der Bypass (23) mittels Betätigung eines Ventils (24) aktivierbar ist.
13. Umlaufsystem (100; 200) nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Materialdruckregler (15) vorzugsweise ein Gegen- druckregler mit einer variablen, wenigstens eine flexible Wandung aufweisende, Druckkammer (29) vorgesehen ist, so dass das Volumen der Druckkammer (29) variierbar ist.

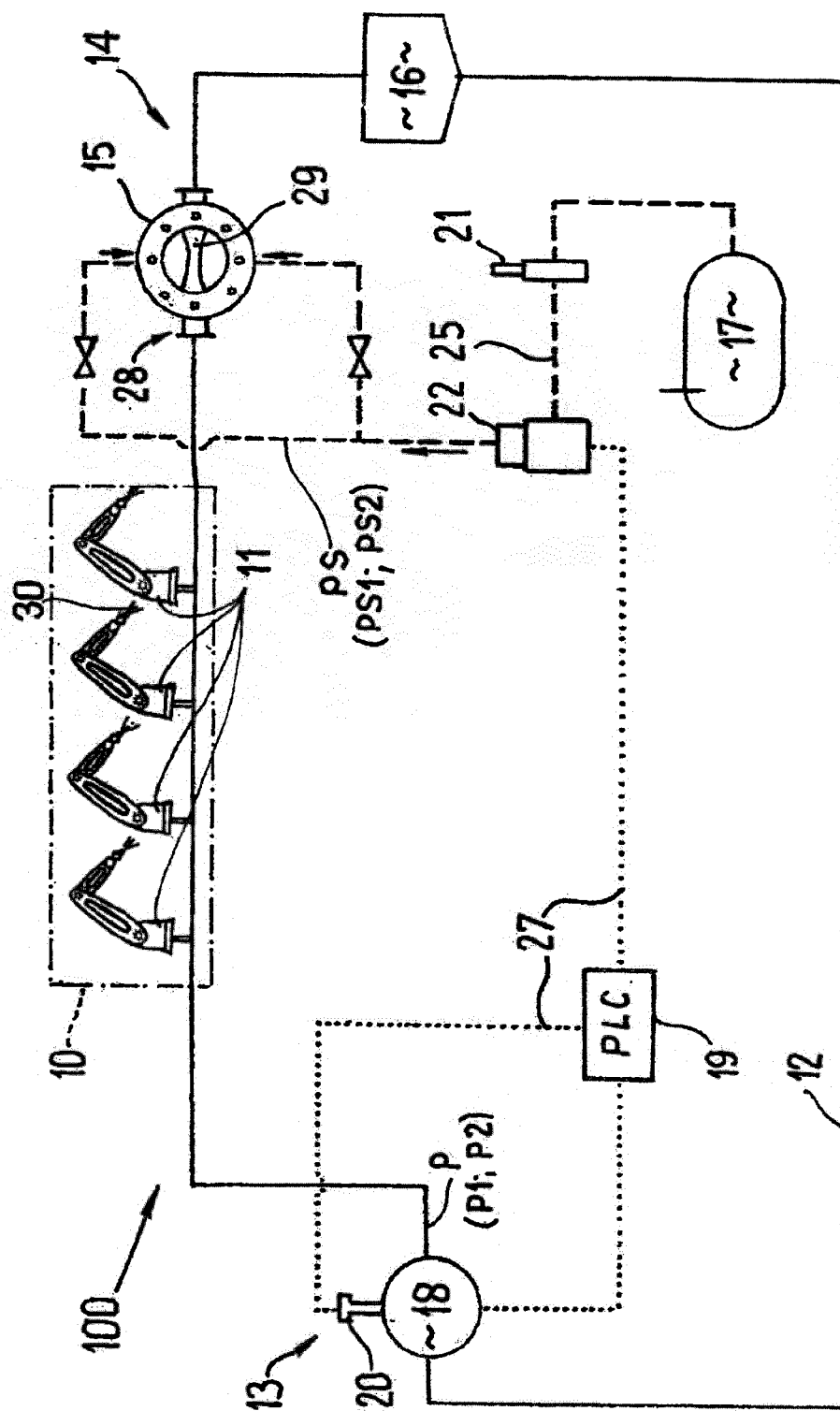


Fig. 1

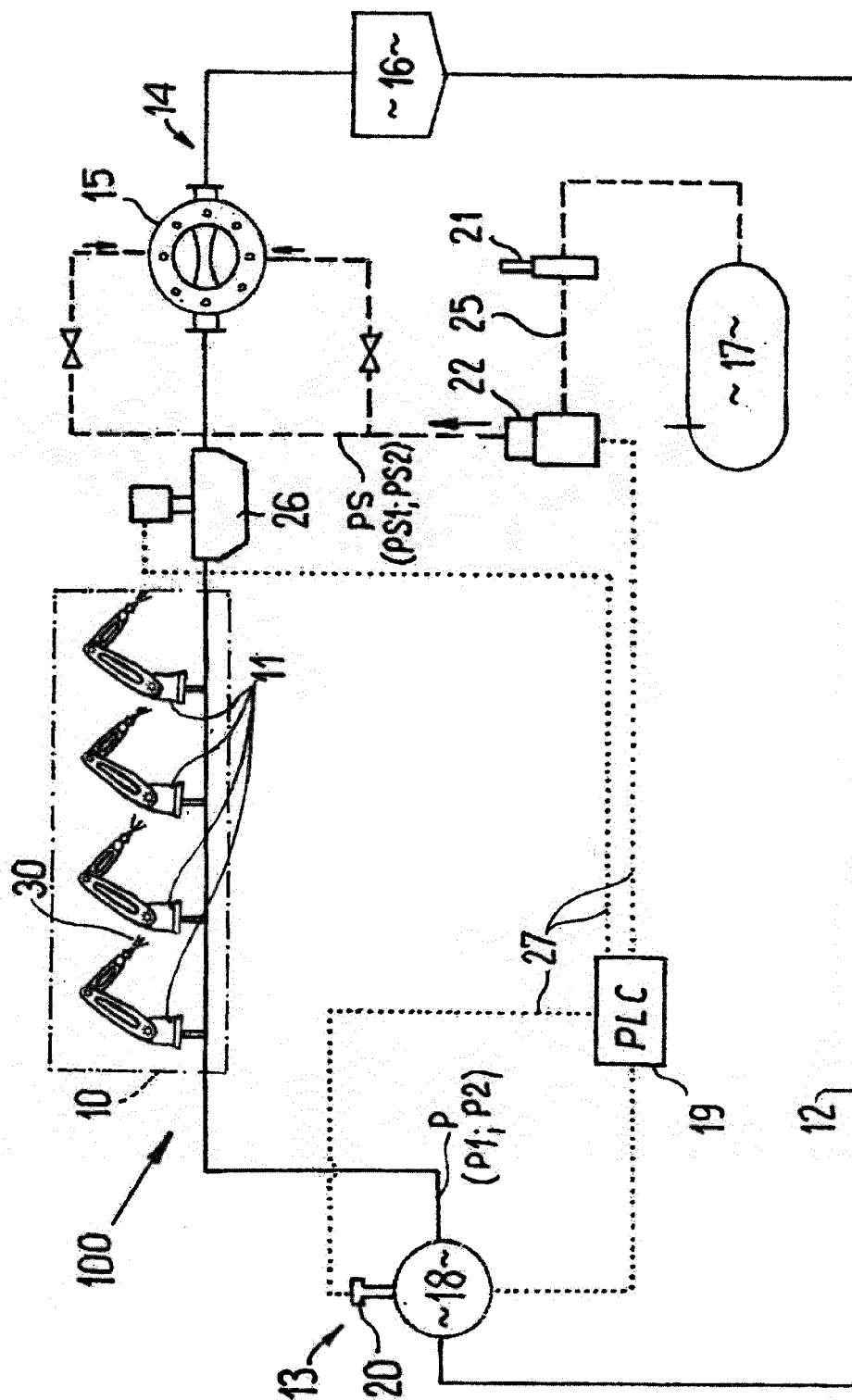


Fig. 2

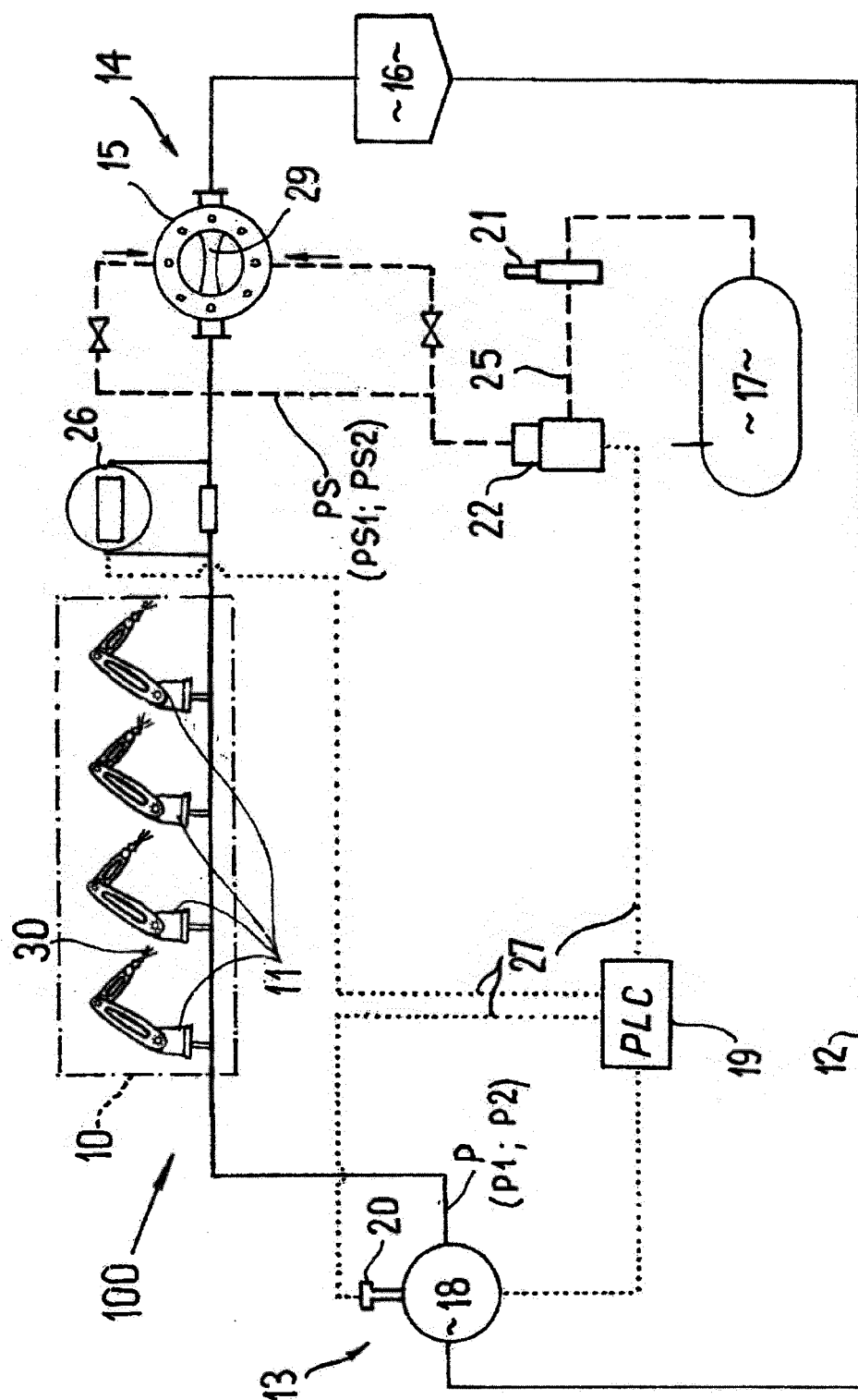


Fig. 3

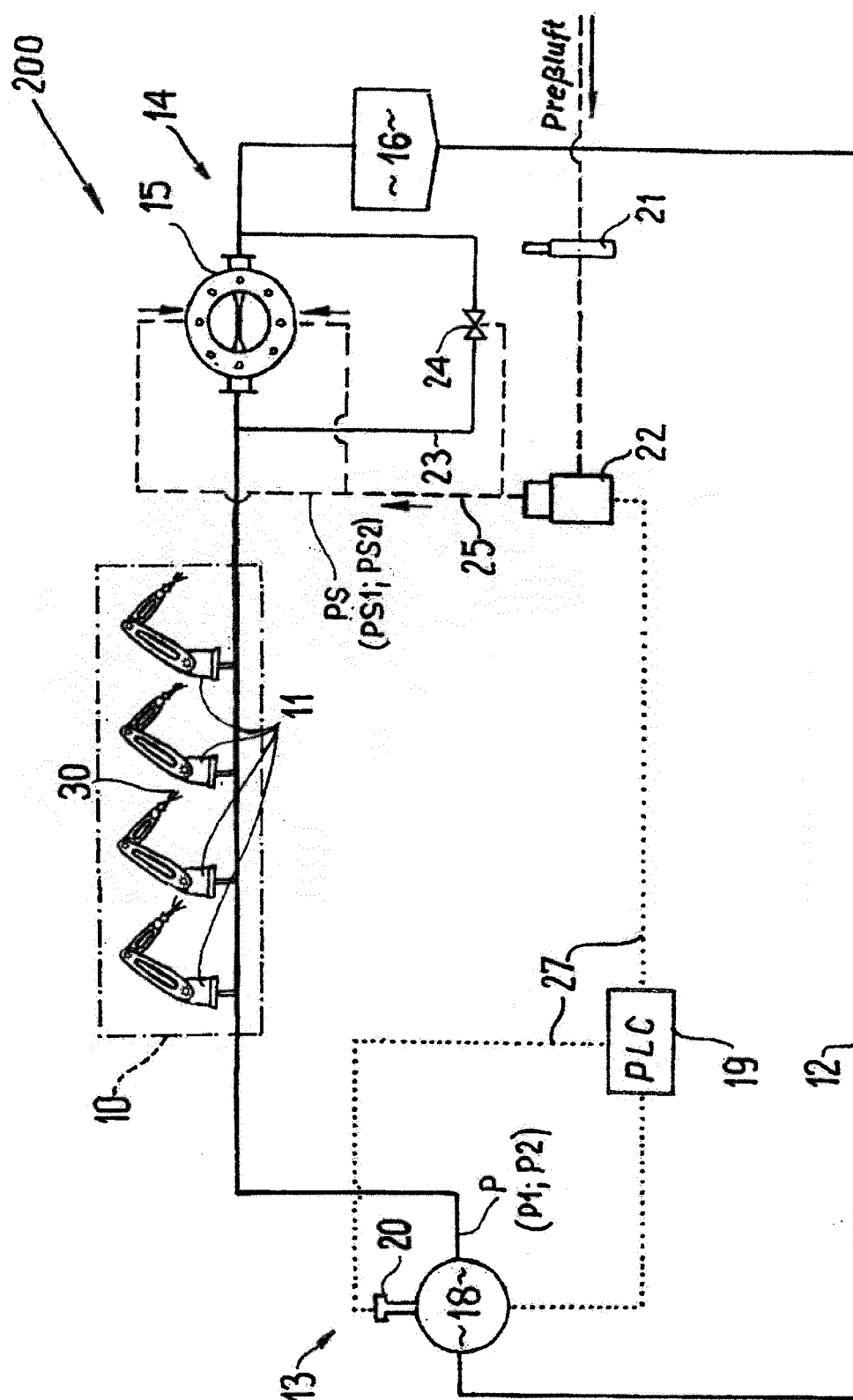


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 16 3345

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 2006/177565 A1 (BHATTACHARYA SHUBHO [US] ET AL) 10. August 2006 (2006-08-10) * das ganze Dokument *	1,7	INV. B05B9/00 B05B12/00 B05B15/00
A	DE 10 2017 110430 A1 (TIMMER GMBH [DE]) 15. November 2018 (2018-11-15) * das ganze Dokument *	1,7	
A	US 4 019 653 A (SCHERER WILLIAM C ET AL) 26. April 1977 (1977-04-26) * das ganze Dokument *	1,7	
A	EP 1 789 202 B2 (FINISHING BRANDS HOLDINGS INC [US]) 8. März 2017 (2017-03-08) * das ganze Dokument *	1,7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B05B
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		26. Mai 2020	Eberwein, Michael
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
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			

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 20 16 3345

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.

26-05-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2006177565 A1	10-08-2006	KEINE	
DE 102017110430 A1	15-11-2018	DE 102017110430 A1	15-11-2018
		EP 3401020 A1	14-11-2018
US 4019653 A	26-04-1977	KEINE	
EP 1789202 B2	08-03-2017	AT 485108 T	15-11-2010
		AU 2006291408 A1	22-03-2007
		CA 2621333 A1	22-03-2007
		CN 101262953 A	10-09-2008
		EP 1789202 A1	30-05-2007
		ES 2354726 T3	17-03-2011
		JP 5350794 B2	27-11-2013
		JP 2009507639 A	26-02-2009
		KR 20080043825 A	19-05-2008
		PT 1789202 E	18-01-2011
		TW I312296 B	21-07-2009
		US 2007075163 A1	05-04-2007
		WO 2007032827 A1	22-03-2007

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

- US 20060177565 A1 **[0015]**
- US 4019653 A **[0015]**
- DE 102017110430 A1 **[0016]**
- EP 1789202 B2 **[0017]**
- US 20060177565 A **[0038]**