

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **88112524.9**

51 Int. Cl.4: **B05B 7/14**

22 Anmeldetag: **02.08.88**

30 Priorität: **04.09.87 DE 3729714**  
**04.09.87 DE 3729705**  
**04.09.87 DE 3729728**  
**04.09.87 DE 3729746**

71 Anmelder: **Ransburg-Gema AG**  
**Mövenstrasse 17**  
**CH-9015 St. Gallen(CH)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**08.03.89 Patentblatt 89/10**

72 Erfinder: **Steiger, Peter**  
**Lederbach 7**  
**CH-9100 Herisau(CH)**

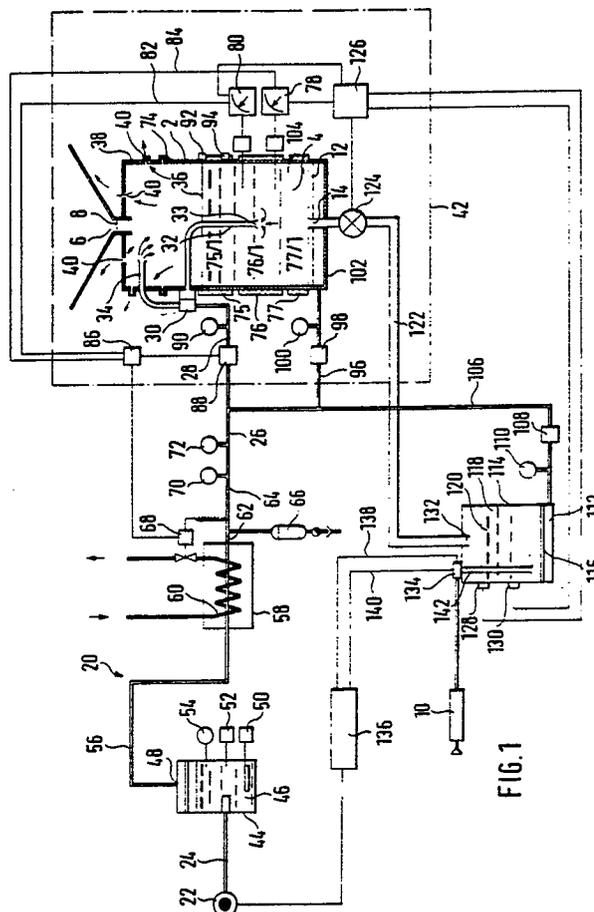
84 Benannte Vertragsstaaten:  
**DE ES FR GB IT**

74 Vertreter: **Vetter, Ewald Otto, Dipl.-Ing.(FH)**  
**Bahnhofstrasse 30**  
**D-8900 Augsburg(DE)**

54 **Pulveraufbereitungsanlage für Beschichtungspulver.**

57 Pulveraufbereitungsanlage, insbesondere für Emailpulver.

In einem Aufbereitungsbehälter (2) wird durch Zufuhr eines Druckluftstromes, welcher hinsichtlich Feuchtigkeitsgehalt und Temperatur geregelt ist, fluidisiertes Pulver auf einen bestimmten Feuchtigkeitsgehalt befeuchtet. Pulver, welches in dem Aufbereitungsbehälter (2) den richtigen Feuchtigkeitsgehalt erreicht hat, wird in einen Pulverbehälter (114) transferiert. Eine Sprühvorrichtung 10 zur elektrostatischen Sprühbeschichtung eines Gegenstandes mit Pulver erhält das Pulver aus dem Pulverbehälter (114). Dadurch ist sichergestellt, daß nur solches Pulver von der Sprühvorrichtung versprüht wird, welches die für eine elektrostatische Sprühbeschichtung optimale Feuchtigkeit hat. Der Aufbereitungsbehälter (2) enthält mehrere übereinander angeordnete, getrennt heizbare Heizzonen. Dadurch müssen im Aufbereitungsbehälter 2 nur kleinere Mengen an Pulver größeren Feuchtigkeitsgehaltsänderungen und Temperaturänderungen angepaßt werden, wenn frisches Pulver und aus Beschichtungskabinen zurückgewonnenenes Pulver in den Aufbereitungsbehälter (2) strömt.



### Pulveraufbereitungsanlage für Beschichtungspulver

Die Erfindung betrifft eine Pulveraufbereitungsanlage für Beschichtungspulver, insbesondere für Emailpulver, zum Sprühbeschichten von Gegenständen, gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Eine solche Pulveraufbereitungsanlage für Emailpulver zum Beschichten von Gegenständen ist aus der US-PS 4 500 560 bekannt. Sie enthält einen Aufbereitungsbehälter mit einem perforierten Zwischenboden, durch welchen von unten zugeführte Luft in den Behälter strömt und darin befindliches Emailpulver in einem fluidisierten Zustand hält. In Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt der Emailpulver-Luftmischung im Behälter wird Dampf in den Behälter eingeführt, um den Feuchtigkeitsgehalt des Emailpulvers auf einem bestimmten Wert zu halten. Auf dem Behälter befindet sich ein Injektor, durch welchen Fördergas zu einer Sprühvorrichtung hindurchströmt. Das Fördergas saugt im Injektor nach dem Venturi-Prinzip Pulver aus dem Aufbereitungsbehälter an und fördert es zur Sprühvorrichtung. Die Saugwirkung des Injektors kann durch Zugabe von Dosierluft variiert werden.

Eine Pulveraufbereitungsanlage für Emailpulver und für andere Beschichtungspulver nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 ist auch aus der DE-PS 36 02 388 bekannt. Sie enthält einen Aufbereitungsbehälter, in welchem sich fluidisiertes Pulver befindet. Eine längliche Glocke ist mit ihrem unten offenen Ende in das fluidisierte Pulver eingetaucht. Die Glocke ist luftdicht, so daß in ihr ein Druck entsteht, durch welchen die Füllhöhe an fluidisiertem Pulver innerhalb der Glocke niedriger ist als außerhalb der Glocke. In der Glocke befindet sich eine Vielzahl von Fluideinlässen zur Zufuhr von Dampf oder Wasser, welches durch die Fluideinlässe versprüht wird und sich mit dem fluidisierten Pulver vermischt, so daß das fluidisierte Pulver von diesem Dampf oder Wasser Feuchtigkeit annimmt.

Außerdem sind aus der FR-PS 1 347 012 mehrere Ausführungsformen von Pulverbeschichtungsanlagen für Emailpulver bekannt. Bei einer Ausführungsform wird unterhalb des zu beschichtenden Gegenstandes Dampf zur Befeuchtung des Emailpulvers erzeugt, während dieses von einer Sprühvorrichtung auf den Gegenstand gesprüht wird. Bei einer anderen Ausführungsform wird in den Sprühstrahl des von einer Sprühvorrichtung versprühten Emailpulvers über Sprühdüsen Wasser beige-mischt.

Emailpulver wird ebenso wie Kunststoffpulver und andere zur Beschichtung dienende Pulver elektrostatisch aufgeladen, damit sie längs elektrischer Feldlinien zu dem zu beschichtenden Gegen-

stand fliegen und auf diesem haften bleiben. Die zu beschichtenden Gegenstände sind normalerweise an Erdpotential angeschlossen. Einige Pulverarten, insbesondere Emailpulver, haben jedoch den Nachteil, daß sie elektrostatisch nicht so aufgeladen werden können, daß sie von einem geerdeten Gegenstand ausreichend stark angezogen werden und an ihm haften. Deshalb werden einigen Pulverarten Zusatzmittel hinzugefügt. Als wichtige Maßnahme werden Emailpulverpartikel mit Silikon beschichtet. Dadurch können sie elektrostatisch höher aufgeladen werden. Zur Verbesserung der Qualität der Pulverschicht auf einem Objekt wird das Emailpulver zusätzlich mit Wasser oder Wasserdampf befeuchtet, bevor es auf das Objekt gesprüht wird. Bei zu geringer Feuchtigkeit des Pulvers kann es elektrostatisch nicht ausreichend stark aufgeladen werden, wodurch man eine schlechte Beschichtungsqualität erhält und der Wirkungsgrad des Verfahrens schlecht ist, weil viele Pulverpartikel nicht auf das Objekt gelangen oder vom Objekt abprallen. Bei zu großer Feuchtigkeit des Pulvers haftet aber das Pulver nicht mehr ausreichend an dem zu beschichtenden Gegenstand. Maßgebend ist die elektrische Leitfähigkeit des Pulvers. Die Erzeugung eines bestimmten Feuchtigkeitsgehaltes des Pulvers dient somit dazu, die optimale elektrische Leitfähigkeit des Pulvers zu erzeugen.

Durch die Erfindung soll die Aufgabe gelöst werden, eine Pulveraufbereitungsanlage für Beschichtungspulver, insbesondere für Emailpulver, zu schaffen, mit welcher eine optimale elektrische Leitfähigkeit des Beschichtungspulvers in einem zeitlich kurzen Verfahren erzeugt werden kann.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die kennzeichnenden Merkmale von Patentanspruch 1 gelöst.

Weitere Merkmale der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

Durch die Erfindung ergeben sich folgende Vorteile: Es kann in kurzer Zeit Beschichtungspulver erzeugt werden, welches für eine elektrostatische Beschichtung eine günstige elektrische Leitfähigkeit hat. Diese behält das Pulver über lange Zeit aufrecht, beispielsweise über mehrere Wochen. Es ist in den meisten Fällen keine klimatisierte Sprühbeschichtungskabine mehr nötig. Das auf einen bestimmten Feuchtigkeitsgehalt, und damit auf eine bestimmte elektrische Leitfähigkeit, eingestellte Beschichtungspulver kann mit normaler Druckluft als Fördermedium einer Sprühvorrichtung zugeführt und von dieser elektrisch aufgeladen und versprüht werden. Durch die Verwendung von Druckluft, deren Feuchtigkeitsgehalt geregelt ist, kann der Feuchtigkeitsgehalt von Beschichtungspulver auch

dann noch in sehr engen Grenzen konstant gehalten werden, wenn der Feuchtigkeits-Sollwert des Pulvers sehr klein ist. Dies ist bei der Befeuchtung von Beschichtungspulvers mit Dampf nicht möglich, weil Dampf immer 100% Luftfeuchtigkeit hat, so daß der Feuchtigkeitsgehalt des Dampfes nicht einstellbar ist. Beim Abstellen der Dampfzufuhr dauert es mindestens 10 Minuten bis erneut Dampf gebildet werden kann, weil erst alle Leitungen aufgewärmt und Kondenswasser abgeführt werden müssen.

Die Erfindung wird im folgenden mit Bezug auf beiliegende Zeichnungen beschrieben, in welchen mehrere Ausführungsformen der Erfindung als Beispiele dargestellt sind. In den Zeichnungen zeigen

Fig. 1 eine Pulverbeschichtungsanlage mit einer Pulveraufbereitungsanlage nach der Erfindung, insbesondere für Emailpulver, welche sich für die Aufbereitung von allen fluidisierbaren Pulver eignet,

Fig. 2 eine weitere Ausführungsform einer Druckluftkonditioniereinrichtung einer Pulveraufbereitungsanlage nach der Erfindung,

Fig. 3 ein Kurvendiagramm, welches die Wasserdampf-Sättigungsgrenzen von komprimierter Luft bei verschiedenen Drücken der komprimierten Luft zeigt, wobei auf der x-Achse der "Wassergehalt in g/kg trockener Luft" und auf der y-Achse die Temperatur in °C der komprimierten Luft angegeben ist,

Fig. 4 eine weitere Ausführungsform einer Pulveraufbereitungsanlage, insbesondere für Emailpulver, nach der Erfindung, und

Fig. 5 eine nochmals weitere Ausführungsform einer Pulveraufbereitungsanlage, insbesondere für Emailpulver, gemäß der Erfindung.

Die Pulveraufbereitungsanlage nach der Erfindung wird im folgenden als Teil einer Pulverbeschichtungsanlage beschrieben. Die Pulveraufbereitungsanlage, zu welcher alle beschriebenen und dargestellten Elemente mit Ausnahme einer Sprühvorrichtung 10 gehören, kann jedoch auch bei der Pulverherstellung verwendet werden, zum Beispiel in einer Email herstellenden Mühle. Die Anwendung der Erfindung ist jedoch nicht auf eine bestimmte Pulverart beschränkt.

Die in Fig. 1 dargestellte Pulverbeschichtungsanlage nach der Erfindung enthält einen Aufbereitungsbehälter 2, in welchem Beschichtungspulver 4, zum Beispiel Emailpulver, in einem fluidisierten Zustand gehalten wird. Ein Pulvereinlaß 6 mit einem Metallabscheider und einer Siebmaschine 8 dient zur Zufuhr von frischem Pulver und von zurückgewonnenem Pulver in den Aufbereitungsbehälter 2. Das zurückgewonnene Pulver ist solches, welches von einer Sprühvorrichtung 10 versprüht wurde, jedoch nicht auf einen zu beschichtenden Gegenstand gelangte oder von diesem wieder ab-

prallte. In der Mitte eines perforierten Zwischenbodens 12 des Aufbereitungsbehälters 2 befindet sich ein Auslaß 14 zur Entnahme von aufbereitetem Pulver aus dem Aufbereitungsbehälter 2 für eine Sprühvorrichtung 10. Zurückgewonnenes Pulver kann anstatt in den Aufbereitungsbehälter 2 in einen anderen Behälter gegeben werden, zum Beispiel in einen Behälter 114, aus welchem die Sprühvorrichtung 10 mit Pulver versorgt wird.

Eine Druckgaskonditioniereinrichtung 20 hat einen an eine Druckluftquelle 22 angeschlossenen Drucklufteingang 24 und einen Ausgang 26, über welchen die Druckluftkonditioniereinrichtung 20 einen konditionierten Druckluftstrom abgibt, welcher hinsichtlich seines Feuchtigkeitsgehaltes und seiner Temperatur auf einen bestimmten Sollwert eingestellt und dadurch auf diese Werte konditioniert ist. Der Ausgang 26 der Druckgaskonditioniereinrichtung ist über eine Fluidleitung 28 an einen Injektor 30 angeschlossen, in welchem der konditionierte Druckluftstrom einen Unterdruck nach dem Venturi-Prinzip erzeugt. Durch diesen Unterdruck wird über eine Saugleitung 32, deren Einlaßöffnung 33 in der Mitte des Aufbereitungsbehälters 2 in halber Pulverhöhe liegt, Pulver aus dem Aufbereitungsbehälter 2 in den Injektor 30 gesaugt und vom Druckluftstrom über einen Fluideinlaß 34 oberhalb der Pulveroberfläche 36 des fluidisierten Pulvers 4 wieder in den Aufbereitungsbehälter 2 zurückgeführt. Nach dem Venturi-Prinzip als pneumatische Fördereinrichtung wirkende Injektoren sind bekannt, beispielsweise aus der US-PS 4 500 560. Der Aufbereitungsbehälter 2 ist durch eine Haube 38 verschlossen, welche jedoch kleine Entlüftungsöffnungen 40 hat, über welche aus dem Aufbereitungsbehälter 2 Gas entweichen kann. In der Haube 38 befindet sich der Pulvereinlaß 6 und der Fluideinlaß 34. Der Aufbereitungsbehälter 2 befindet sich in einem klimatisierten Raum 42. Die Druckluftquelle 22 ist ein übliches Druckluftnetz, welches Druckluft mit ungefähr 25 °C und einer Luftfeuchtigkeit von 5% liefert. Die Druckgaskonditioniereinrichtung 20 enthält einen Druckluftbefeuchter 44, in welchem sich Wasser 46 befindet. Druckluft strömt von der Druckluftquelle 22 über den Drucklufteingang 24 durch das Wasser 46 im Druckluftbefeuchter 44 zu dessen Ausgang 48. Das Wasser 46 wird im Druckluftbefeuchter 44 durch eine Heizung 50 und einen Thermostaten 52 auf einer höheren Temperatur als die Druckluft der Druckluftquelle 22 gehalten, beispielsweise auf 50 °C, damit die Druckluft viel Feuchtigkeit aus dem Wasser 46 aufnimmt. Ein Thermometer 54 zeigt die Wassertemperatur an. Am Ausgang 48 hat die befeuchtete Druckluft beispielsweise ungefähr 45 °C und eine Luftfeuchtigkeit von 90%. Diese befeuchtete Druckluft gelangt vom Ausgang 48 über eine Leitung 56 zu einem Kühler 58, in welchem die feuchte Druckluft auf

eine niedrigere Temperatur, beispielsweise auf 25° C, und 100% Luftfeuchtigkeit abgekühlt wird. Der Kühler 58 enthält einen von Kühlwasser durchströmten Kühlwasserkreislauf 60. In einer Ausgangsleitung 64 vom Kühlerausgang 62 zu dem Ausgang 26 der Druckgaskonditioniereinrichtung 20 befindet sich ein Zentrifugalabscheider 66 zur Abscheidung des durch die Temperaturniedrigung ausgeschiedenen Kondenswassers, ferner ein Temperaturregler 68 zur Regelung des Kühlwasserkreislaufes 60 in Abhängigkeit von der Temperatur in der Ausgangsleitung 64, sowie ein Thermometer 70 und ein Manometer 72.

Die Mantelwand 74 des Aufbereitungsbehälters 2 ist mit drei elektrischen Heizkörpern 75, 76, 77 in Form von Heizmatten umgeben, welche übereinander von der Höhe des Zwischenbodens 12 bis zur Höhe der Pulveroberfläche 36 angeordnet sind. Die Heizkörper sind einzeln regelbar. In abgewandelter Ausführungsform können die Heizkörper 75, 76, 77 statt elektrisch durch Heizwasser oder Dampf erwärmt werden. Sie dienen zur Erwärmung des fluidisierten Pulvers 4, in drei übereinander gelegenen Heizzonen 75/1, 76/1 und 77/1, um darin Wasser zu verdampfen, wenn der Feuchtigkeitsgehalt des fluidisierten Emailpulvers 4 zu hoch ist. In der obersten Heizzone 75/1 treten Schwankungen in der Feuchtigkeit des fluidisierten Pulvers infolge von über den Pulvereinlaß 6 zugeführtem frischen Pulver und zurückgewonnenem Pulver auf. In der mittleren Heizzone 76/1, in welcher sich die Einlaßöffnung 33 des Saugrohres 32 befindet, sind die Schwankungen schwächer. Am schwächsten sind die Schwankungen in der vom Pulvereinlaß 6 und dem Fluideinlaß 34 am weitesten entfernten, untersten Heizzone 77/1. Aus diesem Grunde befindet sich der Pulverauslaß 14 unter der untersten Heizzone 77/1. Dadurch kann über den Pulverauslaß 14 kontinuierlich oder diskontinuierlich Pulver entnommen werden, welches einen im wesentlichen konstanten Feuchtigkeitsgehalt hat. Kleinste Feuchtigkeitswerte können genau eingestellt und konstant gehalten werden. Durch die Aufteilung auf mehrere Heizzonen wird auch weniger Heizenergie benötigt als bei einer einzigen Heizung für den gesamten Aufbereitungsbehälter. Eine Temperaturmeßeinrichtung 78 mißt im Aufbereitungsbehälter 2 die Temperatur des fluidisierten Emailpulvers. Eine Feuchtigkeitsmeßeinrichtung 80 mißt im Aufbereitungsbehälter 2 den Feuchtigkeitsgehalt der Emailpulverpartikel im fluidisierten Emailpulver 4. In Abhängigkeit von dem Temperaturwert und dem Feuchtigkeitswert, welche von der Temperaturmeßeinrichtung 78 und der Feuchtigkeitsmeßeinrichtung 80 gemessen werden, wird über Steuerleitungen 82 und 84 ein Klimaregler 86 aktiviert. In der Fluidleitung 28 des Injektors 30 befindet sich ein Druckregler 88, welcher in Abhängigkeit vom Temperatur-

Istwert und vom Feuchtigkeits-Istwert vom Klimaregler 86 mehr oder weniger weit geöffnet oder geschlossen wird und dadurch die Zufuhr von konditionierter Druckluft zum Fluideinlaß 34 regelt. Außerdem regelt der Klimaregler 86 in Abhängigkeit vom Temperatur-Istwert und Feuchtigkeits-Istwert den Regler 68 zur Regelung des Kühlwasserkreislaufes 60 des Kühlers 58. In der Fluidleitung 28 befindet sich ein Manometer 90 zur Druckanzeige.

Die Höhe der Pulveroberfläche 36 des fluidisierten Emailpulvers 4 wird durch Niveauregler 92 und 94 geregelt, welche am Aufbereitungsbehälter 2 übereinander angeordnet sind.

Der konditionierte Druckluftstrom gelangt vom Ausgang 26 der Druckgaskonditioniereinrichtung 20 über eine Zweigleitung 96, in welcher sich ein Druckregler 98 und ein Manometer 100 befinden, in einen Zwischenraum 102 unterhalb des perforierten Zwischenbodens 12 und von diesem durch den perforierten Zwischenboden 12 zur Fluidisierung des Emailpulvers 4 in den Pulverraum 104 des Aufbereitungsbehälters 2.

Der Ausgang 26 der Druckgaskonditioniereinrichtung 20 ist außerdem über eine weitere Zweigleitung 106, welche einen Druckregler 108 und ein Manometer 110 enthält, mit einem unteren Zwischenraum 112 eines Beschichtungsbehälters 114 verbunden. Dadurch gelangt der konditionierte Druckluftstrom über einen perforierten Zwischenboden 116 in den Pulverraum 118 des Beschichtungsbehälters 114 und hält darin Emailpulver 120 in einem fluidisierten Zustand. Das Emailpulver 120 ist das Pulver, welches im Aufbereitungsbehälter 2 den gewünschten Feuchtigkeits-Sollwert und Temperatur-Sollwert erreicht hat und deshalb vom Pulverauslaß 14 über eine Transferleitung 122 in den Beschichtungsbehälter 114 überführt wurde. In der Transferleitung 122 befindet sich eine Pulverzufuhr-Steuereinrichtung 124. Diese kann eine Pumpe, ein Zellenrad oder eine andere Schleuse sein, welche von einem Steuergerät 126 derart gesteuert wird, daß Emailpulver aus dem Aufbereitungsbehälter 2 jeweils nur dann in den Beschichtungsbehälter 114 transferiert wird, wenn das Emailpulver im Aufbereitungsbehälter 2 den gewünschten Feuchtigkeitsgehalt und die gewünschte Temperatur hat, und wenn außerdem von Niveaureglern 128 und 130 die Meldung vorliegt, daß der Beschichtungsbehälter aufnahmefähig für weiteres Emailpulver ist. Da sich der Pulverauslaß 14 im Zwischenboden 12 und damit an der untersten Stelle im Aufbereitungsbehälter 2 befindet, kann dem Aufbereitungsbehälter 2 konditioniertes Emailpulver entnommen werden, ohne Qualitätseinträchtigung, während oberhalb des Pulverauslasses 14 Emailpulver durch den konditionierten Druckluftstrom in einem Rezirkulationskreislauf umläuft, welcher durch Injektor 30 mit dem Steigrohr

32 und dem Fluideinlaß 34 gebildet ist. Da sich der Pulvereinlaß 6 für frisches Emailpulver und zurückgewonnenes Emailpulver oberhalb der Pulveroberfläche 36 befindet, wird dieses Emailpulver jeweils vom Rezirkulationskreislauf erfaßt, ohne daß es das über den Pulverauslaß 14 entnommene Emailpulver hinsichtlich Temperatur oder Feuchtigkeit beeinträchtigt.

Die Transferleitung 122 gibt das konditionierte Emailpulver über einen Pulvereinlaß 132 von oben in den Beschichtungsbehälter 114. Ein zweiter Injektor 134 erhält über eine Steuereinrichtung 136 von der Druckluftquelle 22 über eine Leitung 138 Förderluft und über eine Leitung 140 Steuerluft. Die Förderluft erzeugt im Injektor 134 einen Unterdruck, durch welchen über ein Saugrohr Emailpulver 120 aus dem Beschichtungsbehälter 114 in den Injektor 134 gesaugt wird und von dort vom Förderluftstrom der Sprühvorrichtung 10 zugeführt wird.

Da der konditionierte Druckluftstrom am Ausgang 26 der Druckgaskonditioniereinrichtung 20 nicht nur zur Befeuchtung des Emailpulvers im Rezirkulationskreislauf zwischen dem Injektor 30, der Einlaßöffnung 33 und dem Fluideinlaß 34 dient, sondern auch als Druckluft zur Fluidisierung des Emailpulvers durch den perforierten Boden 12 im Aufbereitungsbehälter 2 und durch den perforierten Boden 116 im Beschichtungsbehälter 114, hat man ein hinsichtlich des gewünschten Feuchtigkeitsgehaltes und der gewünschten Temperatur sehr stabiles System, mit welchem auch kleinste Feuchtigkeitswerte und beliebige Temperaturen einstellbar sind und auf dem eingestellten Wert gehalten werden können.

Fig. 2 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Druckgaskonditioniereinrichtung 20/2 nach der Erfindung, welche alle Elemente der Druckgaskonditioniereinrichtung 20 von Fig. 1 und zusätzlich einen mit Kältemittel, anstatt mit Wasser, betriebenen Kühler 150 und eine Heizvorrichtung 152 zur Druckluftnachwärmung enthält. Soweit die Teile in Fig. 2 Teilen von Fig. 1 entsprechen, sind sie mit den gleichen Bezugszahlen versehen und werden hier nicht nochmals beschrieben. Der Kältemittelkühler 150 ist in Strömungsrichtung des Druckluftstromes stromabwärts des Kühlwassers-Kühlers 58 angeordnet. Die Heizvorrichtung 152 ist im Strömungsweg des Druckluftstromes stromabwärts des Kältemittel-Kühlers 150 in der Leitung 64 unmittelbar stromaufwärts des Ausganges 26 angeordnet. Der Zentrifugalabscheider 66 befindet sich im Strömungsweg des Druckluftstromes zwischen dem Kältemittel-Kühler 150 und der Heizvorrichtung 152 in einer Verbindungsleitung 154 zwischen diesen beiden Elementen. Ein Thermometer 156 in der Verbindungsleitung 154 zeigt die jeweilige Temperatur des Druckluftstromes an. Im Kältemittelkreis-

lauf 158 des Kältemittel-Kühlers 150 befindet sich ein Kältemittel-Kompressor 160 und ein Regler 162. Der Kältemittel-Kühler 150 dient zur Abkühlung des Druckluftstromes auf eine unter 25 °C liegende Temperatur. Der Kühlwasser-Kühler 58, welcher stromaufwärts davon angeordnet ist, dient zur Abkühlung des Druckluftstromes unter eine Temperatur, welche oberhalb von 25 °C liegt. Die Heizvorrichtung 152 enthält einen Heizkreislauf 164 mit einem Temperaturregler 166. Der Heizkreislauf 164 wird durch eine Pumpe 168 aus dem Druckluftbefeuchter 44 mit erwärmter Druckluft versorgt. Ein Manometer 170 zeigt jeweils den Druck im Heizkreislauf 164 an. Der Ausgang 48 des Druckluftbefeuchters 44 ist über eine Rückkopplungs-Fluidleitung 172 mit dem Drucklufteingang 24 verbunden. Dadurch ergibt sich eine bessere Stabilisierung in der Regelung des Druckluftstromes.

Mit der Druckluftkonditioniereinrichtung 20/6 kann mit Wasser gesättigte Druckluft in einem Bereich eingestellt werden, welcher mindestens von 3 °C bis 60 °C reicht. Durch die nachträgliche Erwärmung mit der Heizvorrichtung 152 kann der Wassergehalt im Druckluftstrom fein reguliert werden. Die Temperatur des Druckluftstromes, welcher in den Aufbereitungsbehälter 2 gelangt, sollte immer 10 ° über der Temperatur der Druckluft der Druckluftquelle 22 liegen.

Im folgenden wird mit Bezug auf Fig. 3 beschrieben, wie mit den Druckgaskonditioniereinrichtungen 20 von Fig. 1 und 20/2 von Fig. 2 Druckluft der Druckgasquelle 22 hinsichtlich Temperatur und Feuchtigkeitsgehaltes konditioniert werden kann. "Konditioniert" bedeutet hierbei die Einstellung und die Aufrechterhaltung durch entsprechende Regelung einer gewünschten Temperatur und eines gewünschten Feuchtigkeitsgehaltes des Druckluftstromes. Fig. 3 zeigt die Wasserdampf-Sättigungsgrenzen von komprimierter Luft, also den Wassergehalt in g/kg trockener Luft, in Abhängigkeit von der Temperatur in °C. Dabei ist der Wassergehalt in g/kg trockener Luft auf der x-Achse und die Temperatur in °C auf der y-Achse angegeben. Fig. 3 enthält die Druckkurven verschiedener Drücke des Druckluftstromes, nämlich bei 1 x 1,02 x 10<sup>5</sup> Pa = Atmosphärendruck, 2 x 1,02 x 10<sup>5</sup> Pa, 3 x 1,02 x 10<sup>5</sup> Pa, 4 x 1,02 x 10<sup>5</sup> Pa, 5 x 1,02 x 10<sup>5</sup> Pa, 6 x 1,02 x 10<sup>5</sup> Pa, 7 x 1,02 x 10<sup>5</sup> Pa, 8 x 1,02 x 10<sup>5</sup> Pa, 9 x 1,02 x 10<sup>5</sup> Pa, 11 x 1,02 x 10<sup>5</sup> Pa, 13 x 1,02 x 10<sup>5</sup> Pa, 16 x 1,02 x 10<sup>5</sup> Pa.

Beschreibung eines Einstellungsbeispiels: Gewünscht wird ein Druckluftstrom, welcher bei einem Druck von 8 x 1,02 x 10<sup>5</sup> Pa und einer Temperatur von 20 °C eine relative Feuchte von 60% hat. Aus dem Kurvendiagramm von Fig. 3 kann entnommen werden, daß die Wasserdampf-Sättigungsgrenze und damit der Wassergehalt von Luft 1,92 g Wasser in einem kg trockener Luft beträgt, wenn die

Luft 20 °C und einen Druck von  $8 \times 1,02 \times 10^5$  Pa hat. Der Wassergehalt von 1,92 g/kg trockener Luft entspricht einem relativen Feuchtigkeitsgehalt von 100%. Gewünscht werden bei diesem Beispiel aber nur 60%. Dies ergibt die Rechnung  $60\% = 0,6 \times 1,92 \text{ g Wasser/1 kg Luft} = 1,14 \text{ g/kg}$ .

Aus dem Kurvendiagramm von Fig. 3 kann wiederum abgelesen werden, daß sich ein Wassergehalt von 1,14 g/1 kg trockener Luft bei einem Taupunkt von 12 °C (gesättigte Luft mit Wasserdampf) ergibt. Um dies zu erreichen muß in Fig. 2 der Leistungsregler 162 des Kältemittel-Kühlers 150 auf 12 °C eingestellt werden. Dabei kann im Druckluftbefeuchter 44 eine Temperatur von 35 °C herrschen, und der Temperaturregler 68 des Kühlwasser-Kühlers 58 kann auf eine Temperatur von 20 °C eingestellt sein.

Die in Fig. 4 dargestellte weitere Ausführungsform einer Pulverbeschichtungsanlage für Emailpulver nach der Erfindung enthält einen Aufbereitungsbehälter 402 mit einem perforierten Zwischenboden 404, welcher den Behälterinnenraum in einen Pulverraum 406 und einen darunter gelegenen Druckluftraum 408 unterteilt. Frisches Emailpulver und von einer Beschichtungskabine zurückgewonnenes Emailpulver gelangt über einen Pulvereinlaß 6, in welchem sich ein Metallabscheider und eine Siebvorrichtung 8 befinden, mittig durch einen Deckel 410 in den Pulverraum 406. An den Druckluftraum 408 ist eine Druckluftkonditioniereinrichtung 412 angeschlossen, von dessen Ausgang 414 ein bezüglich Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt konditionierter Druckluftstrom in den Druckluftraum 408 strömt und von dort durch den perforierten Zwischenboden 404 in den Pulverraum 406 gelangt, wo der Druckluftstrom das Pulver 416 in einem fluidisierten Zustand hält. Überdruckgas kann über Öffnungen 40 im Deckel 410 entweichen. Die Druckgaskonditioniereinrichtung 412 ist ein Druckluft-Wasserzerstäuber, welchem über eine Wasserleitung 418 Wasser und über eine Gasleitung 420 Luft einer Druckluftquelle 22 zugeführt wird. Der Druckluftstrom der Gasleitung 420 zerstäubt das Wasser der Wasserleitung 418 und nimmt dabei einen bestimmten Prozentsatz an Wasserfeuchtigkeit auf. Ein Sensor 422 mißt den Feuchtigkeitsgehalt und die Temperatur der Emailpulverpartikel im Aufbereitungsbehälter 402 und regelt in Abhängigkeit hiervon die Temperatur und den Feuchtigkeitsgehalt des Druckluftstromes in der Druckgaskonditioniereinrichtung 412. Der Aufbereitungsbehälter 402 ist mit zwei übereinander angeordneten Heizkörpern 426 und 428 in Form von elektrischen Heizmatten an der Behälterwand 430 versehen, mit welchen die untere Hälfte als Heizzone 428/1 und die obere Hälfte als Heizzone 426/1 des Pulverraumes 406 getrennt voneinander erwärmt werden können. Dadurch kann in der un-

teren Hälfte des Pulverraumes 406 über eine Transferleitung 122 mit einer Pumpe 124 Emailpulver entnommen werden, welches hinsichtlich Feuchtigkeitsgehalt und Temperatur im Aufbereitungsbehälter 402 konditioniert wurde, während das Emailpulver in der oberen Hälfte des Pulverraumes 406 noch nicht die erforderlichen Sollwerte hinsichtlich Feuchtigkeitsgehalt und Temperatur hat. Die Temperaturschwankungen und Feuchtigkeitsgehaltsschwankungen sind in der oberen Hälfte des Pulverraumes 406 wesentlich größer als in der unteren Hälfte, weil in die obere Hälfte kontinuierlich oder diskontinuierlich frisches Emailpulver und zurückgewonnenes Emailpulver zugeführt wird. Die Höhe der Pulveroberfläche 36 im Aufbereitungsbehälter 402 wird durch an ihm vorgesehene Niveauregler 92 und 94 geregelt. Die Transferleitung 122 verbindet einen Pulverauslaß 14 des Aufbereitungsbehälters 402 mit einem mittigen Pulvereinlaß 132 eines Beschichtungsbehälters 114. Der Beschichtungsbehälter 114 hat einen perforierten Zwischenboden 116, welcher einen Druckluftraum 112 von dem darüberliegenden Pulverraum 118 des Beschichtungsbehälters 114 trennt. Eine Steuereinrichtung 136 ist an die Druckluftquelle 22 angeschlossen und führt Druckluft über eine Druckluftleitung 432 in den Druckluftraum 412, von welchem sie durch den perforierten Zwischenboden 116 in den Pulverraum 118 gelangt und dort das Pulver fluidisiert. Die Pulverhöhe im Pulverbehälter 114 wird durch ein Steuergerät 125 geregelt, welches in Abhängigkeit von Signalen von Niveaureglern 128 und 130 die Pumpe 124 steuert. Ein Injektor 134 wird über eine Fluidleitung 138 mit Förderluft der Druckluftquelle 22 durchströmt, so daß im Injektor 134 nach dem Venturi-Prinzip ein Unterdruck erzeugt wird. Der Unterdruck saugt über eine Saugleitung 142 Pulver aus dem Beschichtungsbehälter 114 und fördert es zu einer Sprühvorrichtung 10, wo das Pulver elektrostatisch versprüht wird. Zur Einstellung des Unterdruckes und damit zur Förderleistung des Injektors 134 kann diesem über eine Fluidleitung 140 und der Steuereinrichtung 136 Steuerluft von der Druckluftquelle 22 zugeführt werden.

Fig. 5 zeigt eine nochmals weitere Ausführungsform einer Pulverbeschichtungsanlage nach der Erfindung für Emailpulver. Sie enthält einen Aufbereitungsbehälter 502 mit einem perforierten Zwischenboden 504, welcher den Innenraum in einen Pulverraum 506 und einen darunter gelegenen Druckluftraum 508 unterteilt. Von einer Druckluftquelle 510 in den Druckraum 508 strömende Druckluft gelangt durch den perforierten Zwischenboden 504 in den Pulverraum 506 und fluidisiert dort Pulver 512. Die Höhe der Oberfläche 36 des Pulvers 512 wird durch Niveauregler 92 und 94 geregelt. In das Pulver 512 ist eine rinnenförmige

Glocke 520 mit ihrem nach unten zeigenden offenen Ende 522 eingetaucht. Die Glocke 520 ist luftdicht, so daß sich in ihr ein Überdruck bildet, durch welchen Pulver aus ihr verdrängt wird, so daß die Oberfläche 536 innerhalb der Glocke 520 niedriger ist als die Oberfläche 36 des Pulvers außerhalb der Glocke, und in der Glocke ergibt sich ein Glockenhohlraum 524. Durch die Glocke 520 erstreckt sich ein Rohr 526 mit einer Vielzahl von Düsen 528. An das Rohr 526 ist außerhalb des Aufbereitungsbehälters 502 eine Druckluftkonditioniereinrichtung 20/2 von Fig. 2 angeschlossen, von welcher hinsichtlich Feuchtigkeitsgehalt und Temperatur konditionierte Druckluft über die Düsen 528 in den Glockenraum 524 versprüht wird. Die feuchte Druckluft gelangt über die untere Öffnung 522 der Glocke 520 in das fluidisierte Pulver 512, wobei es sich im wesentlichen über den gesamten Behälterquerschnitt in fein dosierbaren Mengen im Pulver 512 verteilt. Kondenswasser in der Leitung 526 kann über einen Auslaß 536 abfließen. Ähnlich wie in Fig. 1 ist eine Feuchtigkeits-Meßeinrichtung 80 und eine Temperatur-Meßeinrichtung 78 vorgesehen, in Abhängigkeit von welchen über ein Steuergerät 126 und einen Klimaregler 86 der Feuchtigkeitsgehalt und die Temperatur des konditionierten Druckluftstromes in der Leitung 526 geregelt wird und außerdem der Pulvertransfer aus dem Aufbereitungsbehälter 502 über eine Transferleitung 122 und eine darin angeordnete Pumpe 124 geregelt wird. Die Transferleitung 122 überträgt Pulver aus dem Aufbereitungsbehälter 502 in einen Beschichtungsbehälter 114. Der Beschichtungsbehälter 114, ein Injektor 134 und eine Sprühvorrichtung 10 zur elektrostatischen Beschichtung von Gegenständen sind in der gleichen Weise ausgebildet und angeordnet wie die mit gleichen Bezugszahlen versehenen korrespondierenden Teile der Fig. 1 und 4, weshalb diese Teile hier nicht nochmals im einzelnen beschrieben werden. Ebenso wie bei der Ausführung nach Fig. 4 ist auch der Aufbereitungsbehälter 502 von Fig. 5 mit zwei übereinander angeordneten Heizkörpern 426 und 428 zur zonenweisen Feuchtigkeitsregulierung des Emailpulvers in Heizzonen 426/1 und 428/1 des Aufbereitungsbehälters 502 versehen.

Alle Ausführungsformen der Erfindung haben folgende Vorteile:

1. Die Verwendung von Druckluft mit geregelter Feuchtigkeitsgehalt und geregelter Temperatur ermöglicht sehr genaue Einstellungen des Feuchtigkeitsgehaltes, und damit der elektrischen Leitfähigkeit, des Beschichtungspulvers auch dann, wenn der Feuchtigkeitsgehalt des Beschichtungspulvers sehr gering sein muß und trotzdem in sehr engen Grenzen geregelt werden muß.

Die Aufteilung des Aufbereitungsbehälters 2 bzw. 402 bzw. 502 in mehrere übereinander gelegene, getrennt regelbare Heizzonen ermöglicht die kontinuierliche Abfuhr von konditioniertem Beschichtungspulver und die kontinuierliche Zufuhr von zurückgewonnenem Pulver aus Beschichtungskabinen in den Aufbereitungsbehälter, sowie die kontinuierliche oder diskontinuierliche Zufuhr von frischem Pulver in den Aufbereitungsbehälter, ohne die Qualität hinsichtlich Feuchtigkeit und Temperatur des aus dem Aufbereitungsbehälter entnommenen Pulvers zu beeinträchtigen.

3. Die Verwendung eines vom Aufbereitungsbehälter getrennten Pulver- oder Beschichtungsbehälters 114 hat den Vorteil, daß der Sprühvorrichtung 10 garantiert nur Pulver zugeführt wird, welches den genauen Wert an Feuchtigkeitsgehalt und Temperatur hat, unabhängig von Schwankungen des Feuchtigkeitsgehaltes und der Temperatur des Pulvers im Aufbereitungsbehälter 2 bzw. 402 bzw. 502.

4. Emailpulver wird gemäß der Erfindung mit einem Feuchtigkeitsgehalt im Bereich von 0,04 bis 0,08 Gewichts-% versehen, vorzugsweise mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 0,06 Gewichts-%, also "0,06 g Wasser pro 100g trockenem Pulver". Dadurch können alle Emailpulverpartikel ausreichend elektrostatisch aufgeladen werden, und sie haften gut in Form einer glatten Schicht auf einem beschichteten Gegenstand.

Unter dem Begriff "trockenes Pulver" ist im Rahmen der Erfindung Pulver zu verstehen, welches einen Trockengehalt hat, der erreicht wird, wenn Pulver ungefähr 10 Stunden in einem offenen Gefäß mit einer Temperatur von mindestens 100° C erwärmt wird, vorzugsweise mit einer Temperatur von ungefähr 120° C.

#### 40 Ansprüche

1. Pulveraufbereitungsanlage für Beschichtungspulver, insbesondere für Emailpulver, zum Sprühbeschichten von Gegenständen,

- 45 - mit einem Aufbereitungsbehälter (2; 402; 502), in welchem Pulver in einem fluidisierten Zustand gehalten wird,
- mit einem Pulvereinlaß (6) zur Zufuhr von Pulver in den Aufbereitungsbehälter,
- 50 - mit einem Pulverauslaß (14) zur Entnahme von aufbereitetem Pulver aus dem Aufbereitungsbehälter für eine Sprühvorrichtung (10),
- mit einer Einrichtung zur Erzeugung eines bezüglich des Feuchtigkeitsgehaltes konditionierten Fluides, welches einen vorbestimmten Feuchtigkeitsgehalt hat, und
- 55 - mit einem Fluideinlaß (34; 528) zur Zufuhr des konditionierten Fluides in den Aufbereitungsbehälter.

ter in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt des fluidisierten Pulvers im Aufbereitungsbehälter, **dadurch gekennzeichnet,**

daß die Einrichtung (20; 20/2; 412) zur Erzeugung des konditionierten Fluides eine Druckgaskonditioniereinrichtung ist, welche als Fluid einen mit Wasser angereicherten und auf einen bestimmten Flüssigkeitsgehalt konditionierten Druckluftstrom erzeugt, der über den Fluideinlaß (34; 528) in den Aufbereitungsbehälter (2; 402; 502) strömt.

2. Pulveraufbereitungsanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Druckgaskonditioniereinrichtung (20; 20/2) folgendes enthält:

- einen Druckluftbefeuchter (44) mit Wasser, der einen Einlaß (24) für Druckluft aus einer Druckluftquelle (22) und einen Auslaß (48) für feuchte Druckluft aufweist, die Feuchtigkeit aus dem Wasser während des Hindurchströmens durch das Wasser aufgenommen hat, bei einer Temperatur, die höher ist als die Temperatur im Aufbereitungsbehälter (2; 402; 502),

- mindestens eine Kühleinrichtung (58, 150) zum Ausscheiden von Wasser aus der feuchten Druckluft durch Abkühlen der feuchten Druckluft auf eine Temperatur, die gleich oder höher ist wie die Temperatur im Aufbereitungsbehälter, jedoch niedriger als im Druckluftbefeuchter (44).

3. Pulveraufbereitungsanlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Aufbereitungsbehälter (2; 402; 502) mindestens zwei Heizvorrichtungen (75, 76, 77; 426, 428) für getrennt heizbare Heizzonen (75/1, 76/1, 77/1; 426/1, 428/1) aufweist, in welchen sich das fluidisierte Pulver befindet, daß sich der Pulvereinlaß (6) in der Nähe einer (75/1; 426/1) dieser Heizzonen befindet, und daß sich der Pulverauslaß (14) in einer Heizzone (77/1; 428/1) befindet, welche von der in der Nähe des Pulvereinlasses (6) gelegenen Heizzone (75/1; 426/1) am weitesten entfernt ist.

4. Pulveraufbereitungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß der Aufbereitungsbehälter (2) mit einem Rezirkulationskreislauf (4, 30, 32, 34) für das fluidisierte Pulver versehen ist, welcher aus dem Aufbereitungsbehälter (2) Pulver entnimmt, dann mit konditionierter Druckluft vermischt, und anschließend wieder in den Aufbereitungsbehälter (2) zurückführt.

5. Pulveraufbereitungsanlage nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,**

daß der Rezirkulationskreislauf (32, 30, 34) für das fluidisierte Pulver einen Injektor (30) mit einem Saugrohr (32) aufweist, dessen Einlaß (33) in das Pulver im Aufbereitungsbehälter (2) hineinragt, und daß ein bezüglich seines Feuchtigkeitsgehaltes konditionierter Druckluftstrom, welcher von der

Konditioniereinrichtung (20) erzeugt wird, als Fördergasstrom durch den Injektor (30) derart geleitet wird, daß er im Injektor durch Venturi-Wirkung über das Saugrohr (32) Pulver aus dem Aufbereitungsbehälter (2) ansaugt und über einen Fluideinlaß (34) wieder in den Aufbereitungsbehälter (2) zurückfördert und dabei Feuchtigkeit an das Pulver abgibt.

6. Pulveraufbereitungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß ein Teil des hinsichtlich Feuchtigkeitsgehalt konditionierten Druckluftstromes vor dem Aufbereitungsbehälter (2) abzweigt und über eine Zweigleitung (96) in den unteren Bereich des Aufbereitungsbehälters (2) als Fluidisierluft zur Fluidisierung des Pulvers im Aufbereitungsbehälter geführt ist.

7. Pulveraufbereitungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß ein Feuchtigkeitssensor (80) zur Messung des Feuchtigkeitsgehaltes der Pulverpartikel im Aufbereitungsbehälter (2; 402; 502) vorgesehen ist, und daß sich in einer Gasleitung (28), welche die Druckgaskonditioniereinrichtung (20; 20/2) mit dem Fluideinlaß (34) verbindet, ein Druckregler (88) befindet, welcher die Zufuhr von konditionierter Druckluft in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt der Pulverpartikel im Aufbereitungsbehälter (2) regelt.

8. Pulveraufbereitungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Druckgaskonditioniereinrichtung (20; 20/2) einen Temperaturregler (78) zur Regelung der Temperatur des konditionierten Druckgasstromes in Abhängigkeit von der Temperatur des fluidisierten Pulvers im Aufbereitungsbehälter (2) enthält.

9. Pulveraufbereitungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß an den Pulverauslaß (14) des Aufbereitungsbehälters (2; 402; 502) über eine Pulverzufuhr-Steuer-einrichtung (124, 126) ein Zwischenbehälter (114) angeschlossen ist, welchem bezüglich des Feuchtigkeitsgehaltes konditioniertes Pulver aus dem Aufbereitungsbehälter (2; 402; 502) zugeführt wird und aus welchem das Pulver entnommen und der Sprühhvorrichtung (10) zugeführt wird.

10. Pulveraufbereitungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß der Feuchtigkeitsgehalt von Emailpulver im Aufbereitungsbehälter (2; 402; 502) auf einen Sollwert im Bereich von 0,04 bis 0,08 Gew.-% (0,04 g bis 0,08 g Wasser pro 100 g trockenem Emailpulver) geregelt wird, vorzugsweise auf einen Feuchtigkeitsgehalt-Sollwert von ungefähr 0,06 Gew.-%.

11. Verfahren zum elektrostatischen Sprühbeschichten von Gegenständen mit Emailpulver,  
**gekennzeichnet durch**

die Verwendung von Emailpulver mit einem Feuchtigkeitsgehalt im Bereich von 0,04 bis 0,08 Gewichts-% Feuchtigkeit (0,04 bis 0,08 g Feuchtigkeit pro 100 g trockenem Emailpulver), vorzugsweise ungefähr 0,06 Gewichts-% Feuchtigkeit.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

9

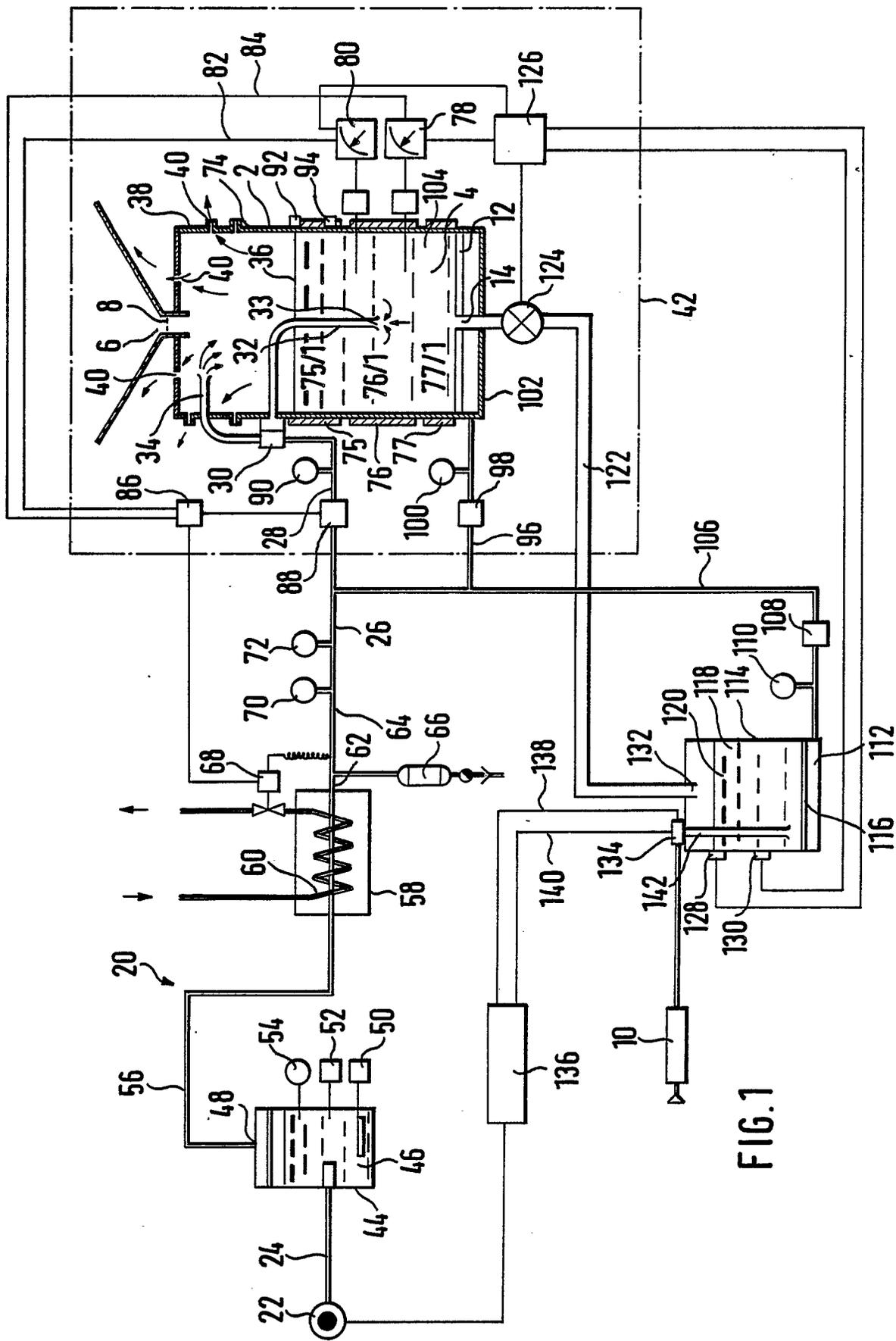


FIG. 1

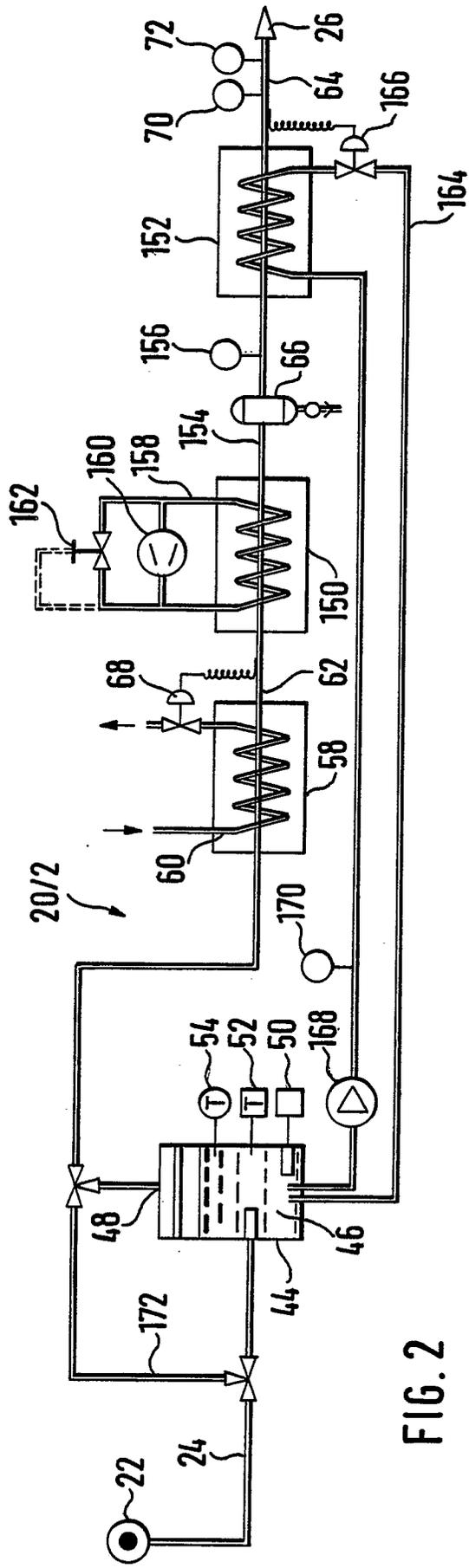


FIG. 2

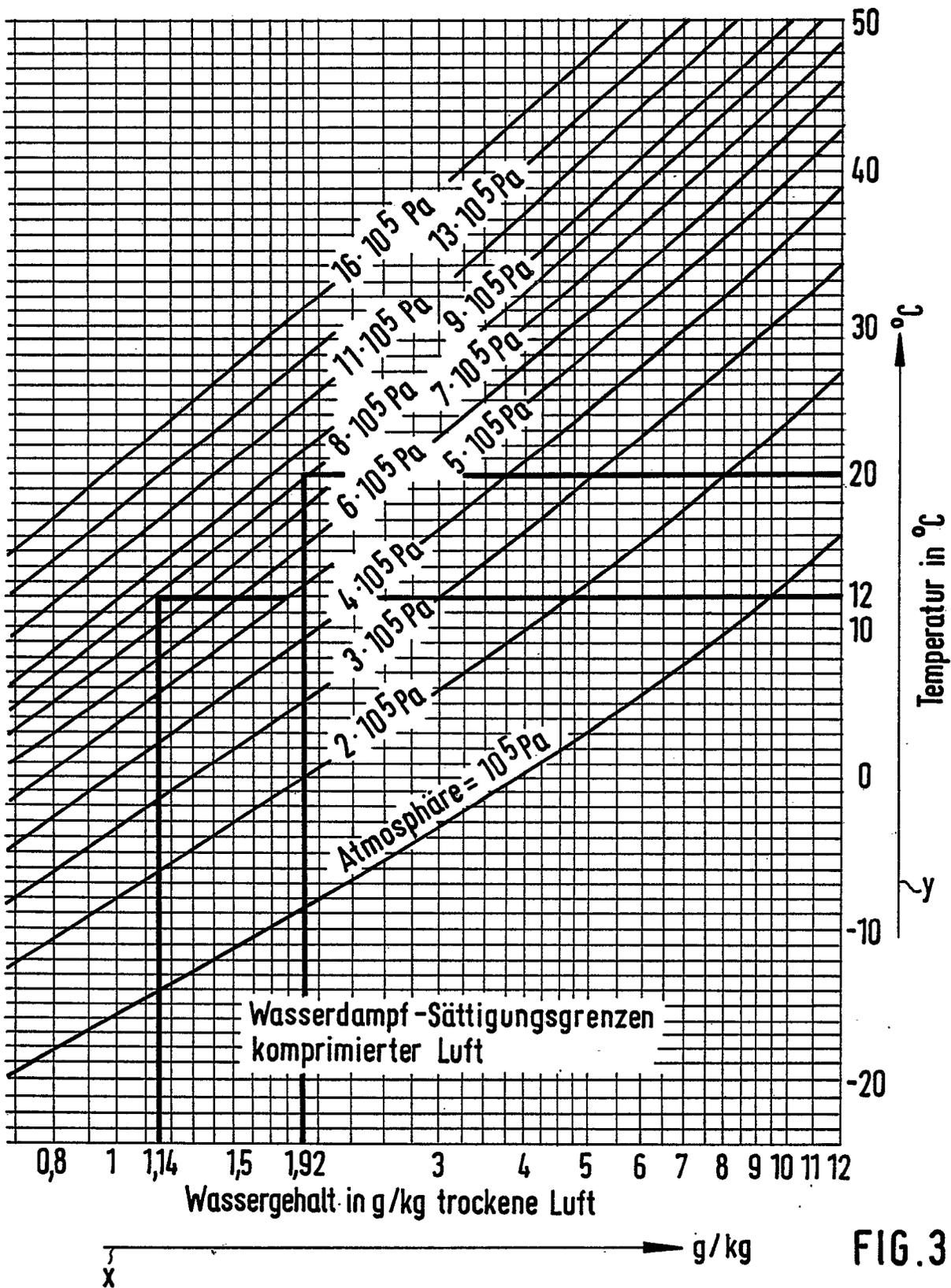


FIG. 3



FIG. 5

