



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 167 908 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.01.2002 Patentblatt 2002/01

(51) Int Cl.7: **F26B 21/08**

(21) Anmeldenummer: **01114615.6**

(22) Anmeldetag: **19.06.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **DaimlerChrysler AG**
70567 Stuttgart (DE)

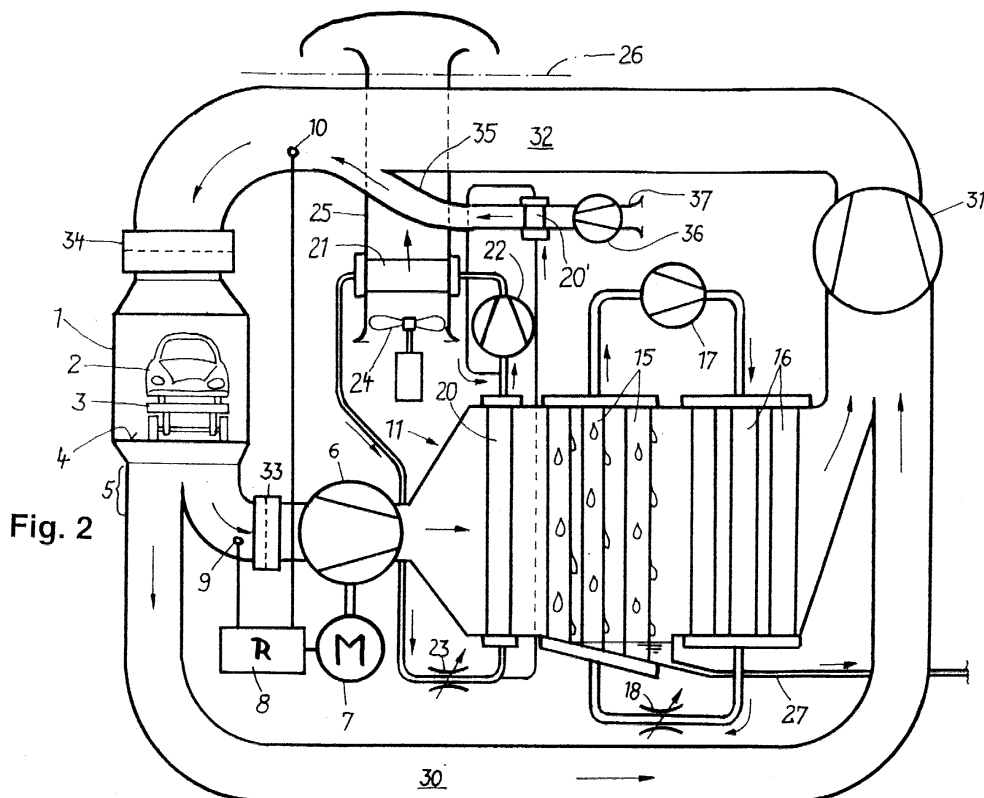
(72) Erfinder: **Speck, Hans-Joachim**
71034 Böblingen (DE)

(30) Priorität: **21.06.2000 DE 10030383**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum nicht-thermischen Trocknen von mit einem Wasserbasislack frisch lackierten Gegenständen, insbesondere Kraftfahrzeugkarosserien**

(57) Die zu trocknenden Gegenstände (2) werden in einem Trockentunnel (1) mit trockener Luft zwangskonvektiv beaufschlagt und die feuchtigkeitsbeladene Luft in einer Lufttrocknungseinrichtung (11) auf kondensativem Wege auf einen bestimmten Zielwert von absoluter Restfeuchtigkeit getrocknet. Um Schwankungen im Feuchtigkeitsangebot trägheitsarm ausregulieren zu

können, wird nur ein Anteil der zirkulierten Luft, der in seiner Größe bedarfsabhängig angepaßt wird, in der Lufttrocknungseinrichtung (11) bei unverändert hoher Kondensationsleistung auf eine deutlich unterhalb der Umluft-Zielfeuchte liegende Restfeuchtigkeit getrocknet und der verbleibende, unbehandelte Teil der zirkulierten Luft nach Vermischen mit dem getrockneten Teil-luftstrom in das Trocknergehäuse (1) zurückgeleitet.



EP 1 167 908 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren und einer Vorrichtung zum nicht-thermischen Trocknen von mit einem Wasserbasislack frisch lackierten Gegenständen, insbesondere von Kraftfahrzeugkarosserien nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 (Verfahren) bzw. dem von Anspruch 16 (Vorrichtung), wie beides beispielsweise aus der DE 196 44 717 A1 als bekannt hervorgeht.

[0002] Serienmäßig lackierte Gegenstände, insbesondere Fahrzeugkarosserien werden in mehreren Lagen lackiert, wobei aus Umweltschutz-Gründen zumindest für die Grundierung und die Füllerlackierung meist Wasserbasislacke verwendet werden. Diese Lacke lassen sich jedoch nicht naß in naß applizieren, sondern es muß vor jeder folgenden Applikation einer weiteren Lackschicht die zuvor aufgetragene Wasserbasislackschicht auf bestimmte maximal zulässige Restfeuchten von etwa 5 bis 10 Gew.-% getrocknet werden. Höhere Restfeuchten würden beim abschließenden thermischen Einbrennen des gesamten Lagenverbundes der Lacke zu Aufbrüchen des Lackes führen, weil die Menge des aus der Restfeuchte freigesetzte Wasserdampfes nicht durch den Lagenverbund schnell genug hindurchdiffundieren kann.

[0003] Bisher erfolgt das Zwischentrocknen der einzelnen Lagen insbesondere von Wasserbasislacken auf thermischem Wege in einem Trockentunnel, bei dem der Lack auf den Fahrzeugkarosserien durch heiße Umluft und/oder durch Wärmestrahler erwärmt und so das enthaltene Wasser vorsichtig verdampft wird. Die feuchtigkeitsbeladene Abluft wird - eventuell nach einer Wärmerückgewinnung - als ganzes dem Trocknungsprozeß entzogen. Dies ist ein sehr energie-intensiver Trocknungsvorgang, zumal nicht nur die Trocknungsluft laufend auf hohe Temperaturwerte, sondern auch die Fahrzeugkarosserien zunächst aufgeheizt und anschließend wieder abgekühlt werden müssen.

[0004] Deshalb hat man sich ein weniger energie-intensives Trocknungsverfahren zumindest für Wasserbasislacke überlegt, welches im Prinzip in der eingangs genannten Druckschrift beschrieben ist. Im Ansatz ist dieser Vorschlag richtig. Ein darin nicht gelöstes Problem besteht in einem unterschiedlichen Anfall von Feuchtigkeit auf seiten der frisch lackierten Gegenstände. Im Produktionsalltag werden die frisch lackierten Gegenstände nicht in stets gleichbleibender zeitlicher Folge in die Lacktrocknungsanlage eingebracht, sondern es ist diesbezüglich mit einem Wechsel, z.B. mit mehr oder weniger langen Unterbrechungen oder mit einem Neubeginn der Produktion zu rechnen.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, das gattungsgemäß zugrundegelegte Verfahren bzw. die entsprechende Vorrichtung dahingehend zu verbessern, daß auch bei einem unterschiedlichen und vor allem rasch wechselnden Angebot von Feuchtigkeit auf seiten der lackierten Gegenstände diese stets auf eine bestimmte Ziel-

Restfeuchte getrocknet werden können und gleichwohl eine konstante Aufenthaltszeit der lackierten Gegenstände in der Lacktrocknungsanlage eingehalten werden kann. Eine Überschreitung der Ziel-Restfeuchte im getrockneten Lack, also ein unzureichendes Trocknen des Lackes, verursacht beim späteren Lackeinbrennen Lackaufbrüche mit zeit- und kostenintensiver Nacharbeit und mit schwerwiegenden logistischen Problemen. Andererseits soll die Lackierung nicht übergetrocknet werden, weil dies für eine gute Anbindung der nachfolgend applizierten Lackschicht ungünstig ist. Abgesehen davon wäre ein Übergetrocknen auch unter Energie- und Kostengesichtspunkten unwirtschaftlich. Andererseits kann aus logistischen Gründen eine unterschiedliche Aufenthaltszeit der Lackierten Gegenstände in der Lacktrocknungsanlage nicht zugelassen werden.

[0006] Die genannte Aufgabe wird bei Zugrundelegung des gattungsgemäßen Verfahrens bzw. der Vorrichtung erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1 (Verfahren) bzw. die von Anspruch 16 (Vorrichtung) gelöst.

[0007] Entscheidend für eine zuverlässige Einhaltung der Zielrestfeuchte zumindest in einem zulässigen Toleranzfeld ist eine rasche Anpassung der Trocknungsleistung der Anlage an das wechselnde Feuchtigkeitsangebot. Eine rasche Anpassung wird erfindungsgemäß luftseitig durch eine Veränderung eines getrockneten und eines unbehandelten Teilluftstromes erreicht. Bei hohem Feuchtigkeitsangebot auf seiten der lackierten Gegenstände wird ein hoher getrockneter Luftanteil gefahren; der unbehandelte Umluftanteil ist entsprechend geringer. Bei geringem Feuchtigkeitsangebot ist es umgekehrt; dann wird der getrocknete Luftanteil zugunsten des unbehandelten Umluftanteils reduziert. Die Lufttrocknungseinrichtung ist mit ihrer Trockenleistung so ausgelegt, daß auch bei maximal erforderlichem, getrocknete Teilluftstrom mit Sicherheit noch die Umluft-Zielfeuchte eingehalten werden kann. Bei reduziertem Anteil an zu trocknender Luft wird die Luft zwar aufgrund der installierten Trocknerkapazität gegenüber dem oben erwähnten Zustand übergetrocknet, was jedoch aufgrund der Vermischung mit dem unbehandelten Anteil nicht schädlich ist; in jedem Fall kann kurzfristig die gewünschte Umluft-Zielfeuchte eingehalten werden. Eine Übergetrocknung der getrockneten Luft ist aus energetischen Gesichtspunkten ohne weiteres vertretbar, weil die Energiebilanz auch bei übergetrocknetem Anteil nicht wesentlich anders ausfällt als im Auslegungsfall. Es muß lediglich einmal eine entsprechende Kapazität einer Trocknungsleistung installiert werden.

[0008] Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung können den jeweiligen Unteransprüchen entnommen werden; im übrigen ist die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels nachfolgend noch erläutert; dabei zeigen:

Fig. 1 ein schematisch dargestelltes Ausführungsbeispiel einer Tunneltrockenanlage zum nicht-

thermischen, zweistufigen Trocknen eines auf Kraftfahrzeugkarosserien frisch applizierten Wasserbasislackes und

Fig. 2 die Lufttrocknungseinrichtung der Anlage nach Figur 1 in detailreicherer Darstellung und mit zugehörigen Peripheriegeräten.

[0009] Die Figuren zeigen eine Verfahrensanlage zum nicht-thermischen Trocknen von mit einem Wasserbasislack frisch lackierten Gegenständen, z.B. von Kraftfahrzeugkarosserien 2, die auf Karosserieträgern 3 aufgelagert sind, welche ihrerseits auf dem luftdurchlässigen Boden 4 eines Trockentunnels 1, 1' mit konstanter Fördergeschwindigkeit durch diesen hindurchbefördert werden. Dabei handelt es sich beim dargestellten Ausführungsbeispiel um einen zweistufigen Trockentunnel mit zwei aneinander anschließenden, aber voneinander abschottbaren Tunnelabschnitten 1 und 1' einer ersten bzw. einer zweiten Trockenstufe. Vor und hinter den Tunnelabschnitten der beiden Trockenstufen ist jeweils eine ebenfalls abschottbare Schleusenkammer 14 bzw. 14' vorgesehen. Das Abschotten der Tunnelabschnitte untereinander bzw. zu den Schleusenkammern kann durch Hubtore oder durch quer bewegliche Schiebetore geschehen.

[0010] Die dargestellte Lacktrocknungsanlage enthält für ein nichtthermisches Trocknen eine Lufttrocknungseinrichtung 11, der die feuchtigkeitsbeladene Luft aus dem Trockentunnel über einen Abluftstrang und ein Sauggebläse 6 zugeführt wird. In der Lufttrocknungseinrichtung ist eine Kältefalle 15 enthaltend, an der die Feuchtigkeit der Luft kondensativ entzogen wird. Die getrocknete Luft kann mittels eines Zuluftgebläses 31 über eine Zuluftleitung 32 in den Trockentunnel zurückgeleitet werden.

[0011] Die zu trocknenden Karosserien werden an dem einen Ende in den Trockentunnel eingeschleust, die Oberflächen der Gegenstände darin mit trockener Luft zwangskonvektiv beaufschlagt und nach dem Trocknen der Lackierung die Karosserien aus dem Trockentunnel ausgeschleust. Nach dem Durchtritt der Luft durch den Trockentunnel wird die feuchtigkeitsbeladene Luft daraus abgesaugt, der Luft in der Lufttrocknungseinrichtung 11 die enthaltene Feuchtigkeit auf kondensativem Wege entzogen und die Luft so auf einen bestimmten Zielwert von absoluter Restfeuchtigkeit - im folgenden "Umluft-Zielfeuchte" genannt - getrocknet und wieder in den Trockentunnel eingeblasen.

[0012] Aufgrund des Trocknungsprozeß' bzw. in der Trocknungsanlage soll der auf den Fahrzeugkarosserien applizierte Lack auf eine bestimmte, stets gleichbleibende Ziel-Restfeuchte getrocknet werden. Jedoch ist auf seiten der lackierten Fahrzeugkarosserien aufgrund unterschiedlicher Beladungsdichte im Trockentunnel mit einem unterschiedlichen und u.U. auch rasch wechselnden Angebot von Feuchtigkeit zu rechnen. Aus logistischen Gründen kann eine unterschiedliche Aufent-

haltszeit der lackierten Fahrzeugkarosserien im Trockentunnel nicht zugelassen werden.

[0013] Um das wechselnde Feuchtigkeitsangebot in der Lufttrocknungseinrichtung trägheitsarm ausregulieren zu können, sind erfindungsgemäß eine Reihe von Maßnahmen vorgesehen. Vom Abluftstrom zweigt an der Verzweigungsstelle 5, d.h. noch vor dem Sauggebläse 6 eine By-Pass-Leitung 30 ab, die die Lufttrocknungseinrichtung 11 umgeht und somit Luft unbehandelt zum Zuluftgebläse 31 leitet. Das Sauggebläse 6 fördert demgemäß nur einen maximal etwa 60 Vol.-% der insgesamt zirkulierten Luft betragenden Anteil der insgesamt zirkulierten Luft durch die Lufttrocknungseinrichtung 11 hindurch. Aufgrund eines drehzahlveränderbaren Antriebes 7 des Sauggebläses ist dieser Anteil rasch variabel. Die Lufttrocknungseinrichtung ist so dimensioniert und ausgelegt, daß bei maximaler Feuchtigkeitsbelastung der Abluft und bei maximaler Beaufschlagung der Lufttrocknungseinrichtung die darin behandelte Luft auf einen deutlich geringeren, vorzugsweise den halben Wert der Umluft-Zielfeuchte trockenbar ist. Die durch die By-Pass-Leitung strömende, unbehandelte Luft und die an der Lufttrocknungseinrichtung austretende, getrocknete Luft vereinigen sich vor dem Zuluftgebläse wieder, so daß die getrocknete und die unbehandelte Luft im Zuluftgebläse gemischt und gemeinsam dem Trockentunnel wieder zugeleitet werden.

[0014] Mittels eines zuluftseitigen (10) und eines abluftseitigen Feuchtigkeitsfühler 9 werden Feuchtigkeitsdaten der zirkulierten Luft an den betreffenden Stellen erfaßt und diese Meßdaten in einem Regler 8 verarbeitet. Der Regler verändert selbsttätig derart die Antriebsdrehzahl des Sauggebläses bzw. dessen Förderleistung, daß die gewünschte Umluft-Zielfeuchte zuluftseitig eingehalten werden kann.

[0015] Aufgrund dieser Ausgestaltung der Lacktrocknungsanlage wird bei unverändert hoher Kondensationsleistung in der Lufttrocknungseinrichtung 11 der getrocknete Teilluftstrom auf eine unterhalb der Umluft-Zielfeuchte liegende Restfeuchtigkeit getrocknet und der verbleibende, unbehandelte Teil der zirkulierten Luft nach Vermischen mit dem getrockneten Teilluftstrom in das Trocknergehäuse zurückgeleitet. Dadurch ist eine rasche Anpassung der Trocknungsleistung der Anlage an das wechselnde Feuchtigkeitsangebot möglich und es kann die Umluft-Zielfeuchte zumindest in einem zulässigen Toleranzfeld zuverlässig eingehalten werden. Die absolute Umluft-Zielfeuchte beträgt zwischen 3,0 bis 5,0 g Wasser je kg feuchter Luft, vorzugsweise etwa $4 \pm 0,2$ g/kg.

[0016] Wenn frisch lackierte Fahrzeugkarosserie in ununterbrochener Folge in den Trockentunnel eingebracht werden, ist das Feuchtigkeitsangebot auf seiten der lackierten Gegenstände sehr hoch und kann als maximal angesehen werden. Dann wird der Anteil der zu trocknenden Luft auf einen hohen, maximalen Bruchteil - Näheres zu diesem Auslegungskriterium siehe weiter unten - der insgesamt zirkulierten Luftmenge liegt, er-

höht; der unbehandelte Umluftanteil ist entsprechend geringer. Bei geringem Feuchtigkeitsangebot ist es umgekehrt; dann wird der getrocknete Luftanteil zugunsten des unbehandelten Umluftanteils reduziert. Die Lufttrocknungseinrichtung ist mit ihrer Trockenleistung so ausgelegt, daß auch bei maximal erforderlichem, getrocknete Teilluftstrom mit Sicherheit noch die Umluft-Zielfeuchte in der insgesamt zirkulierten Luft im Zulauf in den Trockentunnel (Feuchtigkeitsmeßfühler 10) eingehalten werden kann. Wenn hingegen aufgrund von Unterbrechungen oder Störungen in der vorausgehenden Karosserie-Lackierung viele Plätze im Trockentunnel unbesetzt sind und wenig Feuchtigkeit in den Trockentunnel eingebracht wird, so wird der zu trocknende Luftanteil zugunsten des unbehandelten Luftanteiles z.B. auf etwa 25 bis 30 Vol.-% reduziert, wobei die je Zeiteinheit insgesamt zirkulierte Luftmenge jedoch konstant gehalten wird.

[0017] Auch die Leistung des Kältekreislaufes der kondensativ wirkenden Kältefälle wird ungeachtet der Schwankungen des Feuchtigkeitsangebotes auf konstant hohem Niveau weitergefahren. Bei reduziertem Anteil an zu trocknender Luft wird die Luft zwar aufgrund der installierten Trocknerkapazität gegenüber einem Zustand mit hohem zu trocknenden Luftanteil übertrocknet, was jedoch aufgrund der Vermischung mit dem unbehandelten Anteil der zirkulierten Luft nicht nur unschädlich ist, sondern es kann in jedem Fall kurzfristig die gewünschte Umluft-Zielfeuchte eingehalten werden. Eine Übertrocknung der getrockneten Luft ist aus energetischen Gesichtspunkten nicht nur ohne weiteres vertretbar, sondern wegen der Vermischung mit der feuchteren, unbehandelten Luft zur Einhaltung der gewünschten Umluft-Zielfeuchte sogar erforderlich. Es muß lediglich eine entsprechende Kapazität einer Trocknungsleistung installiert werden.

[0018] Es hängt von der jeweiligen Auslegung der Lacktrocknungsanlage ab, wie hoch bei einem Betriebszustand eines höchsten Feuchtigkeitsangebotes der maximal erforderliche Anteil von zu trocknender Luft gemacht wird. Wird in der Lufttrocknungseinrichtung eine sehr hohe Kondensationsleistung installiert und demgemäß die darin behandelte Luft sehr stark ausgetrocknet, so braucht bei sehr hohem Feuchtigkeitseintrag in die Lacktrocknungsanlage die Lufttrocknungseinrichtung nur mit einem relativ geringen maximalen Anteil von beispielsweise 40 Vol.-% Trockenluft - bezogen auf die insgesamt zirkulierte Luftmenge - gefahren zu werden. Wird hingegen bei knapp bemessener Kondensationsleistung die in der Lufttrocknungseinrichtung behandelte Luft weniger stark getrocknet, so muß bei einem hohem Feuchtigkeitseintrag der Anteil der Trockenluft auf z.B. 60 % betragen. Wenn die in der Lufttrocknungseinrichtung behandelte Luft so stark getrocknet wird, daß sie im Vergleich zur Umluft-Zielfeuchte nur noch etwa die halbe Menge an Feuchtigkeit je Mengeneinheit Luft enthält, so wird bei einem maximal anzunehmenden Feuchtigkeitseintrag in die Lacktrocknungsanlage

der Anteil an getrockneter Luft etwa 50 % der insgesamt zirkulierten Luftmenge betragen. Bei reduziertem Eintrag von Feuchtigkeit in die Lacktrocknungsanlage wird der Anteil an getrockneter Luft entsprechend reduziert, wobei aufgrund der gleichbleibend hoch betriebenen Kondensationsleistung die Restfeuchte der getrockneten Luft weniger hoch ist, die behandelte Luft dann also stärker getrocknet wird. Durch Vermischen der getrockneten Luft mit dem unbehandelten Luftanteil wird in der insgesamt zirkulierten Luft zuluftseitig in jedem Fall die gewünschte Umluft-Zielfeuchte eingehalten.

[0019] Grundsätzlich ist es denkbar, den Anteil der zu trocknenden Luft auf verschiedene Art und Weise zu variieren, z.B. durch Umlenkklappen, die den Eintrittsquerschnitt in die By-Pass-Leitung 30 zugunsten oder zu Ungunsten des Eintrittsquerschnittes in die Lufttrocknungseinrichtung verändern. Bei dem in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Sauggebläse 6 im Zulauf nur zur Lufttrocknungseinrichtung angeordnet. Der zu trocknende Luftanteil kann auch durch eine Veränderung der Förderleistung dieses Gebläses variiert werden. Auch dafür gibt es grundsätzlich unterschiedliche Möglichkeiten, z.B. durch Verstellen des Anstellwinkels der Förderschaukeln oder durch Veränderung der Antriebsdrehzahl des Fördergebläses 6. Es ist auch denkbar, den zu trocknenden Umluftanteil mittelbar dadurch zu variieren, daß der unbehandelte Umluftanteil unmittelbar durch Maßnahmen der oben erwähnten Art beeinflußt wird.

[0020] Die Lufttrocknungseinrichtung 11 ist im Prinzip ein im Strömungsquerschnitt stark erweiterter Kanal von vorzugsweise rechteckiger Querschnittsform, in dem mehrere Wärmetauscher angeordnet sind. Aufgrund des vergrößerten Strömungsquerschnittes strömt die Luft relativ langsam durch die Lufttrocknungseinrichtung hindurch, so daß es zu einem guten Wärmeaustausch darin kommt. Im vorderen Teil der Lufttrocknungseinrichtung sind die luftbeaufschlagten Wärmetauscherflächen 20 und 15 Kühlflächen, wogegen im hinteren Teil die Luft über Wärmetauscherflächen 16 wieder angewärmt wird.

[0021] Zur Erzeugung der erforderlich niedrigen Temperaturen an den Kühlflächen - der Taupunkt der feuchten Luft muß deutlich unterschritten werden - sind verschieden Kältemittelkreisläufe in der Lacktrocknungsanlage vorgesehen, die durch die genannten Wärmetauscher hindurchführen.

[0022] In diesem Zusammenhang ist zunächst ein Hauptkühlkreislauf zu erwähnen, der aus einem Kältemittelverdichter 17, aus mehreren parallel nebeneinander angeordneten vom Kältemittel durchströmten Kältemittelkondensatoren 16, aus einer Drossel 18 und aus einer weiteren Schar von Wärmetauschern, nämlich den Kältemittelverdampfern 15, die eine Kältefalle darstellen, besteht. Um eine ausreichend niedrige Temperatur in der Luft und an den Wärmetauscherflächen zu erreichen, ist in Luftströmungsrichtung vor den Kältemittelverdampfern 15 noch eine Reihe von Vorkühlern 20 in

der Lufttrocknungseinrichtung angeordnet, die ebenfalls als Kältemittelverdampfer fungieren, also Teil eines anderen Kältemittelkreislaufes, nämlich eines Nebenkühlkreislaufes sind. Die Hauptkomponenten dieses nebengeordneten Kältemittelkreislaufes sind ebenfalls ein Kältemittelverdichter 22, mehrere nebeneinander in einer Abwärmeluftleitung 25 angeordnete Kältemittelkondensatoren 21, einer Drossel 23 und den bereits erwähnten, vorne in der Lufttrocknungseinrichtung befindlichen Kältemittelverdampfern 20. Für das Kältemittel strömungsmäßig parallel ist ein weiterer Kältemittelverdampfer 20' vorhanden, der in einer weiter unten noch näher zu behandelnden Überschußluftleitung 35 angeordnet ist und die darin geförderte Überschußluft abkühlt.

[0023] Durch die Kältemittelverdampfer 20 des Nebenkühlkreislaufes wird die in die Lufttrocknungseinrichtung einströmende Luft vorgekühlt. Die entzogene Wärme wird über die in der Abwärmeluftleitung 25 angeordneten Kältemittelkondensatoren 21 an unbeteiligte Hallenluft abgegeben, die mittels des Kühlgebläses 24 durch die Kältemittelkondensatoren und durch die Abwärmeluftleitung hindurch schließlich über das Hallendach 26 ins Freie gefördert wird.

[0024] Bei Eintritt der Luft in die Reihen der Kältemittelverdampfer 15 des Hauptkühlkreislaufes ist diese dank der Wirkung des Nebenkühlkreislaufes bereits auf Temperaturen nahe des Gefrierpunktes vorgekühlt. Das Kältemittel des Hauptkühlkreislaufes hat in den Kältemittelverdampfern - je nach Stärke der Luftbeaufschlagung der Lufttrocknungseinrichtung - eine Temperatur von -10 bis -20 °C. Bei hohem Luftdurchsatz stellt sich eine höhere Temperatur ein als bei geringerem Luftdurchsatz. In jedem Fall werden die Kühlkreisläufe ungeachtet des Luftdurchsatzes durch die Lufttrocknungseinrichtung bei etwa gleichbleibender Leistung betrieben. Aufgrund der niedrigen Temperatur der Verdampferoberfläche scheidet sich dort die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit durch Kondensation aus und lagert sich an den Oberflächen der Wärmetauscherlamellen an. Die an der Oberfläche sich sammelnde und anreichern- de Kondensatflüssigkeit agglomeriert zu größeren Tropfen, die schwerkraftbedingt entlang den glattflächig gestalteten Wärmetauscherlamellen nach unten in eine Auffangmulde ablaufen und aus dieser über die Kondensatleitung 27 abgeleitet werden können. Die absolute Restfeuchte der so getrockneten Luft liegt bei maximalem Durchsatz von zu trocknender Luft je nach Auslegung der Lufttrocknungseinrichtung und der Lacktrocknungsanlage insgesamt bei einem Wert im Bereich zwischen 1,5 bis 2,5 g/kg, vorzugsweise bei etwa $2 \pm 0,1$ g/kg.

[0025] Die so entfeuchtete Luft ist zunächst noch recht kalt. Sie wird in der Lufttrocknungseinrichtung durch die Wärmetauscher-Reihen der Kältemittelkondensatoren 16 des Hauptkühlkreislaufes hindurchgeleitet, in deren Inneres das hindurchgeleitete, verdichtete aber noch dampfförmige Kältemittel kondensiert wird und auf deren Außenseite die umströmende Luft etwa

auf Raumtemperatur erwärmt wird. Dadurch wird die relative Luftfeuchtigkeit abgesenkt und ihre Fähigkeit, Feuchtigkeit aufzunehmen, gesteigert.

[0026] Nachdem der frisch applizierte Wasserbasislack seine Feuchtigkeit in dem Trockentunnel anfänglich leichter an die umströmende Luft abgibt, als wenn die Lackierung schon etwas angetrocknet ist, sieht die in Figur 1 dargestellte kontinuierlich betriebene Lacktrocknungsanlage mit einem Trockentunnel zwei aufeinander folgende Trockenstufen mit lufttechnisch getrennten Lufttrocknungseinrichtungen 11 vor. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel sind die innerhalb des Trockentunnels aufeinander folgende Trockenstufen untereinander annähernd gleich lang ausgebildet, wodurch sich in beiden Stufen annähernd gleich lange Aufenthaltszeiten für die zu trocknenden Karosserien ergeben. Für beide Stufen wird eine annähernd gleich große Umluft-Zielfeuchte, z.B. der bereits erwähnte Wert von $4 \pm 0,2$ g/kg eingehalten. Jedoch unterscheiden sich die beiden Trockenstufen durch die Intensität der Belüftung. In der ersten Trockenstufe werden die lackierten Gegenstände schonend, d.h. mit einer geringeren Geschwindigkeit als in der zweiten Trockenstufe, beispielsweise mit etwa 2 bis 5 m/s, vorzugsweise etwa 3 m/s zwangskonvektiv mit getrockneter Luft beaufschlagt. In der zweiten Trockenstufe trifft die Luft mit etwa der dreifachen Austrittsgeschwindigkeit, vorzugsweise etwa 10 bis 12 m/s auf den bereits angetrockneten und verfestigten Lack auf. Aufgrund der größeren Strömungsintensität der trockenen Luft in der zweiten gegenüber der ersten Stufe werden verbesserte Bedingungen für einen Feuchtigkeitsübergang vom Lack an die Luft geschaffen.

[0027] In die zum Trockentunnel führende Zuluftleitung 32 mündet eine Überschußluftleitung 35 ein. Diese ist mit einem Überschußgebläse 36 verbunden, welches über einen Ansaugstutzen 37 Luft aus der Umgebung der Lufttrocknungseinrichtung ansaugt. Dadurch wird bei der kontinuierlich betriebenen und mit einem Trockentunnel versehenen Lacktrocknungsanlage im Trockentunnel laufend ein kleiner Überdruck gegenüber dem Umgebungsluftdruck erzeugt und so ein unkontrollierter Eintritt von Luft aus angrenzenden Behandlungszonen in die Trockenzone des Trockentunnels verhindert. Bezogen auf die insgesamt zirkulierte Luftmenge wird laufend ein Anteil von etwa 1 bis 8 Vol.-%, vorzugsweise etwa 3 Vol.-% an Umgebungsluft zu der in den Trockentunnel insgesamt rezirkulierten Luft zugegeben. Die Überschußluft kann in die Schleusenammern 14, 14' übertreten und von dort in die Hallenumgebung austreten. Die Hallenluft unterliegt aufgrund der Größe der Halle und aufgrund des Umstandes, daß sie beheizt bzw. kontrolliert belüftet ist, nur sehr geringen Schwankungen in der Temperatur und der Feuchtigkeit. Durch die laufende Zugabe von Überschußluft wird zugleich die in der Lacktrocknungsanlage zirkulierte Luft laufend wenn auch langsam erneuert. Dadurch kommt es nicht zu Anreicherungen von Lösungsmitteldämpfen o.dgl.

[0028] Aufgrund der ständigen und intensiven Verwirbelung der zirkulierten Luft in leistungsstarken Gebläsen mit einem mäßigen Wirkungsgrad wird laufend ein nicht unerheblicher Leistungsbetrag in die Luft hineingetragen, der zu einer Erwärmung der Luft führt. Tendenzuell würde sich die Luft also bald auf unzumutbar hohe Temperaturen erwärmen. Um die zirkulierte Luft dauerhaft auf einem niedrigeren Temperaturniveau im Bereich von etwa 25 bis 35 °C zu stabilisieren, wird hierfür die zugegebene Überschußluft ebenfalls ausgenutzt, indem diese vor ihrer Zugabe zur Umluft auf etwa 5 bis 15 °C, vorzugsweise auf etwa 10 °C gekühlt wird. Zur Abkühlung der eingespeisten Überschußluft ist in der Überschußluftleitung 35 der bereits erwähnte Wärmetauscher, nämlich ein weiterer Kältemittelverdampfer 20' des Nebenkühlkreislaufes angeordnet.

[0029] Da ständig aus der Hallenluft, die auch Staubpartikel enthalten kann, neue Luft in den Luftkreislauf eingetragen wird, wird zum Schutz der Lackierung gegen Staubanlagerung die gesamte rezirkulierte Luft vor ihrem Eintritt in den Trockentunnel gefiltert. Zu diesem Zweck ist in der zum Trockentunnel führenden Zuluftleitung 32 ein Luftfilter 34 angeordnet.

[0030] Auch aus dem Trockentunnel können Staubpartikel in den Trockenprozeß und in die zirkulierte Luft eingeschleppt werden, die sich an den teilweise nassen Wärmeaustauschflächen der Lufttrocknungseinrichtung 11 anlagern und den Wärmeaustausch beeinträchtigen können. Um dies zu verhindern, wird auch der zu trocknende Anteil der zirkulierten Luft vor seinem Eintritt in die Lufttrocknungseinrichtung gefiltert. Demgemäß ist in der zur Lufttrocknungseinrichtung führenden Abluftleitung ebenfalls ein Luftfilter 33 angeordnet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum nicht-thermischen Trocknen von mit einem Wasserbasislack frisch lackierten Gegenständen, insbesondere von Kraftfahrzeugkarosserien, bei dem die zu trocknenden Gegenstände in ein Trocknergehäuse, insbesondere in einen Trockentunnel eingebracht, die Oberflächen der Gegenstände darin mit trockener Luft zwangskonvektiv beaufschlagt und nach dem Trocknen der Lackierung die Gegenstände aus dem Trocknergehäuse herausgebracht werden, wobei nach dem Durchtritt der Luft durch das Trocknergehäuse die feuchtigkeitsbeladene Luft daraus abgesaugt, ihr in einer Lufttrocknungseinrichtung die enthaltene Feuchtigkeit auf kondensativem Wege entzogen und die Luft so auf einen bestimmten Zielwert von absoluter Restfeuchtigkeit - im folgenden "Umluft-Zielfeuchte" genannt - getrocknet und wieder in das Trocknergehäuse eingeblasen wird,
dadurch gekennzeichnet, daß
entsprechend einem sich ändernden Eintrag von Feuchtigkeit in das Trocknergehäuse (1, 1') die

Trockenleistung der Lufttrocknungseinrichtung (11) bedarfsabhängig trägheitsarm angepaßt wird, indem nur ein Anteil der zirkulierten Luft, der in seiner Größe bedarfsabhängig angepaßt wird, in der Lufttrocknungseinrichtung (11) bei unverändert hoher Kondensationsleistung auf eine unterhalb der Umluft-Zielfeuchte liegende Restfeuchtigkeit getrocknet und der verbleibende, unbehandelte Teil der zirkulierten Luft nach Vermischen mit dem getrockneten Teilluftstrom in das Trocknergehäuse (1, 1') zurückgeleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
bei einem Betriebszustand eines höchsten Feuchtigkeitsangebotes und dementsprechend bei einem maximal erforderlichen Anteil von zu trocknender Luft, bei dem die Kondensationsleistung der Lufttrocknungseinrichtung (11) gleichwohl konstant gehalten, d.h. nicht gesteigert wird, die Restfeuchte der getrockneten Luft bei etwa 40 bis 60 %, vorzugsweise bei etwa 50 % der Umluft-Zielfeuchte und daß die Restfeuchte der getrockneten Luft bei weniger hoch erforderlichen Anteilen von zu trocknender Luft darunter liegt, die behandelte Luft dann also stärker getrocknet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
der variable Anteil der zu trocknenden Luft durch drehzahlabhängige Veränderung der Förderleistung eines entsprechenden Fördergebläses (6) eingestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
die luftbeaufschlagten Flächen einer Kältefalle (15) im Zustand eines maximal erforderlichen Anteils von zu trocknender Luft auf einer im stationären Zustand gleichbleibenden Temperatur im Bereich von -10 bis -20 °C gehalten wird und bei einem weniger hohen Anteilen von zu trocknender Luft darunter liegt.
5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Umluft-Zielfeuchte im Bereich zwischen 3,0 bis 5,0 g Wasser je kg feuchter Luft liegt, vorzugsweise etwa $4 \pm 0,2$ g/kg beträgt und daß die Restfeuchte der getrockneten Luft des behandelten Teilmenstromes bei einem maximal erforderlichen Anteil von zu trocknender Luft im Bereich zwischen 1,5 bis 2,5 g/kg, vorzugsweise bei etwa $2 \pm 0,1$ g/kg liegt.
6. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
die getrocknete Luft des behandelten Teilmenstromes

stromes mit der Luft des unbehandelten Teilmen-
genstromes durch ein beide Teilmengenströme ge-
meinsam förderndes Fördergebläse (31) vor der
Einspeisung der Zuluft in das Trocknergehäuse (1,
1') vermischt wird.

5

7. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

bei kontinuierlich betriebenen, d.h. einerends be-
schickten und nach Durchlauf der Gegenstände
durch das als Trockentunnel (1, 1') ausgebildete
Trocknergehäuse anderends entleerten Trock-
nungsanlagen die Gegenstände (2) in wenigstens
zwei aufeinander folgenden Trockenstufen mit luft-
technisch getrennten Lufttrocknungseinrichtungen
(11) getrocknet werden.

10

8. Verfahren nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet, daß

für beide Stufen eine annähernd gleich große Um-
luft-Zielfeuchte eingehalten wird.

20

9. Verfahren nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet, daß

in beiden Stufen eine annähernd gleich lange Auf-
enthaltszeit der zu trocknenden Gegenstände (2)
eingehalten wird.

25

10. Verfahren nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet, daß

die lackierten Gegenstände (2) in der ersten Trock-
nungsstufe mit einer geringeren Geschwindigkeit
zwangskonvektiv mit der getrockneten Luft beauf-
schlagt werden als in der zweiten Trockenstufen.

30

35

11. Verfahren nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet, daß

die lackierten Gegenstände (2) in der ersten Trock-
nungsstufe mit einer Austrittsgeschwindigkeit der
getrockneten Luft von etwa 2 bis 5 m/s, vorzugswei-
se etwa 3 m/s und in der zweiten Trockenstufen
mit etwa der dreifachen Austrittsgeschwindigkeit,
vorzugsweise etwa 10 bis 12 m/s beaufschlagt wer-
den.

40

45

12. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

der zu trocknende Anteil der zirkulierten Luft vor sei-
nem Eintritt in die Lufttrocknungseinrichtung (11)
gefiltert (Abluftfilter 33) und die gesamte rezirkulier-
te Luft vor ihrem Eintritt in das Trocknergehäuse
ebenfalls gefiltert (Zuluftfilter 34) wird.

50

13. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

bei kontinuierlich betriebenen, d.h. einerends be-
schickten und nach Durchlauf der Gegenstände
durch das als Trockentunnel (1, 1') ausgebildete

55

Trocknergehäuse anderends entleerten Trock-
nungsanlagen zuluftseitig laufend ein Überschuß
von Luft gegenüber der abluftseitig entnommenen
Luft aufgrund einer Zugabe von Umgebungsluft zu
der in den Trockentunnel (1, 1') rezirkulierten Luft
zugegeben wird und so ein unkontrollierter Eintritt
von Luft aus angrenzenden Behandlungszonen in
die Trockenzone des Trockentunnels (1, 1') verhin-
dert und ferner zugleich die darin zirkulierte Luft lau-
fend wenn auch langsam erneuert wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13,

dadurch gekennzeichnet, daß

- bezogen auf die insgesamt zirkulierte Luftmenge
- laufend ein Anteil von etwa 1 bis 8 Vol.-%, vor-
zugsweise etwa 3 Vol.-% an Umgebungsluft zu der
in den Trockentunnel (1, 1') rezirkulierten Luft zu-
gegeben wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13,

dadurch gekennzeichnet, daß

die Umgebungsluft vor ihrer Zugabe zur Umluft auf
etwa 5 bis 15 °C, vorzugsweise auf etwa 10 °C ge-
kühlt wird (Verdampfer 20').

16. Vorrichtung zum nicht-thermischen Trocknen eines
auf Gegenständen, insbesondere von Kraftfahr-
zeugkarosserien frisch applizierten Wasserbasis-
lackes,

- mit einem die frisch lackierten Gegenstände
vorübergehend aufnehmenden Trocknerge-
häuse, insbesondere einem Trockentunnel,
- mit einem feuchtigkeitsbeladene Luft aus
dem Trocknergehäuse abführenden und einer
Lufttrocknungseinrichtung zuführenden, ein
Sauggebläse enthaltenden Abluftstrang,
- ferner mit der genannten, eine Kältefalle ent-
haltenden, der Umluft die Feuchtigkeit kondens-
ativ entziehenden, die Luft auf einen bestimm-
ten Zielwert von absoluter Restfeuchtigkeit - im
folgenden "Umluft-Zielfeuchte" genannt - trock-
nende Lufttrocknungseinrichtung und
- mit einer die getrocknete Luft in das Trock-
nergehäuse zurückleitenden, ein Zuluftgebläse
enthaltenden Zuluftleitung, **gekennzeichnet
durch** die Gemeinsamkeit folgender Merkmale:
- es ist eine vom Abluftstrom noch vor dem
Sauggebläse (6) abzweigende, die Lufttrock-
nungseinrichtung (11) umgehende, Luft unbe-
handelt zum Zuluftgebläse (31) leitende By-
Pass-Leitung (30) vorgesehen,
- das mit einem drehzahlveränderbaren An-
trieb (7) versehene Sauggebläse (6) fördert nur
einen variablen, maximal etwa 60 Vol.-% der
insgesamt zirkulierten Luft betragenden Anteil
der zirkulierten Luft **durch** die Lufttrocknungs-

einrichtung (11) hindurch,

Überschußluft angeordnet ist.

➤ die Lufttrocknungseinrichtung (11) ist so dimensioniert und ausgelegt, daß bei maximaler Feuchtigkeitsbelastung der Abluft und bei maximaler Beaufschlagung der Lufttrocknungseinrichtung (11) die darin behandelte Luft auf einen deutlich geringeren, vorzugsweise den halben Wert der Umluft-Zielfeuchte trocknenbar ist, 5
 ➤ die By-Pass-Leitung (30) und die an der Lufttrocknungseinrichtung (11) austretende, die getrocknete Luft führende Leitung vereinigen sich vor dem Zuluftgebläse (31), 10
 ➤ es ist ein die Meßdaten von einem zuluftseitigen (10) und/ oder die von einem abluftseitigen Feuchtigkeitsfühler (9) verarbeitender Regler (8) vorgesehen, mit dem über die Antriebsdrehzahl des Sauggebläses (6) dessen Förderleistung selbsttätig derart veränderbar ist, daß die gewünschte Umluft-Zielfeuchte zuluftseitig eingehalten werden kann. 20

17. Vorrichtung nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet, daß
 bei kontinuierlich betriebenen, als Trockentunnel (1, 1') ausgebildete Trocknergehäuse wenigstens zwei aufeinander folgende Trockenstufen mit lufttechnisch getrennten Lufttrocknungseinrichtungen (11) vorgesehen sind. 25

30

18. Vorrichtung nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, daß
 die innerhalb des Trockentunnels (1, 1') aufeinander folgende Trockenstufen untereinander annähernd gleich lang ausgebildet sind. 35

35

19. Vorrichtung nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet, daß
 in der zur Lufttrocknungseinrichtung (11) führenden Abluftleitung ein Luftfilter (33) angeordnet ist. 40

40

20. Vorrichtung nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet, daß
 in der zum Trocknergehäuse (1, 1') führenden Zuluftleitung (32) ein Luftfilter (34) angeordnet ist. 45

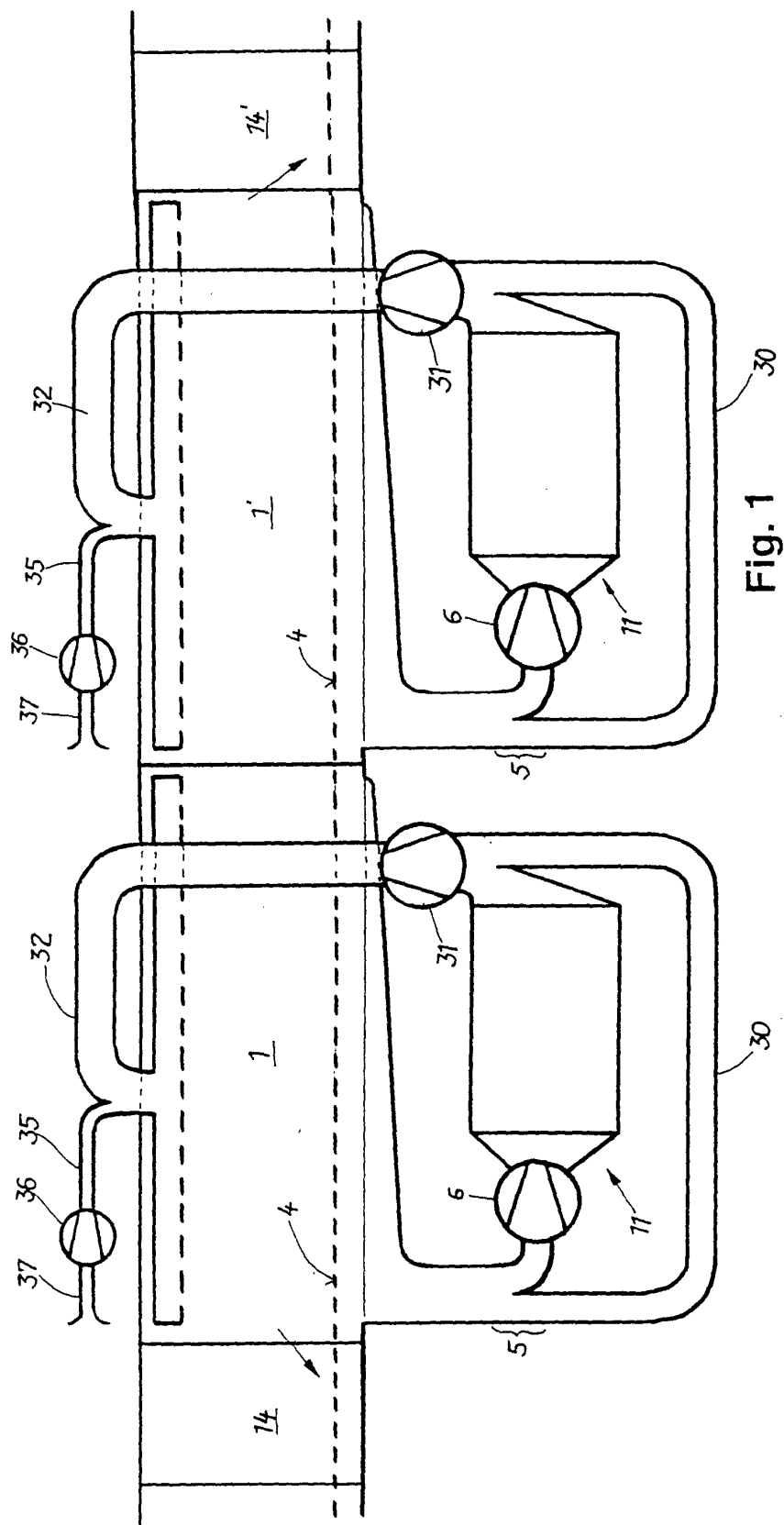
45

21. Vorrichtung nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, daß
 in die zum Trockentunnel (1, 1') führende Zuluftleitung (32) eine Überschußluftleitung (35) einmündet, die mit einem Umgebungsluft aus der Umgebung der Lufttrocknungseinrichtung (11) ansaugenden Überschußgebläse (36) verbunden ist. 50

50

22. Vorrichtung nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet, daß
 in der Überschußluftleitung (35) ein Wärmetauscher (20') zur Abkühlung der darin strömenden 55

55



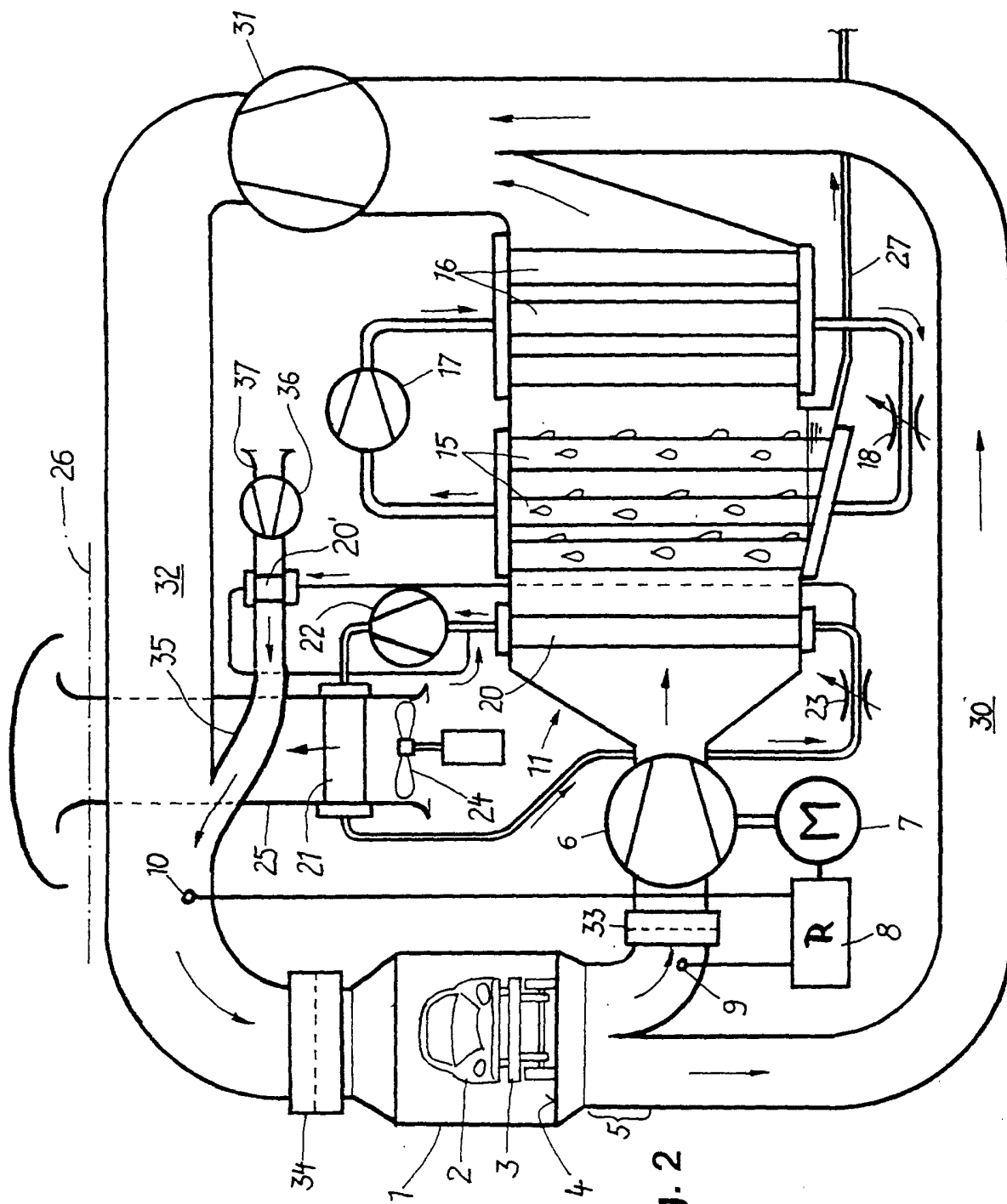


Fig. 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 01 11 4615

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
Y	DE 197 81 220 C (GATH DIETMAR ;HELLMANN HYGREX LUFT UND KLIMA (DE)) 13. April 2000 (2000-04-13)	1,6	F26B21/08
A	* das ganze Dokument *	7,8,16, 17	
Y	DE 295 04 040 U (HARTER OBERFLÄCHEN UND UMWELT) 4. April 1996 (1996-04-04)	1,6	
A	* das ganze Dokument *	16	
A	DE 36 37 737 A (WALDNER GMBH & CO HERMANN) 19. Mai 1988 (1988-05-19)	1,6,12, 16,19,20	
A	* das ganze Dokument *		
A	FR 1 025 426 A (ILUNE) 21. April 1953 (1953-04-21)	1,16	
A	* das ganze Dokument *		
A	US 5 361 511 A (BROWN JOHN R) 8. November 1994 (1994-11-08)		
A	WO 95 08745 A (OPTIMUM AIR CORP) 30. März 1995 (1995-03-30)		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 25. September 2001	Prüfer Silvis, H
KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 B2 (PO4C03)

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

EP 01 11 4615

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

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-09-2001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19781220 C	13-04-2000	DE 19644717 A1	30-04-1998
		DE 19781220 C1	13-04-2000
		DE 19781220 D2	01-04-1999
		AU 5118998 A	22-05-1998
		WO 9819124 A1	07-05-1998
		EP 0934497 A1	11-08-1999
DE 29504040 U	04-04-1996	DE 29504040 U1	04-04-1996
		AT 1400 U1	25-04-1997
DE 3637737 A	19-05-1988	DE 3637737 A1	19-05-1988
		EP 0266516 A2	11-05-1988
		JP 63123979 A	27-05-1988
		US 4837945 A	13-06-1989
FR 1025426 A	21-04-1953	KEINE	
US 5361511 A	08-11-1994	KEINE	
WO 9508745 A	30-03-1995	AU 7839794 A	10-04-1995
		WO 9508745 A1	30-03-1995
		US 5554416 A	10-09-1996
		US 5709038 A	20-01-1998
		US 2001005525 A1	28-06-2001
		US 5718061 A	17-02-1998
		US 5970625 A	26-10-1999
		US 5921002 A	13-07-1999
		US 6203859 B1	20-03-2001
		US 6035551 A	14-03-2000

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