

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 89108281.0

51 Int. Cl.⁴: **F26B 13/10 , F26B 21/12**

22 Anmeldetag: 09.05.89

30 Priorität: 13.05.88 DE 3816414
14.01.89 DE 3900957

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.11.89 Patentblatt 89/46

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE

71 Anmelder: **HOECHST AKTIENGESELLSCHAFT**
Postfach 80 03 20
D-6230 Frankfurt am Main 80(DE)

72 Erfinder: **Durst, Franz, Dr. Prof.**
Eichenstrasse 12
D-8524 Langensendelbach(DE)
Erfinder: **Haas, Raimund, Dr. Dipl. Ing.**
Johannesallee 20
D-6230 Frankfurt/M. 80(DE)

Erfinder: **Hultsch, Günter, Dr. Dpl. Chem.**
Drususstrasse 61
D-6200 Wiesbaden(DE)

Erfinder: **Dammann, Manfred, Dipl. Ing.**
Waldstrasse 25
D-6209 Hohenstein 4(DE)

Erfinder: **Mack, Gerhard, Dr. Dipl. Chem.**
Mühlstrasse 35b
D-6229 Walluf(DE)

Erfinder: **Interthal, Werner, Dr. Dipl. Chem.**
Dr. Ludwig-Opel-Strasse 62
D-6090 Rüsselsheim(DE)

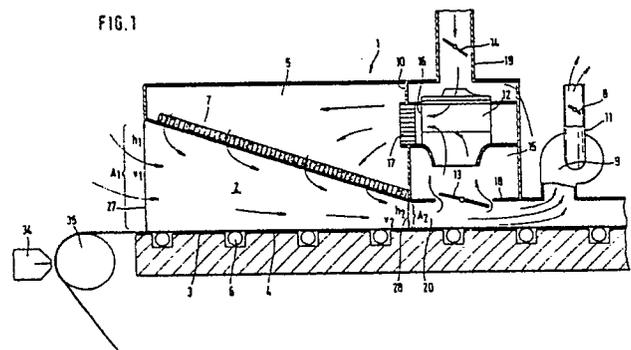
Erfinder: **Stroszynski, Joachim, Dipl. Ing.**
Buchenweg 18
D-6200 Wiesbaden(DE)

Erfinder: **Lehmann, Peter, Dr. Dipl. Chem.**
An der Ziegelei 12
D-6233 Kelkheim(DE)

54 **Verfahren und Vorrichtung zum Trocknen einer auf einem bewegten Trägermaterial aufgetragenen Flüssigkeitsschicht.**

57 Eine Vorrichtung zum Trocknen einer auf einem durch eine Trocknungszone bewegten Trägermaterial aufgetragenen Flüssigkeitsschicht, die verdampfbare Lösungsmittelkomponenten und nichtverdampfbare Komponenten enthält, umfaßt eine Trocknungsvorrichtung (1) mit einem Trocknungskanal (2), durch den in Längsrichtung das Trägermaterialband (4) läuft, auf dem die zu trocknende Flüssigkeitsschicht aufgebracht ist. Der Trocknungskanal besitzt eine gas-/luftdurchlässige Kanaldeckfläche (7), durch die ein Gasstrom, insbesondere ein erwärmter Luftstrom, in den Trocknungskanal einströmt. Die Kanaldeckfläche (7) ist gegenüber der horizontal verlaufenden Kanalgrundfläche (3) geneigt. An den Trocknungskanal (2) schließt eine Gasaustauschkammer (15) an, die ein Gebläse (12) enthält, dessen Gebläseausgang (16) gegen einen Wärmetauscher in einer Zwischenwand (10) zwischen der Gasaustauschkammer (15) und einem oberhalb des Trocknungskanals (2) befindlichen Trocknungsraum (5) gerichtet ist. Die Gasaustauschkammer (15) enthält in ihrer Bo-

denfläche (18) und in ihrem oberen Gaseinlaß (19) jeweils eine Drosselvorrichtung (13 bzw. 14). Die Trocknungsvorrichtung (1) enthält desweiteren ein Sauggebläse (9), das oberhalb der Deckfläche eines Durchlaufkanals (20) angeordnet ist und über eine Ansaugöffnung mit dem Durchlaufkanal in Verbindung steht. Im Auslaß (11) des Sauggebläses (9) befindet sich gleichfalls eine Drosselvorrichtung (8).



EP 0 341 646 A2

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM TROCKNEN EINER AUF EINEM BEWEGTEN TRÄGERMATERIAL AUFGEBRACHTEN FLÜSSIGKEITSSCHICHT

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Trocknen einer auf einem durch eine Trocknungszone bewegten Trägermaterial aufgebrachtene Flüssigkeitsschicht, die verdampfbare Lösungsmittelkomponenten und nicht-verdampfbare Komponenten enthält.

Bei der Trocknung großflächiger, bahnförmiger Güter, auf denen Flüssigkeitsschichten aufgetragen sind, werden unterschiedliche Trocknungsverfahren und Trocknungsvorrichtungen angewandt. Typische Trocknungsgüter sind beispielsweise Metall- oder Kunststoffbänder, auf denen Flüssigkeitsschichten aufgebracht sind, die in der Regel aus verdampfbaren Lösungsmittelkomponenten, die während des Trocknungsprozesses aus dem Flüssigkeitsfilm entfernt werden, und aus nicht-verdampfbaren Komponenten bestehen, die nach der Trocknung auf dem Trägermaterial zurückbleiben.

Die Oberflächen der Trägermaterialien erhalten durch die Beschichtung spezielle Eigenschaften, die erst nach dem Trocknungsprozeß in der Form vorliegen, wie sie für die spätere Anwendung erwünscht sind. Als Beispiel hierzu kann die Beschichtung von Metallbändern mit lichtempfindlichen Schichten genannt werden, die zu Druckplatten konfektioniert werden. Die Beschichtung von Metallbändern oder Kunststoffolien mit Substanzen in Form eines lösungsmittelhaltigen Naßfilms, im folgenden Flüssigkeitsfilm bezeichnet, und dessen anschließende Trocknung stellen somit einen Vorgang dar, der besonderer Anlagen bedarf, um die gewünschte Produktqualität der Schichten sicherzustellen. Wesentlich ist hierbei der Verfahrensschritt der Filmtrocknung als abschließende Verfahrensmaßnahme der Beschichtung.

Bei der Trocknung von Flüssigkeitsfilmen auf Trägermaterialien ist es üblich, ein erwärmtes Gas, insbesondere Luft, zum Entfernen der Lösungsmittelkomponenten aus der Filmschicht über die Oberfläche der Trägermaterialien strömen zu lassen. Dabei wird der aufgeheizte Gasstrom in direkten Kontakt mit dem Flüssigkeitsfilm gebracht, der in gleichmäßiger Schichtverteilung auf dem Trägermaterial aufgebracht ist, das eine Trocknungsvorrichtung durchläuft. Um eine schlieren- und melierfreie, getrocknete Filmoberfläche, d.h. eine gleichmäßige Verteilung der zurückbleibenden Komponenten sicherzustellen, werden die Trocknungsanlagen mit Einrichtungen ausgerüstet, die eine günstige bzw. gleichmäßige Verteilung der Luftströmung über dem Flüssigkeitsfilm bewirken sollen. Damit wird eine gleichmäßige Trocknung über die gesamte Breite der beschichteten Bahn angestrebt. Desweiteren weisen bekannte Trocknungsanlagen

Einrichtungen zur Minimierung von Störungen der Luftbewegungen auf, die sich, teilweise aufgrund turbulenter Strömungsbewegungen, nachteilig auf die Filmoberfläche auswirken und dort zu Meliererscheinungen führen.

Eine übliche Bauweise einer solchen Trocknungsvorrichtung besteht gemäß dem US-Patent 3,012,335 darin, aus einem mit Trocknergas versorgten Gasraum, der über eine bestimmte Länge über der Beschichtungsbahn angeordnet ist, mittels einer Vielzahl von Schlitzen, Düsen, Löchern oder auch porösen Festkörpern den unmittelbaren Gasraum über dem zu trocknenden Flüssigkeitsfilm möglichst gleichmäßig mit Trocknergas zu versorgen. Das kontinuierlich beschichtete Band oder beschichtete Platten auf einem umlaufenden Transportband werden hierbei kontinuierlich und unter Abgabe von Lösungsmitteldampf an die Trocknerluft durch die Trocknungsvorrichtung hindurchgeführt. Hierbei kann die zugeführte Trocknerluft im offenen Kreislauf ständig erneuert bzw. die mit Lösungsmittel angereicherte Luft komplett abgeführt werden. Es kann auch ein Umluftverfahren mit teilweise erneuerter bzw. abgeführter Trocknerluft angewandt werden.

Schwierigkeiten bei der Abführung der Trocknerluft aus dem Trocknungsraum bestehen häufig darin, daß bei quer zur Bandlaufrichtung angeordneten Längsdüsen, oder Längsschlitzen, aufgrund des Druckgefälles bei seitlicher Abströmung, eine Verminderung der Düsenaustrittsgeschwindigkeit in Feldmitte auftritt und damit auch der Wärme- und Stoffübergang quer zur Bandlaufrichtung beeinflußt wird. Die Folge hiervon ist eine Randüber-trocknung, die bei vielen Beschichtungsvorgängen zu unerwünschten Strukturierungen der getrockneten Filme führt.

In der Fachzeitschrift "Chemie-Ingenieur-Technik", 42. Jahrgang, Heft 14 (1970), S. 927 bis 929, 43. Jahrgang, Heft 8 (1971), S. 516 bis 519 und 45. Jahrgang, Heft 5 (1973), S. 290 bis 294 werden deshalb Optimierungsvorschläge zur konstruktiven Gestaltung von Düsenfeldern in Schlitzdüsentrocknern gegeben, die über die gesamte Bandbreite eines Trockners einen konstanten Wärme- und Stoffübergang gewährleisten sollen. Zur Optimierung von Schlitzdüsentrocknern werden Stoffübergangsmessungen bei Prallströmung aus Schlitzdüsenfeldern mit unterschiedlichen Düsenflächen in einem weiten Bereich der äußeren Einflußgrößen empirisch korreliert. Die gefundene Beziehung wird dazu benutzt, optimale Düsengeometrien bezüglich der Ventilatorleistung pro m² Warenfläche zu ermitteln. Dabei zeigt sich, daß ein konstanter Wärme-

und Stoffübergang über die Bahnbreite dadurch erzielt wird, daß die Düsenslitze kontinuierlich vom Bahnrand zur Mitte hin zunehmende Schlitzweite aufweisen.

Beim Trocknen großflächiger Warenbahnen muß oftmals eine hohe Gleichmäßigkeit des Wärme- und Stoffübergangs über die Bahnbreite gefordert werden, um örtliche Übertrocknung und damit verbundene Qualitätsminderung zu vermeiden. In diesen Fällen werden vorzugsweise Schlitzdüsenfelder eingesetzt, in denen die Schlitze quer zur Laufrichtung der Bahn angeordnet sind. Die dabei beobachtete Randübertrocknung in den Schlitzdüsentrocknern mit Abströmung in Schlitzrichtung ist auf die Verteilung der Austrittsgeschwindigkeit längs der Schlitze zurückzuführen. Um diese Randübertrocknung zu vermeiden, folgt für Düsentrockner hieraus unter anderem, daß die Abströmfläche möglichst das 3,5-fache der Düsenaustrittsfläche betragen soll, um eine gleichmäßige Trocknung über die Breite der Warenbahn zu erhalten.

Es ist heute Stand der Technik, in Schwebetrocknern für Folien- oder Metallbänder mit Hilfe eines Tragluftdüsen systems berührungslos eine Oberflächenbehandlung vorzunehmen (Zeitschrift "gas wärme international", Band 24 (1975), Nr. 12, S. 527 bis 531). Es wird dabei die mit Lösungsmittel angereicherte Trocknerluft direkt in den Düsenfeldern wieder abgesaugt, um die unerwünschte Transversalströmung zu beseitigen. Dies ergibt sogenannte Düsentrockner bzw. Prallstrahlrockner, bei denen vor allem die staupunktähnliche Strömung einzelner Düsen nachteilig ist, die sowohl bei laminarer als auch bei turbulenter Strömungsform zu strömungsphysikalischen Instabilitäten neigt, die insbesondere bei niederviskosen Flüssigkeitsfilmen zwangsläufig zu irreversiblen Trocknungsstrukturen führen.

Zur Vermeidung von staupunktartigen Strömungen im Anfangsbereich der Trocknerapparatur wird nach der PCT-Anmeldung WO82/03450 die Trocknerluft aus einem Vorraum über geeignete Einlaßöffnungen und Strömungsabweiser in einen beruhigten Zwischenraum geführt, von dort aus gelangt ein Teil der Trocknerluft über ein in unmittelbarer Nähe zum Flüssigkeitsfilm angeordnetes poröses Filterelement auf die zu trocknende Bahn. Die Wirkungsweise einer solchen Trocknung beruht darauf, daß sich zwischen dem porösen Schutzschild und dem zu trocknenden Flüssigkeitsfilm eine beruhigte, an Lösungsmittel jedoch hoch angereicherte, schwache Luftströmung ausbildet, die durch Austausch mit der über dem porösen Medium transversal abströmenden Restluft ständig erneuert wird und somit, aufgrund der relativ kurzen Baulänge, eine Vortrocknung des Flüssigkeitsfilms mit verminderter Neigung zu Meliererscheinungen

erzielt wird.

Diese Art Trocknung ist gekennzeichnet durch überwiegende Diffusion des Lösungsmitteldampf/Luftgemisches durch den porösen Schutzschild, womit bei nahezu vollständig fehlendem konvektivem Abtransport innerhalb des Raumes zwischen Band und Schutzschild eine vollständige Austrocknung des Flüssigkeitsfilms nur bei sehr großen Trocknerlängen oder unter Hinzuschalten nachgeordneter Hilfstrockner möglich wird.

Ein besonderer Nachteil bisher eingesetzter Trocknungsvorrichtungen besteht darin, daß aufgrund der lösungsmittelbeladenen Luftströmungen innerhalb des Trocknerraumes eine mit der Außenatmosphäre verträgliche Abdichtungseinrichtung geschaffen werden muß. Je nach Größe des Absolutdruckes innerhalb des Trocknerraumes direkt über dem Flüssigkeitsfilm strömt bei Unterdruckverhältnissen entweder ein Teil der benötigten Frischluft über den endlichen Dichtungsspalt nach innen oder bei Überdruckverhältnissen ein Teil der lösungsmittelbeladenen Luft nach außen, wobei durch die Strömung im Dichtspalt auf dem ungetrockneten Flüssigkeitsfilm irreversible Strukturen erzeugt werden können.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mit denen auf Trägermaterialien aufgebrachte Flüssigkeitsschichten im Durchlaufbetrieb so getrocknet werden können, daß Oberflächenstrukturen, welche die gleichmäßige Verteilung der getrockneten Filmschicht stören und deren erwünschte Eigenschaften beeinträchtigen könnten, sowohl für hoch- als für niederviskose Flüssigkeitsschichten nicht auftreten.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art derart gelöst, daß ein Gas in Längsrichtung des Trägermaterials parallel zu der Flüssigkeitsschicht strömt und in Strömungsrichtung innerhalb der Trocknungszone beschleunigt wird.

Dabei strömt das Gas gleich- oder gegensinnig zur Laufrichtung des Trägermaterials entlang und parallel zu der Flüssigkeitsschicht und wird in Strömungsrichtung innerhalb der Trocknungszone beschleunigt.

In Ausgestaltung des Verfahrens wird die Anfangsgeschwindigkeit v_1 der Gasströmung auf eine Endgeschwindigkeit v_2 gesteigert, die bis zu dem 1000-fachen Wert der Anfangsgeschwindigkeit v_1 beträgt. Es wird dabei die Geschwindigkeitsverteilung der Gasströmung in den einzelnen Querschnitten der Trocknungszone quer zur Laufrichtung des Trägermaterials konstant eingestellt.

In Ausgestaltung des Verfahrens ist das Gas erwärmt und wird der Gesamtgasstrom an einem Ende der Trocknungszone abgesaugt. Zweckmäßigerweise ist die Trocknungszone so ausgestaltet,

daß im Eintrittsquerschnitt und in der Trocknungszone auftretende Störungen, wie Wirbel und Turbulenzen in der Gasströmung, durch die beschleunigte Gasströmung gedämpft und laminar werden. Dabei wird das Verfahren entweder in der Weise angewandt, daß die Durchströmung der Trocknungszone mit einem konstanten Gasvolumenstrom erfolgt, wobei der Querschnitt der Trocknungszone in Laufrichtung des Trägermaterials ständig verkleinert wird oder derart, daß der Gasvolumenstrom in Laufrichtung des Trägermaterials ständig erhöht wird, bei gleichbleibendem Querschnitt der Trocknungszone oder auch bei abnehmendem Querschnitt der Trocknungszone.

Bei dem Verfahren werden die in die Trocknungszone eingebrachten Turbulenzen der Gasströmung durch die in Strömungsrichtung lokal beschleunigte Gasströmung unmittelbar gedämpft und eine weitgehend laminare Strömung erhalten.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens läuft das Trägermaterial senkrecht durch die Trocknungszone hindurch und trägt eine Seite des Trägermaterials eine Flüssigkeitsschicht, die getrocknet wird.

Ebenso ist es möglich, daß das Trägermaterial beidseitig mit Flüssigkeitsschichten versehen ist und beide Seiten des Trägermaterials durch gegensinnig zur senkrechten Laufrichtung des Trägermaterials strömendes Trocknungsgas getrocknet werden. Das Trägermaterial kann auch mit auf seiner Unterseite aufgetragener Flüssigkeitsschicht horizontal oder schräg durch die Trocknungszone hindurchlaufen, wobei das Trocknungsgas unterhalb des Trägermaterials entlang der hängenden Flüssigkeitsschicht strömt.

Dabei wird das Verfahren entweder in der Weise angewandt, daß die Durchströmung der Trocknungszone mit einem konstanten Gasvolumenstrom erfolgt, wobei der Querschnitt der Trocknungszone gegen die Laufrichtung des Trägermaterials ständig kleiner wird oder derart, daß der Gasvolumenstrom gegen die Laufrichtung des Trägermaterials ständig erhöht wird, bei gleichbleibendem Querschnitt der Trocknungszone oder auch bei ständig sich vermindern dem Querschnitt der Trocknungszone.

Bei dem Verfahren tritt beispielsweise das Trägermaterial unten durch den Trocknereinlaß in die Trocknungszone ein, verläßt diese oben durch den Trocknerauslaß und wird der von oben nach unten gerichtete Gesamtgasstrom nahe dem Trocknereinlaß abgesaugt.

Eine Vorrichtung zum Trocknen einer auf einem bewegten Trägermaterial aufgebrachtene Flüssigkeitsschicht, die verdampfbare Lösungskomponenten und nicht-verdampfbare Komponenten enthält, mit einem Trocknungskanal, durch den in Längsrichtung das Trägermaterial läuft, mit einer

gasdurchlässigen Kanaldeckfläche, durch die ein Trocknungsgasstrom in den Trocknungskanal einströmt, zeichnet sich dadurch aus, daß die Kanaldeckfläche als gasdurchlässige Fläche ausgebildet ist, mit einer in Längsrichtung des Trocknungskanals einstellbaren Durchlässigkeit der Fläche für den Trocknungsgasstrom.

In Weiterbildung dieser Vorrichtung ist die Kanaldeckfläche gegenüber der horizontal verlaufenden Kanalgrundfläche geneigt, wobei die Kanaleinlaßhöhe des Trocknungskanals größer als die Kanalauslaßhöhe ist.

Bei einer anderen Ausführungsform der Vorrichtung ist die Kanaldeckfläche gegenüber der vertikal verlaufenden Kanalgrundfläche geneigt, wobei die Kanaleinlaßbreite des Trocknungskanals kleiner als die Kanalauslaßbreite ist. Dabei ist der Kanaleinlaß der Bereich, in dem das Beschichtungsgut in den Kanal einläuft.

Die weitere Ausgestaltung der Erfindung ergibt sich aus den Merkmalen der Patentansprüche 19 bis 35 und 37 bis 43.

Mit der Erfindung werden die Vorteile erzielt, daß mit relativ einfachen Baumaßnahmen, die eine bestimmte Gasstromführung im Trocknungskanal bewirken, die gewünschte störungsfreie Trocknung nieder- und hochviskoser Flüssigkeitsschichten auf Trägermaterialien erreicht wird. Dabei wird die mittlere Geschwindigkeit der Gasströmung von einer Eintrittsgeschwindigkeit v_1 über die Länge des Trocknungskanals auf eine Austrittsgeschwindigkeit v_2 , die wesentlich größer als v_1 ist, gesteigert. Die Geschwindigkeitsverteilung ist dabei in dem einzelnen Trocknungskanalquerschnitt konstant eingestellt, und die Geometrie des Trocknungskanals ist so ausgelegt, daß die im Eintrittsquerschnitt und im Trocknungskanal auftretenden Gasstörungen durch die Gasbeschleunigung ausgedämpft werden und daß der zur Trocknung notwendige Gesamtluftstrom am Ende des Trocknungskanals abgesaugt wird.

Der Gasstrom ist am Kanaleinlaß, wo die Flüssigkeitsschicht am empfindlichsten gegen Verblasungen ist, laminar. Dabei führt die hohe Strömungsgeschwindigkeit im Kanaleinlaßbereich zu einer raschen Abführung der Lösungsmittel. Die Flüssigkeitsschicht trocknet besonders schnell an und ist dann stabil gegen turbulente Strömungen, die am aufgeweiteten Kanalauslaß auftreten können. Bei einem Vertikalbandlauf des Trägermaterials von unten nach oben werden die schweren Lösungsmitteldämpfe durch den gegensinnigen Gasstrom in Richtung der Schwerkraft und nicht entgegengesetzt dazu abgeführt.

Es muß keine strömungsberuhigte Eingangszone eingestellt werden, und es spielt keine Rolle, ob im Bereich geringer Strömungsgeschwindigkeiten am weiten Kanalauslaß Turbulenzen auftreten oder

nicht, da die Schicht dort bereits angetrocknet ist. Die Luftströmung kann stark beschleunigt werden und dadurch die Trocknerstrecke ver kürzt werden. Der Wärmeübergang in der Trocknungszone wird u.a. durch die Gasgeschwindigkeit bestimmt. Bei gleichsinniger Gasströmung erfolgt die Bandanwärmung und damit die Trocknung näher am Kanalauslaß, bei gegensinniger Gasströmung näher am Kanaleinlaß der Trocknungszone.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittansicht einer ersten Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach der Erfindung,

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht einer zweiten Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach der Erfindung, mit einem sich verengenden Trocknungskanal mit rechteckförmigem Querschnitt,

Fig. 3 einen Schnitt entlang der Linie I - I der Trocknungsvorrichtung nach Fig. 2,

Fig. 4A und 4B je eine perspektivische Ansicht eines Trocknungskanals mit trompetenförmiger Geometrie, der anstelle des Trocknungskanals mit rechteckförmigem Querschnitt in den Ausführungsformen nach den Figuren 1 bis 3, 9 und 10 verwendet werden kann,

Fig. 5A eine Schnittansicht einer dritten Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung mit veränderlicher Durchlässigkeit der Deckfläche, teilweise aufgebrochen, nach der Erfindung,

Fig. 5B eine Schnittansicht einer vierten Ausführungsform der Erfindung, ähnlich Fig. 5A, mit konstanter Durchlässigkeit der Deckfläche,

Fig. 6 eine fünfte Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach der Erfindung im Schnitt,

Fig. 7 ein Geschwindigkeitsprofil der Gasströmung in Abhängigkeit von der Kanallänge des Trocknungskanals,

Fig. 8 ein Druckprofil, nämlich den statischen Unterdruck der Gasströmung gegenüber Atmosphärendruck, in Abhängigkeit von der Kanallänge des Trocknungskanals,

Fig. 9 eine Schnittansicht einer sechsten Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung für einseitige Trocknung des Trägermaterials, nach der Erfindung,

Fig. 10 eine schematische Schnittansicht einer siebenten Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung für beidseitige Trocknung des Trägermaterials nach der Erfindung, mit zwei sich verengenden Trocknungskanälen mit rechteckförmigem Querschnitt,

Fig. 11A und 11B einen schematischen Detailausschnitt im Bereich des Kanaleinlasses einer Trocknungsvorrichtung, in der mit Unterdruck das

Trägermaterial geführt wird, und eine schematische Schnittansicht im Bereich des Kanaleinlasses in leicht abgewandelter Ausführungsform gegenüber Fig. 11A,

Fig. 12A eine Schnittansicht einer achten Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung mit veränderlicher Durchlässigkeit der Deckfläche nach der Erfindung,

Fig. 12B eine Schnittansicht einer neunten Ausführungsform der Erfindung, ähnlich Fig. 12A, mit konstanter Durchlässigkeit der Deckfläche,

Fig. 13 eine zehnte Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach der Erfindung, im Schnitt, bei der die Laufrichtung des Trägermaterialbandes und die Strömungsrichtung des Trocknungsgases gleichsinnig sind, und

Fig. 14 eine schematische Schnittansicht einer elften Ausführungsform mit horizontal geführtem Untertrum des Trägermaterialbandes, auf dem eine Flüssigkeitsschicht aufgebracht ist, die nach unten weist.

In Figur 1 ist in schematischer Schnittansicht eine erste Ausführungsform einer Trocknungsvorrichtung 1 nach der Erfindung dargestellt. Ein Trägermaterialband 4, beispielsweise ein Metallband aus Aluminium oder ein Folienband, läuft an einer Breitschlitzdüse 34 vorbei, von der eine Flüssigkeitsschicht auf das Trägermaterialband 4 aufgetragen wird, die verdampfbare Lösungsmittelkomponenten und nichtverdampfbare Komponenten enthält. Das Trägermaterialband 4 wird um eine Umlenkrolle 35 herumgeführt und läuft durch einen Kanaleinlaß 27, der einen Einlaßquerschnitt A1 aufweist, in einen Trocknungskanal 2 ein. Dabei läuft das Trägermaterialband 4 im Trocknungskanal 2 sowie in einem an den Trocknungskanal 2 anschließenden Durchlaufkanal 20 auf Tragrollen 6, die versenkt in der horizontalen Kanalgrundfläche 3 bzw. im Kanalboden eingelassen sind. Die Trocknungsvorrichtung 1 kann auch als Trockner ausgebildet sein, in welchem das Trägermaterialband 4 über Lufttragedüsen freischwebend durch den Trocknungskanal 2 geführt ist und die Tragluft seitlich abgeführt wird.

Eine Kanaldeckfläche 7 ist als gasdurchlässige Fläche ausgebildet, die gegenüber der horizontal verlaufenden Kanalgrundfläche 3 geneigt ist, wobei die Kanaleinlaßhöhe h_1 des Kanaleinlasses 27 des Trocknungskanals 2 größer als die Kanalauslaßhöhe h_2 des Kanalauslasses 28 ist, der einen Auslaßquerschnitt A2 aufweist. Die Kanaldeckfläche 7 ist zu der horizontalen Kanalgrundfläche 3 beispielsweise in einem Winkel gleich $3^\circ 9'$ geneigt, wobei sich die durchlässige Kanaldeckfläche, beginnend an dem Kanaleinlaß 27, über die Gesamtlänge des Trocknungskanals 2 erstreckt.

Oberhalb des Trocknungskanals 2 befindet sich

ein Trocknungsraum 5, den eine Zwischenwand 10 von einer Gasaustauschkammer 15 trennt. In der Gasaustauschkammer 15 ist ein Gebläse 12 bzw. ein Ventilator angeordnet, dessen Gebläseausgang 16 gegen einen Wärmetauscher 17 in der Zwischenwand 10 gerichtet ist. In einer Bodenfläche 18 der Gasaustauschkammer 15 ist eine Öffnung vorhanden, in der eine Drosselvorrichtung, z.B. eine Drosselklappe 13 angeordnet ist, die um eine Horizontalachse verstellbar ist. Die Gasaustauschkammer 15 weist einen Gaseinlaß 19 auf, der an die Deckfläche der Gasaustauschkammer 15 anschließt und als Drosselvorrichtung eine Drosselklappe 14 enthält. Die Drosselvorrichtung kann unter anderem auch aus zwei gegeneinander verschiebbaren Lochblechen oder aus einer Lamellenblendenvorrichtung bestehen.

Das Gebläse 12 ist ein zweiflutiges Umwälzgebläse mit Rückschaufeln, wobei der aus dem Gaseinlaß 19 den Rückschaufeln zugegebene Frischgasstrom in den Trocknungsraum 5 gefördert wird.

Der Durchlaufkanal 20, der an den Trocknungskanal 2 anschließt, hat einen gleichbleibenden Querschnitt entsprechend dem Kanalauslaßquerschnitt A₂ des Trocknungskanals. Die Unterseite der Bodenfläche 18 der Gasaustauschkammer 15 ist zugleich die Deckfläche des Durchlaufkanals. Oberhalb der Deckfläche des Durchlaufkanals, nach der Gasaustauschkammer 15, befindet sich ein Ventilator bzw. ein Sauggebläse 9, dessen Ansaugöffnung in der Deckfläche des Durchlaufkanals liegt. In einem Auslaß 11 des Sauggebläses 9 ist eine Drosselklappe 8 angeordnet.

Die Kanaldeckfläche 7 besteht beispielsweise aus einem durchgehenden Filter mit konstanter Permeabilität.

Figur 2 zeigt eine schematische Schnittansicht einer zweiten Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung 1 nach der Erfindung, die gegenüber der ersten Ausführungsform auf der Oberseite der Kanaldeckfläche 7 zusätzliche Dosiereinrichtungen 21 für das zuzugebende Gas aufweist. Bei dem Gas handelt es sich im allgemeinen um erwärmte Luft. Der Trocknungskanal 2 ist ähnlich wie der Trocknungskanal der ersten Ausführungsform ausgebildet, mit einer horizontalen Kanalgrund- oder Bodenfläche 31 und einer dazu geneigten Kanaldeckfläche 7. Die Gas- bzw. Luftströmung im Einlaßquerschnitt A₁ des Kanaleinlasses hat eine Eintrittsgeschwindigkeit v₁ von nahezu Null, während die Austrittsgeschwindigkeit v₂ im Auslaßquerschnitt A₂ des Kanalauslasses bis zu 75 m/sec betragen kann. In Figur 2 ist aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit das Sauggebläse, das in Figur 1 mit dem Bezugszeichen 9 belegt ist, nicht eingezeichnet, obwohl es, ebenso wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel, vorhanden ist.

Die Dosiereinrichtungen 21 bestehen aus Kä-

sten mit zwei gegeneinander verschiebbaren Lochblenden 22, 23, deren Öffnungsquerschnitte einstellbar sind. Diese Lochblenden 22, 23 liegen entweder unmittelbar übereinander oder weisen, wie dargestellt, einen Abstand voneinander auf. Je nach der Einstellung der Öffnungsquerschnitte der Lochblenden 22, 23 (vgl. Fig.en 3A und 3B) ergeben sich unterschiedliche Durchlässigkeiten der einzelnen Kästen der Dosiereinrichtungen 21, so daß abschnittsweise, entsprechend den Längen der Kästen, unterschiedliche Luftmengen die Kanaldeckfläche 7 durchströmen. Somit ist es möglich, die in den Trocknungskanal 2 einströmende Gas- bzw. Luftmenge zusätzlich zu der sich ohne die Dosiereinrichtungen einstellenden unterschiedlichen Gasmengenverteilung über die Länge des Trocknungskanals 2 unterschiedlich zu regeln.

Oberhalb des Trägermaterialbandes 4 in der Gasaustauschkammer 15 herrscht beispielsweise ein Unterdruck von 3,35 mbar gegenüber dem Atmosphärendruck, während am Gebläseausgang des Gebläses 12 ein Überdruck von 1,4 mbar vorhanden ist. Im Trocknungsraum 5 oberhalb der Dosiereinrichtungen 21 beträgt der Überdruck etwa 1,1 mbar.

Die Bodenfläche 31 der Trocknungsvorrichtung weist mehrere Öffnungen 32 auf, von denen eine der Gasaustauschkammer 15 gegenüberliegt und mit dem gleichen Saugdruck bzw. Unterdruck beaufschlagt ist, wie er in der Gasaustauschkammer herrscht. Dadurch wird sichergestellt, daß das Trägerbandmaterial 4, das durch den Trocknungskanal 2 auf Tragrollen 6 hindurchläuft, von beiden Seiten mit dem gleichen Unterdruck beaufschlagt ist, so daß ein Abheben des Trägermaterialbandes 4 verhindert wird, wie es normalerweise in Richtung Gasaustauschkammer 15 auftritt, wenn nur in dieser Unterdruck herrscht.

Die übrigen Öffnungen 32, die auch in den Seitenwänden, knapp oberhalb der Bodenfläche angeordnet sein können, ermöglichen ein Absaugen der in unmittelbarer Nähe der Seitenwände befindlichen Gasschichten.

Wie aus Figur 3 ersichtlich ist, die einen Schnitt entlang der Linie I - I der Trocknungsvorrichtung 1 nach Figur 2 darstellt, ist der Trocknungskanalquerschnitt rechteckförmig, wobei sich die Kanalhöhe in Richtung auf den Kanalauslaßquerschnitt A₂ linear verringert. Die Kanaldeckfläche 7 und die Dosiereinrichtungen 21 sind beispielsweise in den Seitenwänden 29, 30 des Trocknungskanals 2 eingelassen. In der Bodenfläche 31 ist eine der Öffnungen 32 zu erkennen.

In den Figuren 4A und B ist perspektivisch je ein Trocknungskanal 2 dargestellt, der eine in Längsrichtung sich vom Kanaleinlaß zum Kanalauslaß verjüngende trompetenförmige Geometrie besitzt. Ein derartiger Trocknungskanal kann in den

Ausführungsbeispielen nach den Figuren 1 bis 3, 9 und 10 anstelle der dort gezeigten Trocknungskanäle verwendet werden. Durch die sich verjüngende trompetenförmige Geometrie der Trocknungskanäle ist sichergestellt, daß es zu einer Beschleunigung des Luft- bzw. Gasstromes in Strömungsrichtung kommt. Der Trocknungskanal nach Fig. 4A hat eine gekrümmte Deckfläche und gekrümmte Seitenwände, während der Trocknungskanal nach Fig. 4B rechteckförmigen Querschnitt, d.h. senkrecht zur Bodenfläche ausgerichtete Seitenwände, jedoch eine gekrümmte Deckfläche besitzt.

Die Beschleunigung der Strömung im Trocknungskanal kann durch zwei verschiedene Betriebsweisen oder auch durch eine Kombination dieser beiden Betriebsweisen erreicht werden. Bei der ersten Betriebsweise erfolgt die Durchströmung des Trocknungskanals 2 mit einem konstanten Luftvolumenstrom, der in allen Querschnitten des Trocknungskanals vorliegt, wobei die Querschnitte des Trocknungskanals in Bandlaufrichtung von dem Eintrittsquerschnitt A_1 auf den Auslaßquerschnitt A_2 ständig kleiner werden. Die längenabhängige Verminderung des Kanalquerschnitts ist so ausgeführt, daß in die Strömung eingebrachte Störungen ausgedämpft und die Strömung dadurch laminar wird. Dies geschieht in der Weise, daß z.B. über das Sauggebläse 9 bzw. den Ventilator bei geschlossenen Drosselvorrichtungen 13 und 14 der ersten Ausführungsform nach Figur 1 der zur Trocknung benötigte Gas- bzw. Luftvolumenstrom mit der Eintrittsgeschwindigkeit v_1 über den Kanaleinlaß 27 mit dem Einlaßquerschnitt A_1 angesaugt und über die in Bandlaufrichtung geneigte Kanaldeckfläche 7 auf die Austrittsgeschwindigkeit v_2 am Kanalauslaß 28 mit dem Auslaßquerschnitt A_2 beschleunigt wird. Die Einstellung des ausreichenden Luftvolumenstroms erfolgt hierbei durch Drehzahlregelung des Sauggebläses 9 bzw. des Ventilators und bei drehzahlunabhängiger Betriebsweise durch Verstellen der Drosselklappe 8 im Auslaß 11 des Sauggebläses 9.

Bei der zweiten Betriebsweise geschieht die Zugabe des zum Trocknen notwendigen Gas- bzw. Luftvolumenstroms über geeignete Dosiereinrichtungen, die in der oder über der Kanaldeckfläche angebracht sind. Der Gas- bzw. Luftvolumenstrom im Trocknungskanal wird dabei in Bandlaufrichtung ständig erhöht oder so eingestellt, daß Störungen ausgedämpft werden und der Gas- bzw. Luftstrom in eine Laminarströmung übergeht. Hierzu wird bei den Ausführungsformen der Erfindung, wie sie in den Figuren 1 bis 5B dargestellt sind, wobei die Ausführungsformen nach den Figuren 5A und 5B noch näher beschrieben werden, der zur Trocknung benötigte Gas- bzw. Luftvolumenstrom in den Trocknungsraum 5 über das Gebläse 12 bzw. den Umwälzventilator mit Rückschaufeln bei geöffneten

Drosselklappen 13 und 14 gefördert. Vom Trocknungsraum 5 strömt die Luft- bzw. Gasmenge über die Dosiereinrichtungen und die Kanaldeckfläche 7 in den Trocknungskanal 2 und wird in diesem auf die Austrittsgeschwindigkeit v_2 im Auslaßquerschnitt A_2 beschleunigt. Das Gebläse 9 bzw. der Ventilator ist hierbei so eingestellt, daß nur das über die Rückschaufeln des Gebläses 12 bzw. des Umwälzventilators zugegebene Gas aus dem Trocknungsraum 5 abgesaugt wird und die Restgasmenge ständig im Kreislauf gefördert wird. Dadurch wird erreicht, daß im Einlaßquerschnitt A_1 nahezu keine Strömung bzw. nur eine sehr geringe Strömung auftritt.

Bei den Ausführungsformen der Erfindung, wie sie in den Figuren 9 bis 12B dargestellt sind, wobei die Ausführungsformen nach den Figuren 12A und 12B noch näher beschrieben werden, wird der zur Trocknung benötigte Gas- bzw. Luftvolumenstrom über die Dosiereinrichtungen und die Kanaldeckfläche 7 und/oder den Kanalauslaß 28 in den Trocknungskanal 2 gefördert und in diesem auf die Austrittsgeschwindigkeit im Kanaleinlaßquerschnitt beschleunigt.

Dadurch wird erreicht, daß im Kanaleinlaßquerschnitt die maximale Geschwindigkeit über die Länge des Trocknungskanals auftritt.

In der ersten Betriebsweise der Ausführungsformen nach den Fig. 1 bis 5B wird für einen optimalen Betrieb der Einlaßquerschnitt A_1 so groß ausgelegt, bzw. die Anfangsgeschwindigkeit v_1 so klein gehalten, daß auf dem zu trocknenden Flüssigkeitsfilm keinerlei Anfangsstöreffekte in Form von Melierungen oder großflächigen Verblasungen auftreten.

Im einfachsten Betriebsfall wird das beschichtete Trägermaterialband 4 in unmittelbarer Nähe der horizontalen Kanalgrundfläche 3 geführt und die Strömungsbeschleunigung durch die in Strömungsrichtung geradlinig geneigte Kanaldeckfläche 7 herbeigeführt. Die Form des Kanalquerschnitts ist rechteckförmig, und die Kanalhöhe verkleinert sich linear von der Kanaleinlaßhöhe h_1 auf die Kanalauslaßhöhe h_2 . Der gleiche Effekt wird beispielsweise mit den in den Figuren 4A und B gezeigten trompetenförmigen Geometrien des Trocknungskanals 2 erzielt. Daneben sind noch andere Kanalgeometrien möglich, solange diese eine in Strömungsrichtung erforderliche Beschleunigung herbeiführen.

In der ersten Betriebsweise nach den Ausführungsformen der Fig. 9 bis 12B wird das beschichtete Trägermaterialband 4 in unmittelbarer Nähe der vertikalen Kanalgrundfläche 3 geführt und die Strömungsbeschleunigung durch die in Strömungsrichtung zur Kanalgrundfläche konvergierende Kanaldeckfläche 7 herbeigeführt. Die Form des Kanalquerschnitts ist rechteckförmig, und die Ka-

nalbreite verkleinert sich linear von der Kanalauslaßbreite b_2 auf die Kanaleinlaßbreite b_1 . Der gleiche Effekt wird beispielsweise mit den in den Figuren 4A und B gezeigten trompetenförmigen Geometrien des Trocknungskanals 2 erzielt. Daneben sind noch andere Kanalgeometrien möglich, solange diese eine in Strömungsrichtung erforderliche Beschleunigung herbeiführen.

Bei der zweiten Betriebsweise ergeben sich insbesondere gute Trocknungsergebnisse, wenn bei rechteckförmigem Kanalquerschnitt die horizontal bzw. vertikal verlaufende Kanaldeckfläche 7 als durchgehendes, gasdurchlässiges Filter ausgelegt wird. Bei konstantem Kanalquerschnitt über die Länge des Trocknungskanals, d.h. mit anderen Worten, bei horizontal bzw. vertikal und parallel zur Kanalgrundfläche verlaufender Kanaldeckfläche stellt sich bei konstanter Filterpermeabilität längs des Trocknungskanals aufgrund des ansteigenden Gasmengenstroms von sich aus die gewünschte Beschleunigung der Strömung ein, die zusätzlich noch durch die sich ändernde Durchlässigkeit des durchgehenden Filters gesteuert werden kann. Die Kanaldeckfläche 7 muß nicht aus einem durchgehenden Filter bestehen, sondern kann vielmehr auch aus aneinandergereihten, gleichdicken Filtermatten 26 (vgl. Fig. 5A und 12A) mit unterschiedlicher Durchlässigkeit bestehen. Diese kann auch dadurch erreicht werden, daß die Filtermatten gleiche Konsistenz bzw. gleichen Aufbau besitzen, jedoch unterschiedliche Dicken aufweisen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Filtermatten mit gleicher Dicke, jedoch mit unterschiedlichem Aufbau bzw. unterschiedlicher Konsistenz auszugestalten.

Bei geneigter Kanaldeckfläche 7 wird der Gasmengenstrom und damit die Strömungsbeschleunigung durch die Neigung der Kanaldeckfläche bestimmt. Falls die geneigte Kanaldeckfläche 7 aus einem durchgehenden Filter oder aus Filtermatten besteht, besitzen diese zweckmäßigerweise gleichmäßigen Aufbau bzw. gleichmäßige Konsistenz und damit gleichbleibende Durchlässigkeit über die Länge des Trocknungskanals 2.

Die kombinierte Anwendung der ersten und zweiten Betriebsweise hat vor allem dann Vorteile, wenn bereits bei der Beschichtung, die in der Regel unmittelbar vor der Trocknungsvorrichtung 1 durch die Breitschlitzdüse 34 durchgeführt wird, freiwerdende Lösungsmitteldämpfe abgesaugt werden müssen.

Die beschleunigte Strömung sowohl bei der ersten als auch bei der zweiten Betriebsweise trägt offenbar in mehrfacher Weise zum schnellen Trocknen der Flüssigkeitsschicht und zur strukturfreien Oberflächenausgestaltung der beschichteten Trägermaterialbänder bei. Durchgeführte Untersuchungen zeigen, daß makroskopische Strömungs-

turbulenzen, die beispielsweise durch die Zugabestellen des Gas- bzw. Luftstromes erzeugt werden, im Trocknungskanal 2 bei richtiger Einstellung der ersten oder zweiten Betriebsweise so gedämpft werden, daß keine Störungen des Trocknungsvorganges unmittelbar nach den Zugabestellen mehr auftreten, d.h. die Strömung wird bereits in unmittelbarer Nähe des Entstehungsortes der Turbulenzen laminar. Beobachtungen zeigen, daß dies durch die herbeigeführte Beschleunigung der turbulenten Teilbereiche der Gas- bzw. Luftströmung bei gleichzeitiger Längsausrichtung bzw. Längsdeformation dieser turbulenten Bereiche erzwungen wird.

Die beschleunigte Gas- bzw. Luftströmung verläuft in Bandnähe parallel zum Trägermaterialband und ist gleich- oder gegensinnig zu dessen Laufrichtung gerichtet, so daß durch die relativ zum Flüssigkeitsfilm immer schneller werdende Gas-/Luftströmung und deren Grenzschichtströmung in der Nähe des Flüssigkeitsfilms die Diffusionswege des verdampfenden Lösungsmittels klein gehalten werden und somit bei hoher Endgeschwindigkeit der Gas-/Luftströmung, jedoch kleiner Trocknungskanallänge, ein großer Wärme- und Stoffübergang von der Flüssigkeitsschicht zu dem Trocknungsmedium ermöglicht wird.

In einem konvergenten Trocknungskanal, bei Luftströmung von oben nach unten und gegensinnig zur Bandlaufrichtung, werden Schichten ohne Verblasungen erzeugt, wobei die Luftströmung und die Lösemitteldämpfe der Schwerkraft folgen.

Die über die Breite des zu trocknenden, flüssigkeitsbeschichteten Trägermaterialbandes 4 vorliegende konstante Geschwindigkeit der Strömung ergibt eine sehr gleichmäßige Trocknung des Flüssigkeitsfilms quer zur Bahnlaufrichtung. Dies bedeutet, daß die Geschwindigkeitsverteilung der Gas-/Luftströmung in den einzelnen Querschnitten der Trocknungszone bzw. des Trocknungskanals quer zur Laufrichtung des Trägermaterialbandes konstant gehalten werden muß.

Figur 5A zeigt eine schematische Schnittansicht einer dritten Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung 1, bei der der Trocknungskanal 2 eine horizontal verlaufende Kanaldeckfläche 7 besitzt, die parallel zu der Kanalgrundfläche 3 verläuft. Die horizontale Kanaldeckfläche 7 besteht aus aneinandergereihten, gleichdicken Filtermatten 26, die unterschiedliche Durchlässigkeit für ein Gas bzw. Luft aufweisen. In Figur 5A ist die unterschiedliche Durchlässigkeit durch unterschiedlich starke Schraffuren der einzelnen Filtermatten 26 angedeutet, in der Weise, daß die Filtermatte nahe dem Kanaleinlaß stärker schraffiert ist, entsprechend ihrer geringeren Durchlässigkeit, und die Schraffuren der Filtermatten 26 in Richtung des Kanalauslasses abnehmen, um anzuzeigen, daß

die Durchlässigkeit der Filtermatten in Laufrichtung des Trägermaterialbandes 33 zunimmt. Die übrigen Bauteile der Trocknungsvorrichtung, die mit den Bauteilen der ersten und zweiten Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung übereinstimmen, sind mit den gleichen Bezugszahlen wie in den Figuren 1 bis 3 belegt. Vor dem Kanaleinlaß 27 des Trocknungskanals 2 befindet sich eine Abdichtmatte 36. Die Kanalquerschnitte sind über die Länge des Trocknungskanals 2 gleichbleibend. Wegen der unterschiedlichen Durchlässigkeiten der Filtermatten 26 strömt jeweils eine unterschiedliche Gas-/Luftmenge durch die einzelne Filtermatte 26, was durch die Größe der gebogenen Pfeile P_1 bis P_5 , die den einzelnen Filtermatten 26 zugeordnet sind, angedeutet wird. Durch die in Richtung des Kanalaustritts erfolgte Zunahme der zugeführten Gas-/Luftmenge ergibt sich eine Beschleunigung der Strömung in Laufrichtung des Trägermaterialbandes 33. Diese Beschleunigung bzw. dieser Geschwindigkeitszuwachs der Strömung auf den Kanalauslaß hin ist durch die größer werdenden Geschwindigkeitspfeile v_i , die parallel zu dem Trägermaterialband 33 eingezeichnet sind, angedeutet.

Die in Fig. 5B gezeigte vierte Ausführungsform stimmt, mit Ausnahme der Deckfläche, mit der dritten Ausführungsform überein. Die Deckfläche 7 der vierten Ausführungsform besitzt gleichbleibende Permeabilität über die Kanallänge. Da der über die Deckfläche zugeführte Gasmengenstrom in Richtung Auslaßquerschnitt auch bei konstanter Permeabilität der Deckfläche zunimmt, erfolgt eine Beschleunigung der Strömung in Laufrichtung des Trägermaterialbandes 33.

Selbstverständlich ist es auch möglich, daß die aus Filtermatten 26 aufgebaute gas-/luftdurchlässige Kanaldeckfläche 7 nicht horizontal, d.h. parallel zu der Kanalgrundfläche 3, verläuft, sondern, ebenso wie bei der ersten und zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Trocknungsvorrichtung, zu der Kanalgrundfläche 3 geneigt ist. Die Kanaldeckfläche 7 kann ferner aus aneinandergereihten Filtermatten gleicher Struktur und gleicher Konsistenz, jedoch unterschiedlicher Dicken, bestehen, wobei die Dicke der Filtermatten in Laufrichtung des Trägermaterialbandes 33 abnimmt, d.h. mit anderen Worten, die Durchlässigkeit der Filtermatten in Richtung des Kanalauslasses zunimmt.

Bei dem Filter bzw. den Filtermatten handelt es sich um handelsübliche sogenannte Laminardurchflußfilter, wie sie beispielsweise in Zuluftfilteranlagen von Rein-Räumen eingesetzt werden. Derartige Filterelemente filtern einerseits Schmutzpartikel aus dem Gas-/Luftstrom heraus und sorgen andererseits für eine sehr gleichmäßige laminare Strömung durch die einzelnen Filterelemente hindurch in den Trocknungskanal hinein.

Figur 6 zeigt eine fünfte Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach der Erfindung im Schnitt, bei der die Kanaldeckfläche 7 gegenüber der horizontalen Kanalgrundfläche 3 geneigt ist. Die Kanaldeckfläche 7 ist gas-/luftdurchlässig und besteht aus einem durchgehenden Filter kann aber auch aus aneinandergereihten Filtermatten gefertigt sein, wie sie in Figur 5A dargestellt sind. Oberhalb der Kanaldeckfläche 7 befinden sich Dosiereinrichtungen 24, die Lamellen 25 enthalten, welche zueinander verstellbar sind. Die einzelne Lamelle liegt parallel zu der Kanaldeckfläche 7 und ist entlang ihrer Längsachse verstellbar. Die Anordnung der Lamellen 25 und ihre Verstellbarkeit ist in etwa vergleichbar mit Sonnenblenden, die aus Lamellen aufgebaut sind und ist in Fig. 6 angedeutet, in der die Lamellen 25 nahe dem Einlaßquerschnitt A_1 parallel und nahe dem Auslaßquerschnitt A_2 senkrecht zur Deckfläche 7 dargestellt sind.

Die übrigen Bauteile der fünften Ausführungsform stimmen mit den entsprechenden Bauteilen der ersten bis dritten Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung überein, und ihre Beschreibung wird daher nicht wiederholt.

Die Figuren 7 und 8 zeigen ein Geschwindigkeitsprofil der Gas-/Luftströmung bzw. ein Druckprofil, nämlich den statischen Unterdruck der Strömung gegenüber dem Atmosphärendruck, jeweils in Abhängigkeit von der Kanallänge des Trocknungskanals. Der Verlauf des Geschwindigkeitsprofils ähnelt sehr stark dem Verlauf des Druckprofils über der Kanallänge. Bis zur Mitte der Kanallänge, die im vorliegenden Fall etwa 5,4 m beträgt, steigt die Geschwindigkeit der Strömung bzw. der Unterdruck in etwa linear mit der Kanallänge an, während in der zweiten Hälfte des Trocknungskanals ein starker exponentieller Anstieg dieser Größen auftritt.

In Figur 9 ist in schematischer Schnittansicht eine sechste Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung 1 nach der Erfindung dargestellt. Das Trägermaterialband 4, beispielsweise ein Metallband aus Aluminium oder ein Folienband, läuft an der Breitschlitzdüse 34 vorbei, von der eine Flüssigkeitsschicht auf das Trägermaterialband 4 aufgetragen wird, die verdampfbare Lösungsmittelkomponenten und nichtverdampfbare Komponenten enthält. Das Trägermaterialband 4 wird um die Umlenkrolle 35 herumgeführt und läuft senkrecht nach oben durch einen Kanaleinlaß 27, der eine Kanaleinlaßbreite b_1 aufweist, in den Trocknungskanal 2 ein. Dabei läuft das Trägermaterialband 4 im Trocknungskanal 2 auf Tragrollen 6, die versenkt in der vertikalen Kanalgrundfläche 3 bzw. im Kanalboden eingelassen sind. Die Trocknungsvorrichtung 1 kann auch als Trockner ausgebildet sein, in welchem das Trägermaterialband 4 über Lufttraggedüsen freischwebend geführt ist. Das Trägerma-

terialband kann im Kanaleinlaßbereich auch durch Unterdruck an dem Kanalboden anliegend und anschließend über Stützwalzen durch den Trocknungskanal 2 geführt werden.

Die Kanaldeckfläche 7 ist als gasdurchlässige Fläche ausgebildet, die gegenüber der vertikal verlaufenden Kanalgrundfläche 3 geneigt ist, wobei die Kanaleinlaßbreite b_1 des Kanaleinlasses 27 des Trocknungskanals 2 kleiner als die Kanalauslaßbreite b_2 des Kanalauslasses 28 ist. Die Kanaldeckfläche 7 erstreckt sich beispielsweise, beginnend an dem Kanaleinlaß 27, über die Gesamtlänge des Trocknungskanals 2.

Die Kanaldeckfläche 7 besteht aus einem durchgehenden Filter mit konstanter Permeabilität. Die Querschnitte des Trocknungskanals 2 sind rechteckförmig, wobei sich die Kanalbreite von dem Kanaleinlaß 27 nach oben hin linear auf die Kanalauslaßbreite b_2 vergrößert. Seitlich von dem Trocknungskanal 2 befindet sich ein Luftraum 67 der Trocknungsvorrichtung 1. In der senkrechten Seitenwand des Luftraumes 67 sind Einströmkanäle 44, 45, 46 angeordnet, durch die Trocknungsgas, insbesondere erwärmte Luft, einströmt und durch die Kanaldeckfläche 7 in Richtung der Pfeile P in den Trocknungskanal 2 eintritt. Nach oben hin ist der Kanalauslaß 28 des Trocknungskanals 2 durch einen Einströmkasten 39 mit einer Filtermatte 48 abgeschlossen, durch den Trocknungsgas in Strömungsrichtung B nach unten, gegensinnig zur Laufrichtung A des Trägermaterialbandes 4, durch den Kanaleinlaß 27 in einen Absaugkasten 37 strömt, der den Kanaleinlaß nach unten hin abschließt. Der Absaugkasten 37 ist mit einer Filtermatte 47 und einem diagonal angeordneten gelochten Prallblech 49 ausgestattet, das eine Wirbelbildung in der Gasströmung verhindert. Ebenfalls kann der Einströmkasten 39 mit einem gelochten Prallblech 73 ausgestattet sein. Das Prallblech 49 kann auch weggelassen werden, falls die Filtermatte 47 allein dazu ausreicht, eine Wirbelbildung zu unterdrücken. Für den Fall, daß die über den Kanalauslaß eintretende Gasströmung im konvergenten Trocknungskanal 2 allein zum Trocknen ausreicht, kann die Kanaldeckfläche 7 aus undurchlässigem Material gefertigt werden, und das Einblasen eines Trocknungsgases durch die Seitenwand entfällt, so daß die Einströmkanäle in der senkrechten Seitenwand der Trocknungsvorrichtung 1 wegfallen können.

Der Trocknungskanal 2 ist am Kanaleinlaß 27 und am Kanalauslaß 28 durch Lamellendichtungen 38 bzw. 40 oder Labyrinthdichtungen möglichst dicht gegen das bewegte Trägermaterialband 4 abgeschlossen. Die Lamellendichtungen 38 und 40 sind an den vertikalen Außenwänden des Absaugkastens 37 bzw. des Einströmkastens 39 angebracht, die dem Trägermaterialband 4 zugewandt

sind. Am Kanaleinlaß 27 für das Trägermaterialband 4 wird das Trocknungsgas durch den Absaugkasten 37 hindurch abgezogen, wobei je nach Verengung des Kanalquerschnittes und der Menge des eingespeisten bzw. abgesaugten Trocknungsgases eine Geschwindigkeitssteigerung der Gasströmung von oben nach unten im Trocknungskanal 2 entsteht, die Turbulenzen unterdrückt. Das aus dem Kanalauslaß 28 austretende Trägermaterialband 4 wird durch eine Umlenkrolle 36 aus der Vertikalrichtung in eine bestimmte Richtung zur weiteren Verarbeitung geführt.

Bei der zur Laufrichtung A des Trägermaterialbandes 4 gegensinnigen Strömung des Trocknungsgases zeigt sich, daß in dem nach unten konvergenten Trocknungskanal 2 die Flüssigkeitsschicht auf dem Trägermaterialband 4 ohne Verblasungen strukturfrei trocknet. Bei dieser Art von Trocknung folgen die Gasströmung und die von der Flüssigkeitsschicht herrührenden Lösungsmitteldämpfe der Schwerkraft. Die im Gegenlauf zum laminaren, nach unten beschleunigten Gasstrom getrocknete Schicht auf dem Trägermaterialband 4 zeigt keine Verblasungen, die unter Umständen durch infolge der Schwerkraft abgelöste und herabfallende Lösungsmitteldämpfe verursacht werden. Dies kann durch Stillstands-Versuche gezeigt werden, bei denen das mit der Flüssigkeitsschicht versehene Trägermaterialband 4 im Trocknungskanal 2 angehalten, und mit Hilfe von Strömungsprüfröhrchen gezeigt wird, daß Wirbel von Lösungsmitteldämpfen nicht auftreten.

Fig. 10 zeigt eine schematische Schnittansicht einer siebenten Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung für die beidseitige Trocknung des Trägermaterialbandes 4, das beispielsweise auf beiden Seiten eine Flüssigkeitsschicht trägt und senkrecht von unten nach oben durch die Trocknungsvorrichtung hindurchläuft. Die beiden Trocknungskanäle 2 und 2' sind symmetrisch zur Senkrechten ausgebildet. In Figur 10 sind die außerhalb des Trocknungskanals 2 befindlichen Bauteile, die an den Einströmkasten 39 und den Absaugkasten 37 anschließen, dargestellt, während die gleichen, am rechten Trocknungskanal 2' angeschlossenen Bauteile zur Vereinfachung der Zeichnung weggelassen wurden.

Das Trägermaterialband 4 läuft schräg von oben nach unten in einen Behälter 50 mit der aufzubringenden Flüssigkeit aus verdampfbaren Lösungsmittelkomponenten und nicht-verdampfbaren Komponenten ein und wird um eine Umlenkrolle 51 senkrecht nach oben durch den Spalt von Abquetschwalzen 52, 53 und zwischen den Absaugkästen 37, 37' hindurch in die Trocknungsvorrichtung geführt.

In dem Behälter 50 wird das Trägermaterialband 4 beidseitig mit Flüssigkeit beschichtet, deren

Überschuß im Spalt zwischen den Abquetschwalzen 52, 53 abgequetscht wird. Selbstverständlich können auch andere bekannte Antragsverfahren zum beidseitigen Beschichten des Trägermaterialbandes 4 angewandt werden. Innerhalb der Trocknungsvorrichtung trennt das Trägermaterialband 4 die beiden Trocknungskanäle 2, 2' voneinander und tritt zwischen den beiden Einströmkästen 39, 39' aus der Trocknungsvorrichtung aus. Das Trocknungsgas wird über die Filtermatten bzw. Metallgewebe oder dergleichen der Einströmkästen 39, 39' in die Trocknungskanäle 2, 2' in die Strömungsrichtungen B, B' vertikal nach unten, gegensinnig zur Laufrichtung A des Trägermaterialbandes 4, eingeblasen. Die Trocknungskanalquerschnitte verengen sich nach unten, wodurch es zu einer Beschleunigung der Trocknungsgasströme in Richtung der Kanaleinlässe kommt. Das Trocknungsgas wird durch die Filtermatten bzw. Metallgewebe der Absaugkästen 37, 37', welche die Kanaleinlässe nach unten hin abschließen, abgesaugt. Das durch den linken Absaugkasten 37 abgesaugte Trocknungsgas strömt durch eine Umluftleitung 54, in der eine Drosselklappe 55 angeordnet ist, in einen Lüftungskasten 56. Der Lüftungskasten 56 besitzt eine Frischluftzuleitung, in der eine Drosselklappe 58 zum Regeln der zugeführten Frischluftmenge montiert ist. Die Frischluft strömt in Strömungsrichtung C in den Lüftungskasten 56. Desweiteren ist an dem Lüftungskasten 56 eine Abluftleitung angebracht, in der in Strömungsrichtung D verbrauchte Luft abgeführt wird. In dieser Abluftleitung befindet sich eine Drosselklappe 59 zum Regeln der abgeführten Luftmenge.

Von dem Lüftungskasten 56 führt die Umluftleitung durch einen Wärmetauscher 57 hindurch, in welchem die in der Umluftleitung strömende Luft erwärmt wird, bevor sie über eine Drosselklappe 60 in den Einströmkasten 39 eintritt.

Die aus dem Trocknungskanal 2' über den Absaugkasten 37' abströmende Luftmenge zirkuliert in der gleichen Weise, wie voranstehend beschrieben ist, durch die nicht gezeigten Bauteile für die Aufbereitung der Umluft und wird über den Einströmkasten 39' in den Trocknungskanal 2' zurückgeführt.

In Fig. 11A ist der Bereich des Kanaleinlasses 27 einer weiteren Ausführungsform der Erfindung im einzelnen dargestellt. Diese Ausführungsform entspricht im wesentlichen der Ausführungsform nach Fig. 9, mit dem Unterschied, daß das Trägermaterialband 4 nicht über Rollen läuft, die in der Kanalgrundfläche eingelassen sind, sondern die Rückseite des Trägermaterialbandes 4 im Absaugbereich des Kanaleinlasses mit Unterdruck beaufschlagt wird, wodurch sichergestellt wird, daß das Trägermaterialband nicht durch die an der Oberseite entstehende Gasströmung abgelenkt wird. Es

liegt eine gegensinnige Trocknungsgasströmung zu der senkrecht nach oben gerichteten Laufrichtung des Trägermaterialbandes 4 vor. Im Absaugbereich befindet sich eine Unterdruckkammer 41, die beispielsweise durch eine poröse Platte 42 gegen die Rückseite des Trägermaterialbandes 4 hin geöffnet ist. Im Inneren der Unterdruckkammer ist ein Lochblech 68 angeordnet, das für ein gleichmäßiges Abströmen des abgesaugten Gases bzw. der abgesaugten Luft sorgt. Der Kanaleinlaß 27 ist, ebenso wie im Falle der Ausführungsform nach Fig. 9, durch einen Absaugkasten 37 nach unten hin abgeschlossen. Die in Strömungsrichtung B beschleunigte Gasströmung tritt durch eine Filtermatte 47, ein Metallgewebe oder dergleichen in das Innere des Absaugkastens 37 ein, in dem noch ein diagonal angeordnetes, gelochtes Prallblech 49 vorhanden sein kann. Dieses Prallblech ist nicht unbedingt erforderlich und kann auch weggelassen werden, falls es nicht zu Wirbelbildungen innerhalb des Absaugkastens 37 kommt. Zweck des Prallbleches 49 ist es nämlich, eine Wirbelbildung innerhalb des Absaugkastens 37 zu verhindern, damit eine über die gesamte Trocknerbreite gleichmäßige Absaugung gewährleistet ist. An der senkrechten Außenseite des Absaugkastens 37, zugewandt der Vorderseite des Trägermaterialbandes 4, ist eine Lamellendichtung 38 oder eine Labyrinthdichtung angeordnet, die den Kanaleinlaß möglichst dicht, jedoch berührungsfrei, gegen das bewegte Trägermaterialband 4 abschließt. In das Innere des Trocknungskanals wird, ebenso wie im Falle der Ausführungsform nach Fig. 9, durch die geneigte Kanaldeckfläche 7 Trocknungsgas bzw. Trocknungsluft eingespeist.

In Figur 11B ist der Absaugbereich einer Ausführungsform dargestellt, die weitgehend der Ausführungsform nach Fig. 11A entspricht, mit dem einzigen Unterschied, daß anstelle der Lamellendichtung eine Rakeldichtung 43 an der senkrechten Außenseite des Absaugkastens 37 angebracht ist und den Kanaleinlaß möglichst dicht gegen das Trägermaterialband 4 abschließt. An der Rückseite des Trägermaterialbandes 4 befindet sich wieder eine Unterdruckkammer 41, die eine Ablenkung des Trägermaterialbandes 4 durch die an der Oberseite entstehende Gasströmung verhindert.

Figur 12A zeigt eine schematische Schnittansicht einer achten Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung 1, bei der der Trocknungskanal 2 eine senkrecht verlaufende Kanaldeckfläche 7 besitzt, die parallel zu der senkrechten Kanalgrundfläche 3 verläuft. Die Kanaldeckfläche 7 besteht aus aneinandergereihten, gleichdicken Filtermatten 26, die unterschiedliche Durchlässigkeit für ein Gas bzw. Luft aufweisen. In Figur 12A ist die unterschiedliche Durchlässigkeit durch unterschiedlich starke Schraffuren der einzelnen Filtermatten 26

angedeutet, in der Weise, daß die Filtermatte nahe dem Kanalauslaß stärker schraffiert ist, entsprechend ihrer geringeren Durchlässigkeit, und die Schraffuren der Filtermatten 26 in Richtung des Kanaleinlasses abnehmen, um anzuzeigen, daß die Durchlässigkeit der Filtermatten entgegen der Laufrichtung A des Trägermaterialbandes 33 zunimmt. Die übrigen Bauteile der Trocknungsvorrichtung, die mit den Bauteilen der Ausführungsformen der Trocknungsvorrichtung nach den Fig. 9 und 11A übereinstimmen, sind mit den gleichen Bezugszahlen wie in den Figuren 9 und 11A belegt. Vor dem Kanaleinlaß 27 des Trocknungskanals 2 befindet sich ein Absaugkasten 37 mit einer Filtermatte 47. Die Kanalquerschnitte sind über die Länge des Trocknungskanals 2 gleichbleibend. Wegen der unterschiedlichen Durchlässigkeiten der Filtermatten 26 strömt jeweils eine unterschiedliche Gas-/Luftmenge durch die einzelne Filtermatte 26, was durch die Größe der gebogenen Pfeile P₁ bis P₄, die den einzelnen Filtermatten 26 zugeordnet sind, angedeutet wird. Über den Einströmkasten 39 mit der Filtermatte 48 strömt von oben Luft bzw. Gas in den Trocknungskanal 2. Durch die in Richtung des Kanaleinlasses erfolgte Zunahme der zugeführten Gas-/Luftmenge ergibt sich eine Beschleunigung der Strömung entgegen der Laufrichtung des Trägermaterialbandes 33. Diese Beschleunigung bzw. dieser Geschwindigkeitszuwachs der Strömung auf den Kanaleinlaß hin ist durch die größer werdenden Geschwindigkeitspfeile v_i, die parallel zu dem Trägermaterialband 33 eingezeichnet sind, angedeutet. Die seitliche Zufuhr von Trocknungsgas bzw. Luft durch die Kanaldeckfläche 7 erfolgt über Einströmkäme 61 der Trocknungsvorrichtung 1.

Die in Fig. 12B gezeigte neunte Ausführungsform stimmt, mit Ausnahme der Deckfläche, mit der achten Ausführungsform überein. Die Deckfläche 7 der neunten Ausführungsform besitzt gleichbleibende Permeabilität über die Kanallänge. Da der über die Deckfläche zugeführte Gasmengenstrom in Richtung Kanaleinlaß auch bei konstanter Permeabilität der Deckfläche zunimmt, erfolgt eine Beschleunigung der Strömung entgegen der Laufrichtung des Trägermaterialbandes 33.

Der Einström- und der Absaugkasten sind mittels Labyrinthdichtungen 40 bzw. 38 gegen das Trägermaterialband 33 abgedichtet, und eine Unterdruckkammer 41 sorgt für Unterdruck auf der Rückseite des Trägermaterialbandes 33 im Bereich des Kanaleinlasses, um eine Bandablenkung an der Vorderseite des Bandes 33 durch die Strömung zu verhindern.

Die Kanaldeckfläche 7 kann ferner aus aneinandergereihten Filtermatten gleicher Struktur und gleicher Konsistenz, jedoch unterschiedlicher Dicken, bestehen, wobei die Dicke der Filtermatten

entgegen der Laufrichtung des Trägermaterialbandes 33 abnimmt, d.h. mit anderen Worten, die Durchlässigkeit der Filtermatten in Richtung des Kanaleinlasses zunimmt.

Figur 13 zeigt eine zehnte Ausführungsform der Trocknungsvorrichtung nach der Erfindung im Schnitt, bei der die Kanaldeckfläche 7 gegen die vertikale Kanalgrundfläche 3 in Richtung Kanalauslaß konvergiert. Die Kanaldeckfläche 7 ist gas-/luftdurchlässig und besteht aus einem durchgehenden Filter, kann aber auch aus aneinandergereihten Filtermatten gefertigt sein, wie sie in Figur 12A dargestellt sind.

Der Kanaleinlaß des Trocknungskanals 2 ist größer als der Kanalauslaß. Die Querschnitte des Trocknungskanals 2 sind rechteckförmig, wobei sich die Kanalbreite von dem Kanaleinlaß nach oben hin linear auf die Breite des Kanalauslasses verkleinert. Seitlich von dem Trocknungskanal befindet sich ein Luftraum 69 der Trocknungsvorrichtung. In der senkrechten Seitenwand des Luftraumes 69 sind Einströmkäme 62 angeordnet, durch die Trocknungsgas, beispielsweise erwärmte Luft, einströmt und durch die Kanaldeckfläche 7 in Richtung der Pfeile P₁ bis P₄ in den Trocknungskanal 2 eintritt. Die zunehmende Größe der Pfeile P₁ bis P₄ zeigt an, daß die Strömung des Trocknungsgases innerhalb des Trocknungskanals 2 von unten nach oben hin zunimmt, das heißt mit anderen Worten, daß die Strömungsgeschwindigkeit in Richtung Kanalauslaß anwächst.

Das Trägermaterialband 4 ist um eine Umlenckrolle 35 herumgeführt, der eine Breitschlitzdüse 34 in 7-Uhr-Stellung mit geringem Spalt gegenüberliegt. Durch die Breitschlitzdüse 34 wird eine Flüssigkeitsschicht aus verdampfbareren Lösungsmittelkomponenten und nicht-verdampfbareren Komponenten auf die Vorderseite des Trägermaterialbandes 4 aufgetragen, das senkrecht nach oben durch den Kanaleinlaß in den Trocknungskanal 2 einläuft. Dabei läuft das Trägermaterialband 4 über Tragrollen 6, die seitlich im geringen Abstand von der Kanalgrundfläche 3 angeordnet sind.

Der Kanaleinlaß ist durch einen Einströmkasten 39 mit einer Filtermatte 48 abgeschlossen, und das gesamte oder ein Teil des Trocknungsgases strömt durch den Einströmkasten 39 und die Filtermatte 48 in Strömungsrichtung B nach oben, gleichsinnig zur Laufrichtung A des Trägermaterialbandes 4, durch den Trocknungskanal 2.

Den Kanalauslaß schließt ein Absaugkasten 37 mit einer Filtermatte 47 ab, durch welche das Trocknungsgas abgesaugt wird.

Der Trocknungskanal 2 ist am Kanaleinlaß und am Kanalauslaß durch Lamellendichtungen 40 bzw. 38 bzw. Labyrinthdichtungen möglichst dicht, jedoch ohne zu streifen, gegen das bewegte Trägermaterialband 4 abgeschlossen. Die Lamellendich-

tungen 38, 40 befinden sich an den senkrechten Außenwänden des Absaugkastens 37 bzw. des Einströmkastens 39, die dem Trägermaterialband 4 zugewandt sind.

Das aus dem Kanalauslaß austretende Trägermaterialband 4 wird über eine Umlenkrolle 36 geführt und aus der Senkrechtrichtung in eine schräg nach unten verlaufende Richtung zur weiteren Verarbeitung gelenkt.

Bei der zur Laufrichtung A des Trägermaterialbandes 4 gleichsinnigen Strömung des Trocknungsgases wird erreicht, daß am Kanaleinlaß des Senkrechtrockners eine Laminarströmung mit einer Mindestgeschwindigkeit erzeugt werden muß, die das Herabfallen der aus der Flüssigkeitsschicht auf dem Trägermaterialband 4 austretenden Lösemitteldämpfe verhindert. Um die Lösemitteldämpfe in Laufrichtung des Trägermaterialbandes 4 mitzuführen, wird die Strömungsgeschwindigkeit am Kanaleinlaß so hoch eingestellt, daß der Schwerkrafteinfluß durch die Strömungsgeschwindigkeit des Trocknungsgases überwunden wird. Dies geschieht in der Weise, daß am Kanaleinlaß des Trocknungsgases durch entsprechende Maßnahmen am Einströmkasten 39, wie das Anbringen der Filtermatte 48 und eines Lochblechs 70 im Inneren des Einströmkastens, das Trocknungsgas schon laminar einströmt. Dadurch können dann die Lösemitteldämpfe mit der erforderlichen Geschwindigkeit nach oben abgeführt werden. Dadurch wird die Gefahr des Auftretens von Verblasungsstrukturen an der beschichteten Vorderseite des Trägermaterialbandes 4 vermieden.

Bei der elften Ausführungsform der Erfindung nach Figur 14 verlaufen der Trocknungskanal 2, ein Obertrum 65 und ein Untertrum 66 des Trägermaterialbandes 4 horizontal. Bei dieser Ausführungsform ist die Strömungsrichtung B des Trocknungsgases, das durch den Einströmkasten 39 in den Trocknungskanal 2 einströmt und durch den Absaugkasten 37 abströmt, gegensinnig zu der Laufrichtung A des Untertrums des Trägermaterialbandes 4 durch den Trocknungskanal 2, und die Strömung wird in Strömungsrichtung B beschleunigt.

Diese Ausführungsform wird beispielsweise beim Aufbringen einer zweiten Schicht S2 auf eine getrocknete erste Schicht S1 auf dem Trägermaterialband 4 eingesetzt. Beispielsweise ist die Oberseite des Obertrums 65 schon mit einer getrockneten ersten Flüssigkeitsschicht versehen und wird über eine Umlaufrolle 63 herumgeführt. Eine Breitschlitzdüse 64 ist in der 11-Uhr-Stellung und in geringem Abstand zu der Umlenkrolle 63 angeordnet. Durch die Breitschlitzdüse 64 wird die zweite Flüssigkeitsschicht auf die getrocknete erste Flüssigkeitsschicht auf dem Trägermaterialband 4 appliziert. Die zweite Flüssigkeitsschicht durchläuft, hängend an der Unterseite des horizontal geführten

Untertrums 66, den Trocknungskanal 2. Das Trägermaterialband 4 wird unterhalb und entlang einer horizontalen Kanaldecke 72 des Trocknungskanals 2 geführt. Ein Kanalboden 71 des Trocknungskanals 2 konvergiert in Strömungsrichtung B des Trocknungsgases. Der Kanaleinlaß des Trocknungskanals 2 für das Trägermaterialband 4 besitzt eine geringere Höhe als der Kanalauslaß, den der vertikal ausgerichtete Einströmkasten 39, der eine Filtermatte 48 aufweist, abschließt. Der Kanaleinlaß wird von dem Absaugkasten 37 und dessen Filtermatte 47 abgeschlossen. Sowohl der Einström- als auch der Absaugkasten tragen auf ihren horizontalen Oberseiten Labyrinthdichtungen, die den Kanalauslaß und den Kanaleinlaß gegen das Untertrum 66 des Trägermaterialbandes 4 abdichten.

Diese Ausführungsform des Trocknungskanals ist in ihrer Anordnung und Wirkungsweise vergleichbar mit der rechten Hälfte der Ausführungsform nach Figur 10, wenn in Betracht gezogen wird, daß der Trocknungskanal 2 horizontal und nicht vertikal, wie bei der Ausführungsform nach Figur 10, angeordnet ist, und daß es sich um das Aufbringen und Trocknen einer zweiten Schicht auf einer ersten Schicht des Trägermaterialbandes handelt.

Im folgenden werden drei Ausführungsbeispiele und zwei Vergleichsbeispiele von Trägermaterialbahnen angeführt, auf denen zu trocknende Flüssigkeitsschichten aufgebracht sind.

Ausführungsbeispiel 1

Auf eine für Offsetdruck-Zwecke vorbehandelte Aluminiumbahn 4 von 0,1 mm Dicke wird bei einer Laufgeschwindigkeit von 8 m/min der Aluminiumbahn 4 die Lösung eines lichtempfindlichen Polymermaterials in einem organischen Lösungsmittel durch ein geeignetes Beschichtungsverfahren gleichmäßig aufgetragen. Die Lösung hat eine dynamische Viskosität von 1,4 mPas, und die Dicke des Flüssigkeitsfilms beträgt 27 µm.

Unmittelbar nach der Breitschlitzdüse 34 läuft die Aluminiumbahn in eine Trocknungsvorrichtung 1 gemäß einer der Ausführungsformen gemäß den Figuren 1 bis 4 oder 6 ein. Die Kanalauslaßhöhe h_2 im Kanalauslaß beträgt 2 cm, die Kanaleinlaßhöhe h_1 im Kanaleinlaß ist 30 cm. Bei einer Gesamtlänge des Trocknungskanals 2 von 1,2 m ist die Kanaldeckfläche 7 gegen die Bahnebene in einem Winkel von $13,1^\circ$ geneigt. Das Umluftgebläse 12 ist nicht eingeschaltet und die Drosselklappe 13 geschlossen. Die Leistung des Sauggebläses 9 wird so eingestellt, daß am Eingang des Trocknungskanals 2 eine Luftgeschwindigkeit von v_1 gleich 0,3 m/sec herrscht. Daraus resultiert im Auslaßquerschnitt A2 des Trocknungskanals 2 eine

Luftgeschwindigkeit von v_2 gleich 4,5 m/sec. Zum vollständigen Entfernen von Lösungsmittelresten aus dem nahezu getrockneten Flüssigkeitsfilm auf der Aluminiumbahn 4 ist ein Düsentrockner entsprechend dem Stand der Technik nachgeschaltet, bei dem die Luftströmung im allgemeinen stark turbulent ist.

Die erhaltene fotoempfindliche Schicht der Aluminiumbahn 4, die anschließend zu Druckplatten konfektioniert wird, ist sehr gleichmäßig in ihrer Dicke und in ihrem optischen Erscheinungsbild. Mit einem Auflichtdensitometer wird auf der gesamten beschichteten Plattenfläche eine einheitliche optische Dichte von 1,47 gemessen.

Vergleichsbeispiel 1 (zu dem Ausführungsbeispiel 1)

Die Versuchsdurchführung entspricht im großen und ganzen derjenigen des Ausführungsbeispiels 1, jedoch ist in der Trocknungsvorrichtung 1 das Sauggebläse 9 nicht eingeschaltet, so daß die beschichtete Aluminiumbahn 4 beim Durchlauf durch den ersten Trocknungsbereich nur durch Verdunsten eines kleinen Teils der Lösungsmittel geringfügig angetrocknet wird. Die eigentliche Trocknung des Flüssigkeitsfilms erfolgt in dem nachgeschalteten Düsentrockner.

Es wird eine Schicht mit einer wolkigen bzw. melierten Struktur erhalten. Dünn- und Dickstellen mit einer Flächenausdehnung von 5 bis 20 mm Durchmesser sind dabei unregelmäßig über die Gesamtfläche verteilt. Die densitometrische Messung ergibt keine einheitliche optische Dichte, diese schwankt vielmehr in ihrer Größe je nach Meßort zwischen 1,43 und 1,50.

Ausführungsbeispiel 2

Auf eine Polyesterfolie von 125 μm Dicke wird durch ein geeignetes Beschichtungsverfahren eine Vesikularfilmlösung, gelöst in einem organischen Lösungsmittel, aufgetragen. Die Beschichtungsgeschwindigkeit beträgt 5 m/min. Die Lösung hat eine dynamische Viskosität von 5,5 mPas, die Dicke des aufgetragenen Flüssigkeitsfilms ist 40 μm . Der Flüssigkeitsfilm wird in gleicher Weise, wie dies anhand des Ausführungsbeispiels 1 beschrieben ist, getrocknet.

Zum Prüfen der Gleichmäßigkeit der Schicht wird der Film großflächig in einem Kopierahmen mit UV-Licht bestrahlt und anschließend durch kurzes Erwärmen auf 100 °C entwickelt. Die dadurch bewirkte Eintrübung der Filmschicht ist über die gesamte Fläche gleichmäßig.

Vergleichsbeispiel 2 (zu Ausführungsbeispiel 2)

Die Beschichtung und die Trocknung verlaufen ähnlich wie bei dem Ausführungsbeispiel 2, davon abweichend ist jedoch in der Trocknungsvorrichtung 1 das Sauggebläse 9 nicht eingeschaltet. Die eigentliche Trocknung des Flüssigkeitsfilms erfolgt wie im Vergleichsbeispiel 1 erst in dem nachgeschalteten Düsentrockner.

Nach der UV-Belichtung und thermischen Entwicklung bei 120 °C zeigt sich im Durchlicht eine wolkige Struktur des Vesikularfilms auf der Polyesterfolie. Dabei sind Dünn- und Dickstellen von 5 bis 20 mm Durchmesser unregelmäßig über die Fläche verteilt.

Ausführungsbeispiel 3

Auf eine für Offsetdruck-Zwecke vorbehandelte Aluminiumbahn als Trägermaterialband 4, mit einer Dicke von 0,3 mm, wird bei einer Bandgeschwindigkeit von 15 m/min eine Lösung eines lichtempfindlichen Polymermaterials gleichmäßig aufgetragen.

Der Flüssigkeitsfilm ist 33 μm dick. Die Lösung hat eine dynamische Viskosität von 2,9 mPas.

Es wird eine Trocknungsvorrichtung 1, wie in Figur 2 gezeigt, verwendet. Die Kanaleinlaßhöhe h_1 beträgt 0,5 m und die Kanalauslaßhöhe $h_2 = 0,1$ m. Die Kanaldeckfläche 7 ist als poröses Filter ausgebildet und gegen die Aluminiumbahn bzw. das Trägermaterialband 4 in einem Winkel von 4,3° geneigt.

Das Umluftgebläse 12 ist in Betrieb und die Drosselklappe 13 geöffnet. Die Stellung der Drosselklappe 14 wird so gewählt, daß ein Luftvolumenstrom von 1000 m³/h Frischluft in den Trocknungsraum 5 angesaugt wird. Eine gleichgroße Luftmenge wird durch das Sauggebläse 12 aus dem Trocknungskanal 2 abgesaugt, so daß es nicht zu einer Anreicherung von verdampftem Lösungsmittel in der Trocknungsluft kommen kann. Durch die exakte Einstellung des Luftvolumenstroms an dem Sauggebläse 12 wird erreicht, daß die Einströmgeschwindigkeit v_1 nahezu Null ist. Die Kanallänge des Trocknungskanals 2 beträgt ca. 5,7 m.

Auf der so getrockneten Aluminiumbahnoberfläche sind keine Dick- und Dünnstellen zu erkennen. Die in Remission gemessene optische Dichte ist über die Gesamtfläche konstant.

In der Praxis wird mit Kanallängen der Trocknungskanäle von 10 bis 12 m gearbeitet, wobei die Kanallänge und der Volumenstrom des Trocknungsgases u.a. von der Durchlaufgeschwindigkeit des Trägermaterialbandes durch die Trocknungsvorrichtung abhängen.

Ansprüche

1. Verfahren zum Trocknen einer auf einem durch eine Trocknungszone bewegten Trägermaterial aufgebrachtene Flüssigkeitsschicht, die verdampfbare Lösungsmittelkomponenten und nichtverdampfbare Komponenten enthält, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gas in Längsrichtung des Trägermaterials parallel zu der Flüssigkeitsschicht strömt und in Strömungsrichtung innerhalb der Trocknungszone beschleunigt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas gleich- oder gegenseitig zur Laufrichtung des Trägermaterials entlang und parallel zu der Flüssigkeitsschicht strömt und in Strömungsrichtung innerhalb der Trocknungszone beschleunigt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittsgeschwindigkeit v_1 der Gasströmung auf eine Endgeschwindigkeit v_2 gesteigert wird, die bis zu dem 1000fachen Wert der Eintrittsgeschwindigkeit v_1 beträgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeitsverteilung der Gasströmung in den einzelnen Querschnitten der Trocknungszone quer zur Laufrichtung des Trägermaterials konstant eingestellt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas erwärmt ist und der Gesamtgasstrom an einem Ende der Trocknungszone abgesaugt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Trocknungszone so ausgestaltet ist, daß im Eintrittsquerschnitt und in der Trocknungszone auftretende Störungen, wie Wirbel und Turbulenzen in der Gasströmung, gedämpft werden, so daß die Gasströmung laminar wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchströmung der Trocknungszone mit einem konstanten Gasvolumenstrom erfolgt, wobei der Querschnitt der Trocknungszone in Laufrichtung des Trägermaterials ständig verkleinert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasvolumenstrom in Laufrichtung des Trägermaterials ständig erhöht wird, bei gleichbleibendem Querschnitt der Trocknungszone.

9. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasvolumenstrom in Laufrichtung des Trägermaterials ständig erhöht wird, bei abnehmendem Querschnitt der Trocknungszone.

10. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägermaterial senkrecht durch die Trocknungszone hindurchläuft und daß eine Seite des Trägermaterials eine Flüssigkeitsschicht trägt, die getrocknet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägermaterial beidseitig mit Flüssigkeitsschichten versehen ist und daß beide Seiten des Trägermaterials durch gegensinnig zur senkrechten Laufrichtung des Trägermaterials strömendes Trocknungsgas getrocknet werden.

12. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägermaterial mit auf seiner Unterseite aufgetragener Flüssigkeitsschicht horizontal oder schräg durch die Trocknungszone hindurchläuft und daß das Trocknungsgas unterhalb des Trägermaterials entlang der hängenden Flüssigkeitsschicht strömt.

13. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchströmung der Trocknungszone mit einem konstanten Gasvolumenstrom erfolgt, wobei der Querschnitt der Trocknungszone gegen die Laufrichtung des Trägermaterials ständig kleiner wird.

14. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasvolumenstrom gegen die Laufrichtung des Trägermaterials, bei gleichbleibendem Querschnitt der Trocknungszone, ständig erhöht wird.

15. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasvolumenstrom gegen die Laufrichtung des Trägermaterials, bei abnehmendem Querschnitt der Trocknungszone, ständig erhöht wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägermaterial unten durch den Trocknereinlaß in die Trocknungszone eintritt, diese oben durch den Trocknerauslaß verläßt und daß der von oben nach unten gerichtete Gesamtgasstrom nahe dem Trocknereinlaß abgesaugt wird.

17. Vorrichtung zum Trocknen einer auf einem bewegten Trägermaterial aufgebrachtene Flüssigkeitsschicht, die verdampfbare Lösungsmittelkomponenten und nichtverdampfbare Komponenten enthält, mit einem Trocknungskanal, durch den in Längsrichtung das Trägermaterial läuft, mit einer gasdurchlässigen Kanaldeckfläche, durch die ein Trocknungsgasstrom in den Trocknungskanal einströmt, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanaldeckfläche (7) als gasdurchlässige Fläche ausgebildet ist, mit einer in Längsrichtung des Trocknungskanals (2) einstellbaren Durchlässigkeit der Fläche für den Trocknungsgasstrom.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanaldeckfläche (7) gegenüber der horizontal verlaufenden Kanalgrundfläche

che (3) geneigt ist, wobei die Kanaleinlaßhöhe (h_1) des Trocknungskanals (2) größer als die Kanalauslaßhöhe (h_2) ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß sich die durchlässige, geneigte Kanaldeckfläche (7), beginnend an dem Kanaleinlaß, über die Gesamtlänge des Trocknungskanals (2) erstreckt.

20. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß an den Trocknungskanal (2) eine Gasaustauschkammer (15) anschließt, die ein Gebläse (12) enthält, dessen Gebläseausgang (16) gegen einen Wärmetauscher (17) gerichtet ist, der in einer Zwischenwand (10) zwischen der Gasaustauschkammer (15) und einem oberhalb des Trocknungskanals (2) befindlichen Trocknungsraum (5) angeordnet ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasaustauschkammer (15) in ihrer Bodenfläche (18) und in ihrem oberen Gaseinlaß (19) jeweils eine Drosselvorrichtung (13; 14) aufweist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Gebläse (12) ein zweiflutiges Umwälzgebläse mit Rückschaukeln ist und daß die über die Rückschaukeln zugegebene Frischluft in den Trocknungsraum (5) gefördert wird.

23. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Trocknungskanalquerschnitte rechteckförmig sind und daß sich die Kanalhöhe von der Kanaleinlaßhöhe (h_1) linear auf die Kanalauslaßhöhe (h_2) verringert.

24. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Trocknungskanal (2) eine in Längsrichtung sich verjüngende, trompetenförmige Geometrie aufweist, die zu einer Beschleunigung des Gasstroms in Strömungsrichtung führt.

25. Vorrichtung nach den Ansprüchen 17 und 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Trocknungskanal (2) in einen Durchlaufkanal (20) übergeht, daß die Unterseite der Bodenfläche (18) der Gasaustauschkammer (15) zugleich die Deckfläche des Durchlaufkanals ist, daß nach der Gasaustauschkammer (15) ein Sauggebläse (9) oberhalb der Deckfläche des Durchlaufkanals angeordnet ist, dessen Ansaugöffnung in der Deckfläche liegt und in dessen Auslaß (11) eine Drosselvorrichtung (8) angeordnet ist.

26. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Oberseite der Kanaldeckfläche (7) Dosiereinrichtungen (21; 24) für das zuzugebende Gas angeordnet sind.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Dosiereinrichtungen (21) aus Kästen mit zwei gegeneinander verschiebbaren Lochblenden (22, 23) bestehen, deren Öffnungsquerschnitte einstellbar sind.

28. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Dosiereinrichtungen (24) Lamellen (25) enthalten, die zueinander verstellbar sind.

5 29. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanaldeckfläche (7) ein durchgehendes, gasdurchlässiges Filter bildet.

10 30. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanaldeckfläche (7) aus aneinandergereihten gleichdicken Filtermatten (26) mit gleichbleibender oder unterschiedlicher Durchlässigkeit besteht.

15 31. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanaldeckfläche (7) aus aneinandergereihten Filtermatten gleicher Konsistenz und unterschiedlichen Dicken besteht.

32. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Trocknungskanal (2) einen gleichbleibenden Querschnitt aufweist, wobei die Durchlässigkeit der Kanaldeckfläche (7) in Längsrichtung von einem Minimalwert im Bereich des Kanaleinlasses (27) auf einen Maximalwert im Bereich des Kanalauslasses (28) ansteigt.

25 33. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Bodenfläche (31) oder in Seitenwänden der Trocknungsvorrichtung knapp oberhalb der Bodenfläche, Öffnungen (32) zum Absaugen der in unmittelbarer Nähe der Seitenwände befindlichen Gasschichten vorhanden sind.

30 34. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Bodenfläche (31) der Trocknungsvorrichtung gegenüber der Gasaustauschkammer (15) eine Öffnung (32) aufweist, die mit dem gleichen Saugdruck beaufschlagt ist, wie er in der Gasaustauschkammer herrscht.

35 35. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Kanaleinlaß (27) des Trocknungskanals (2) eine Abdichtmatte (36) angeordnet ist.

40 36. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanaldeckfläche (7) gegenüber der vertikal verlaufenden Kanalgrundfläche (3) geneigt ist, wobei die Kanaleinlaßbreite (b_1) des Trocknungskanals (2) kleiner als die Kanalauslaßbreite (b_2) ist.

45 37. Vorrichtung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß die Trocknungskanalquerschnitte rechteckförmig sind und daß sich die Kanalbreite von der Kanaleinlaßbreite (b_1) nach oben hin linear auf die Kanalauslaßbreite (b_2) vergrößert.

50 38. Vorrichtung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß der Trocknungskanal (2) eine sich nach unten hin trompetenförmig verengende Geometrie aufweist, die zu einer vertikal nach unten hin zunehmenden Beschleunigung des oben einströmenden Gasstromes führt.

39. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Trocknungskanal (2) einen gleichbleibenden Querschnitt aufweist, wobei die Durchlässigkeit der Kanaldeckfläche (7) in Vertikalrichtung von einem Minimalwert nahe dem Kanalauslaß (28) auf einen Maximalwert nahe dem Kanaleinlaß (27) ansteigt. 5

40. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Eintrittsspalt in den Kanaleinlaß (27) auf der einen Seite von einer Lamellendichtung (38) gegen ein bewegtes Trägermaterialband (4) begrenzt ist und daß die Lamellendichtung (38) sich auf der vertikalen, dem Trägermaterialband (4) zugewandten Außenseite eines Absaugkastens (37) befindet, der den Trocknungskanal (2) im Bereich des Kanaleinlasses (27) nach unten hin abschließt. 10 15

41. Vorrichtung nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, daß gegenüber dem Absaugkasten (37) auf der anderen Seite des Trägermaterialbandes eine Unterdruckkammer (41) angeordnet ist, die eine dem Trägermaterialband (4) zugewandte poröse Platte (42) aufweist. 20

42. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Eintrittsspalt in den Kanaleinlaß (27) auf der einen Seite von einer Rakeldichtung (43) gegen ein bewegtes Trägermaterialband (4) begrenzt ist und daß die Rakeldichtung (43) sich auf der vertikalen, dem Trägermaterialband (4) zugewandten Außenseite eines Absaugkastens (37) befindet. 25 30

43. Vorrichtung nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, daß der Kanalauslaß (28) durch eine Lamellendichtung (40), bis auf einen schmalen Spalt, gegen das bewegte Trägermaterialband (4) begrenzt ist und daß die Lamellendichtung auf der vertikalen, dem Trägermaterialband (4) zugewandten Außenseite eines Einströmkastens (39) angeordnet ist, der den Trocknungskanal (2) im Bereich des Kanalauslasses (28) nach oben hin abschließt und durch den der Trocknungsgasstrom in den Trocknungskanal (2) unter Druck einströmt. 35 40

45

50

55

17

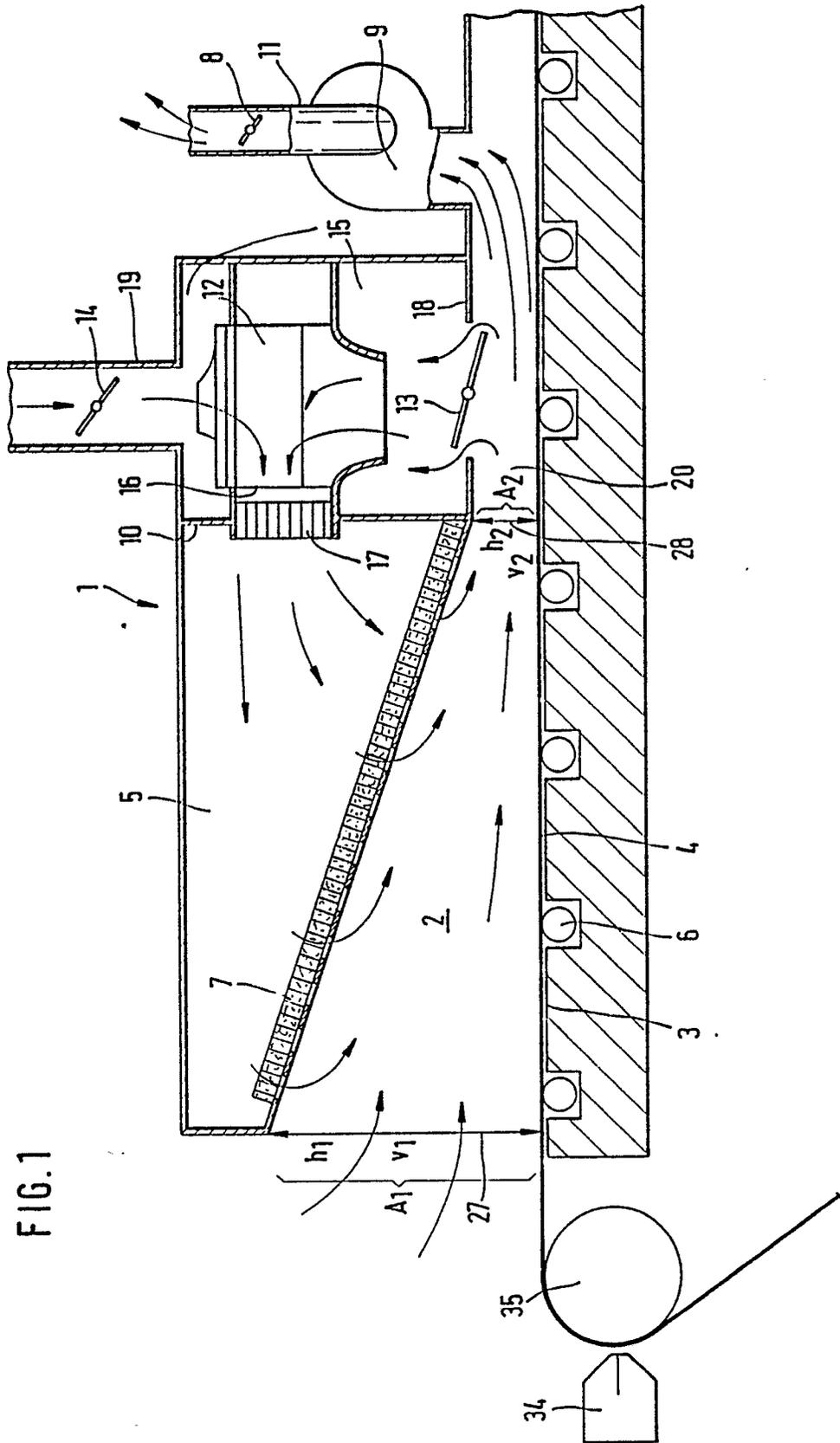


FIG. 1

FIG.2

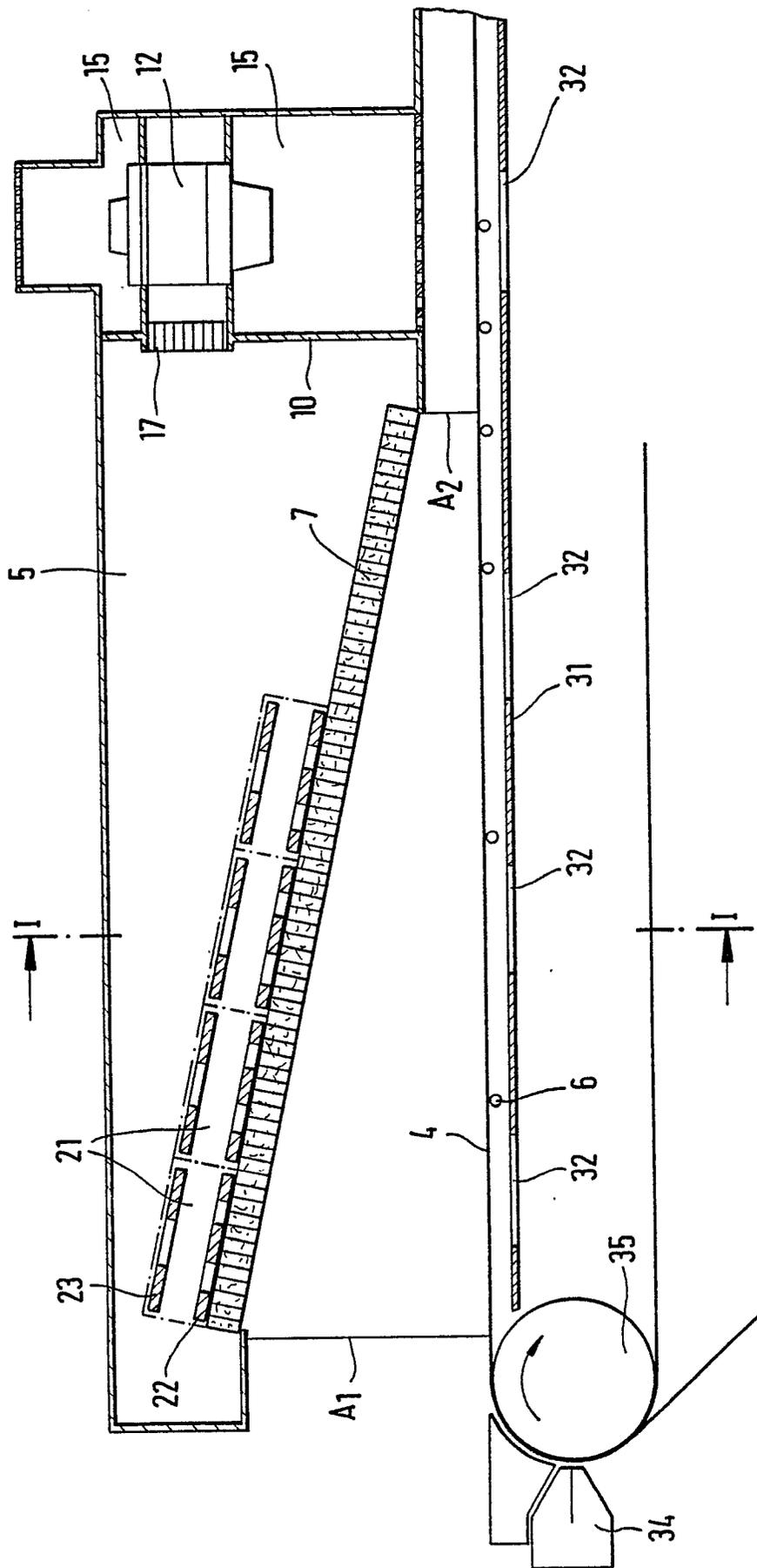


FIG. 3A

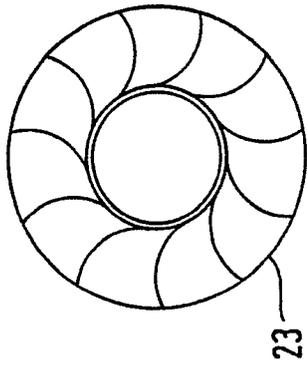


FIG. 3B

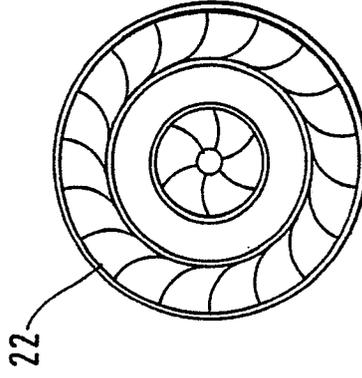


FIG. 3

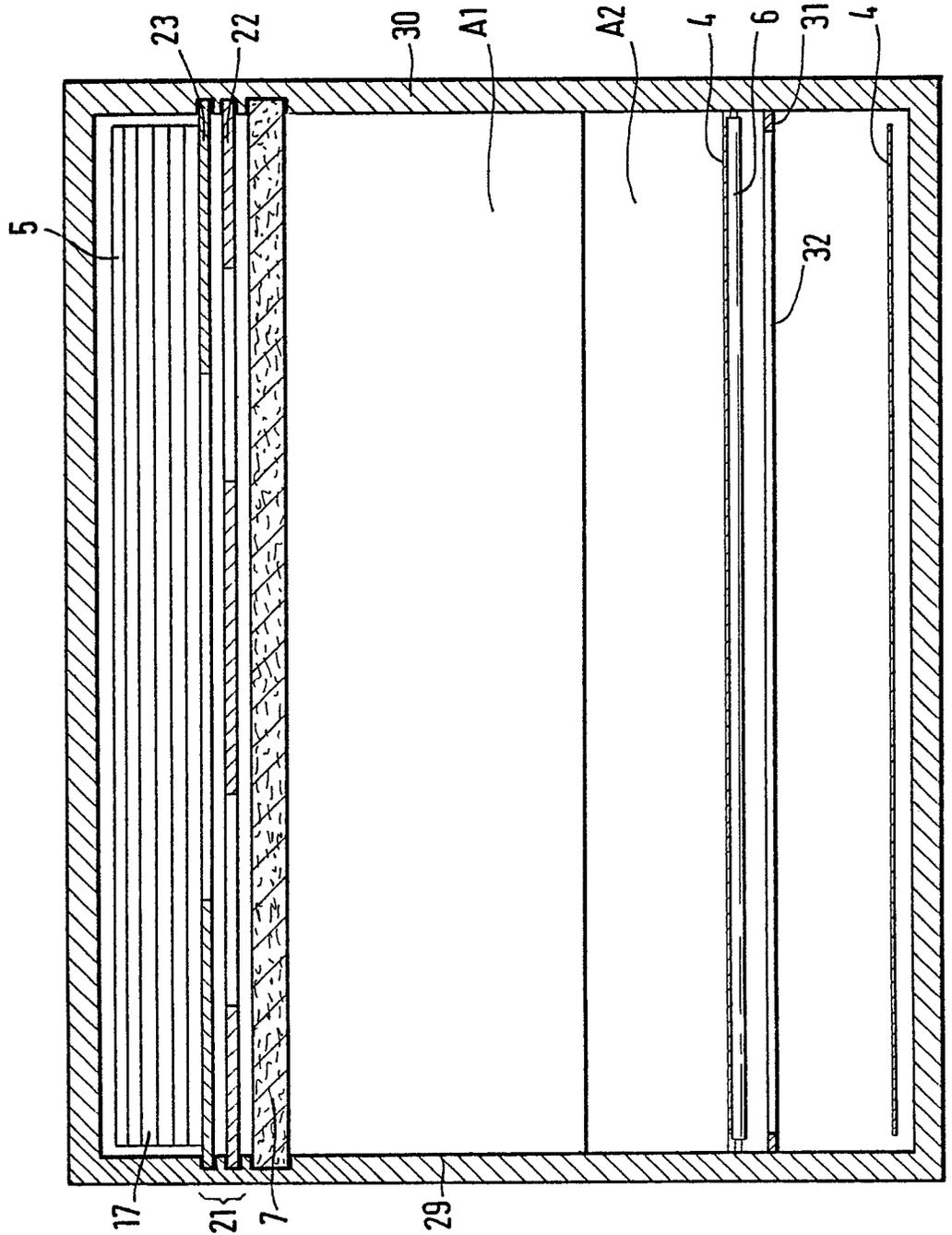


FIG.4A

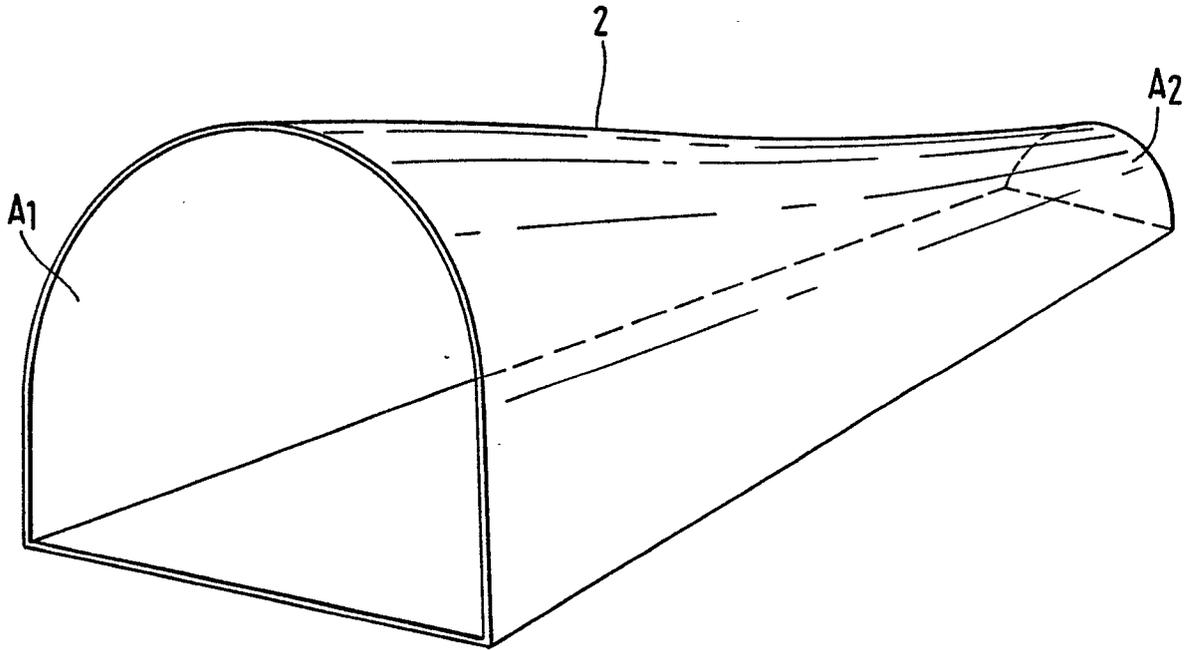


FIG.4B

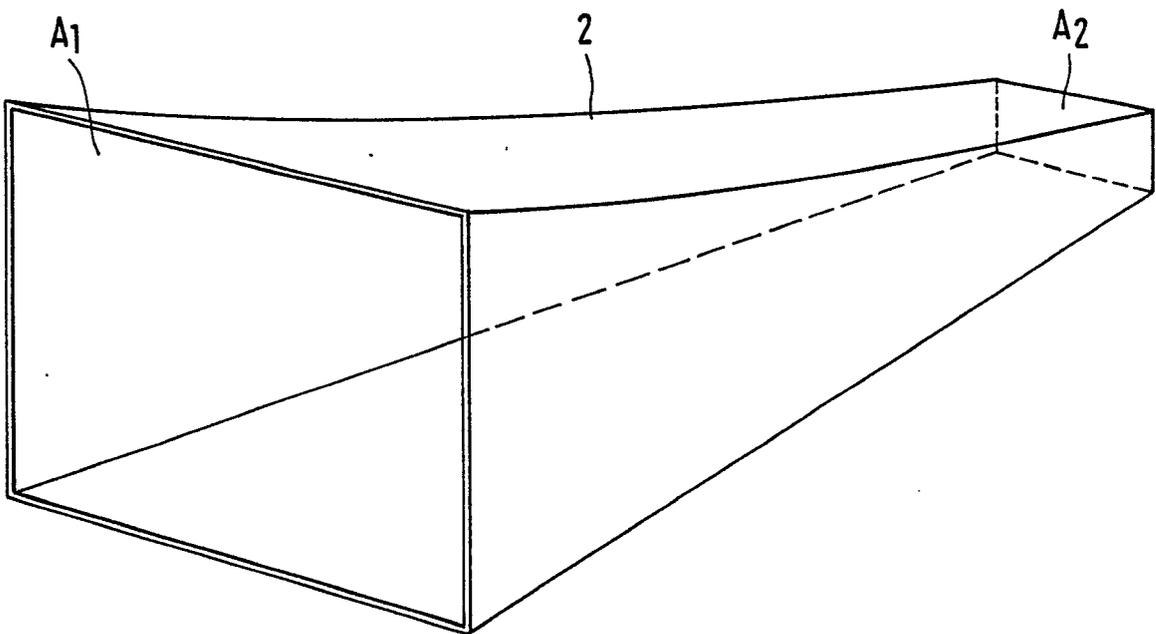


FIG. 5A

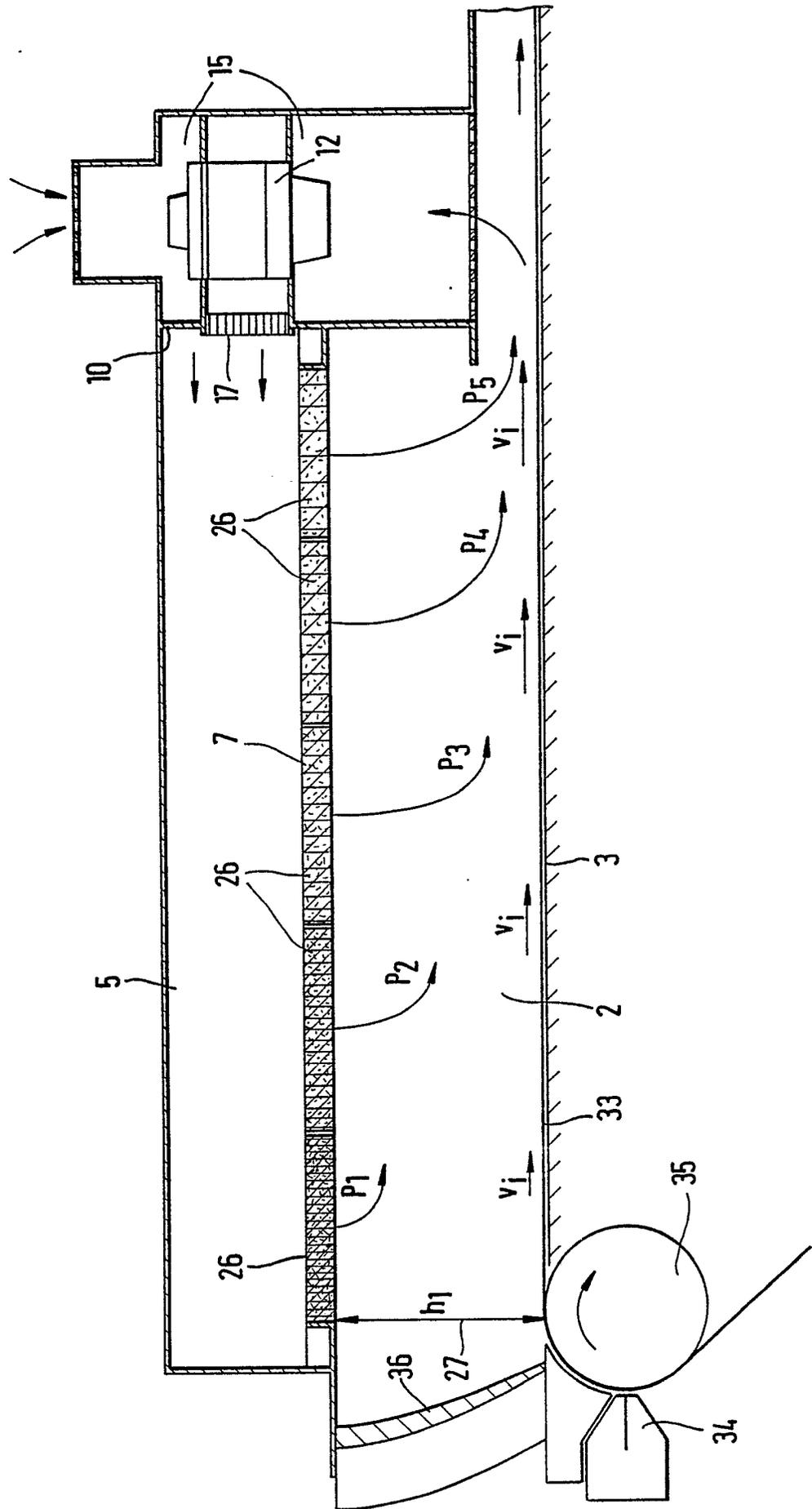
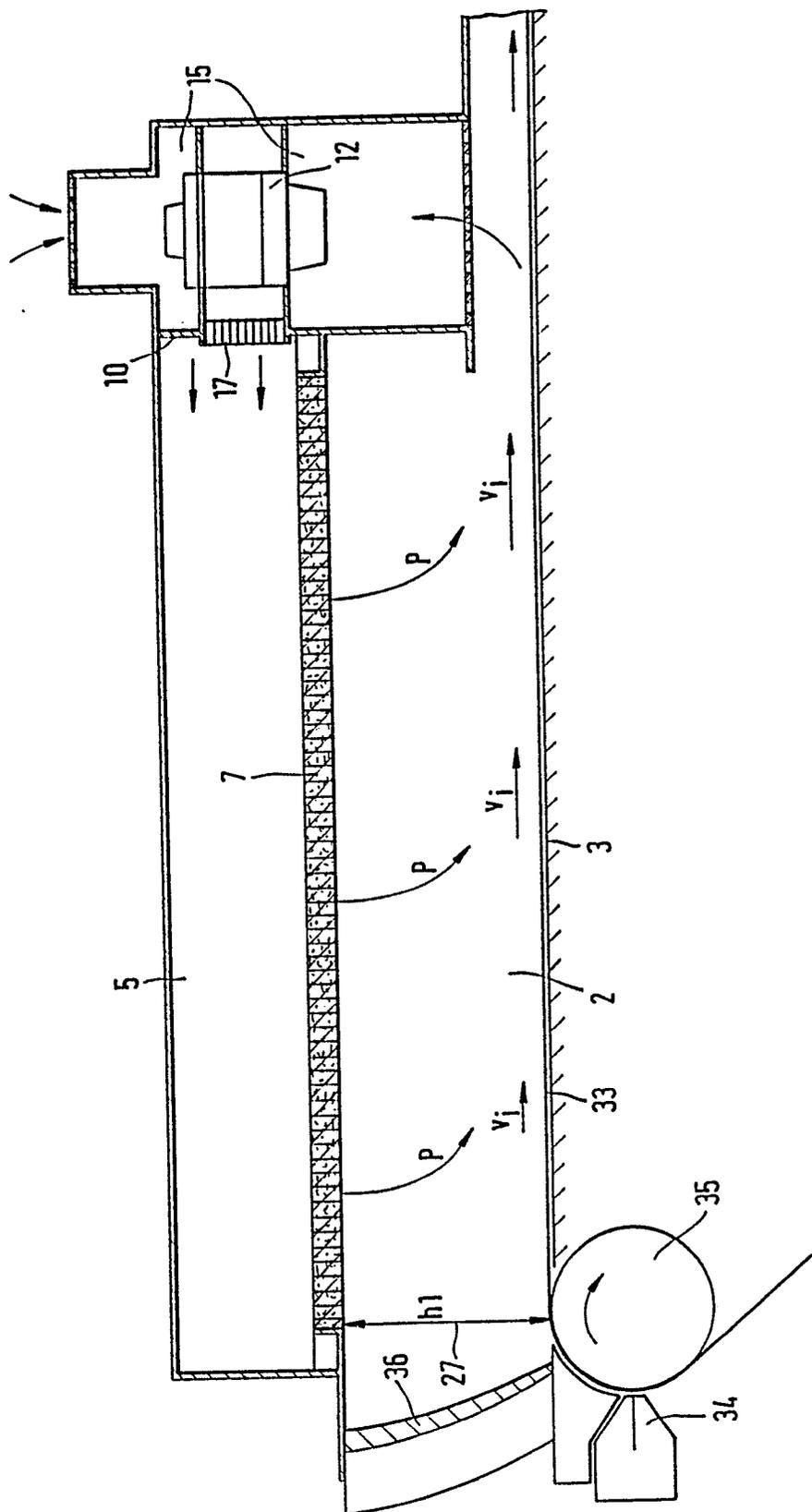


FIG. 5B



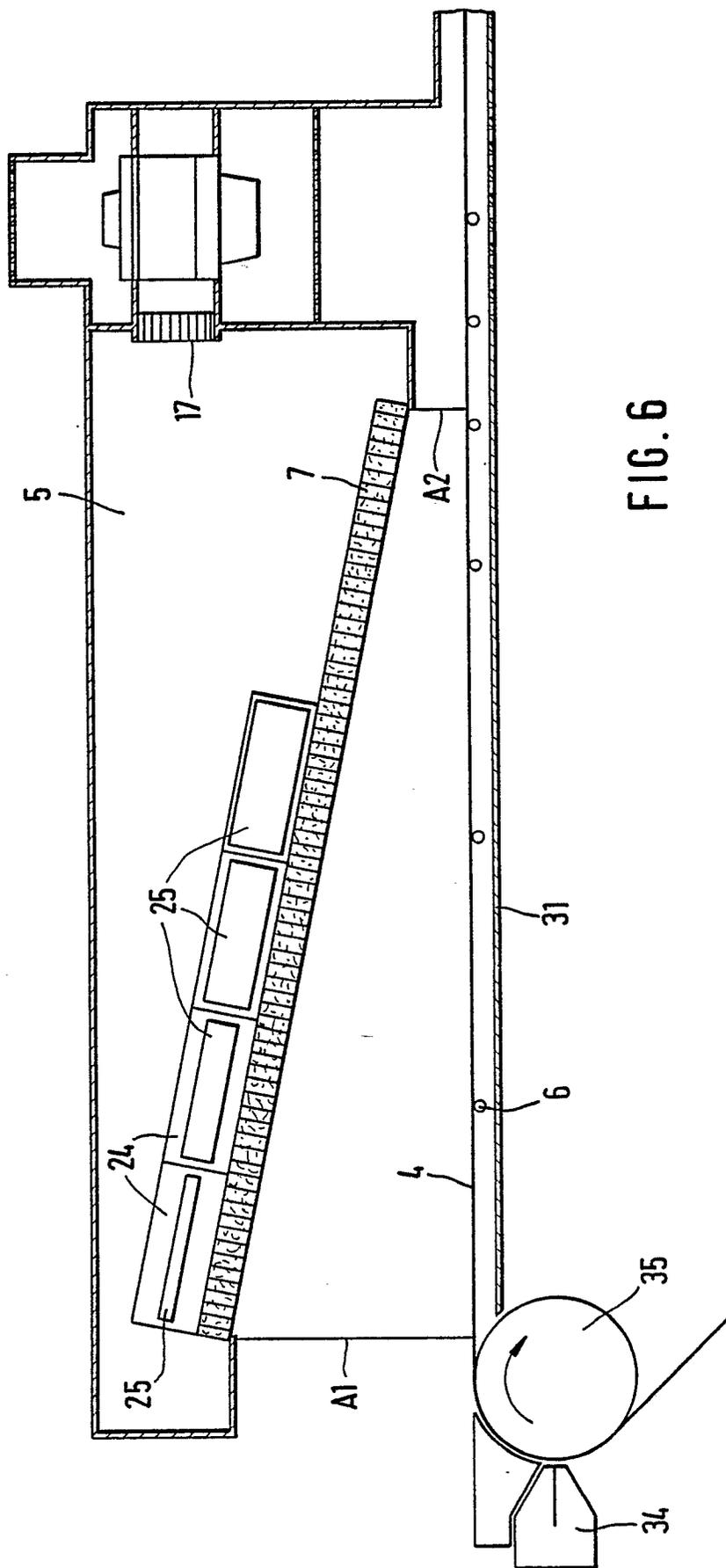


FIG. 6

FIG. 7

Luftgeschwindigkeit
m/sec

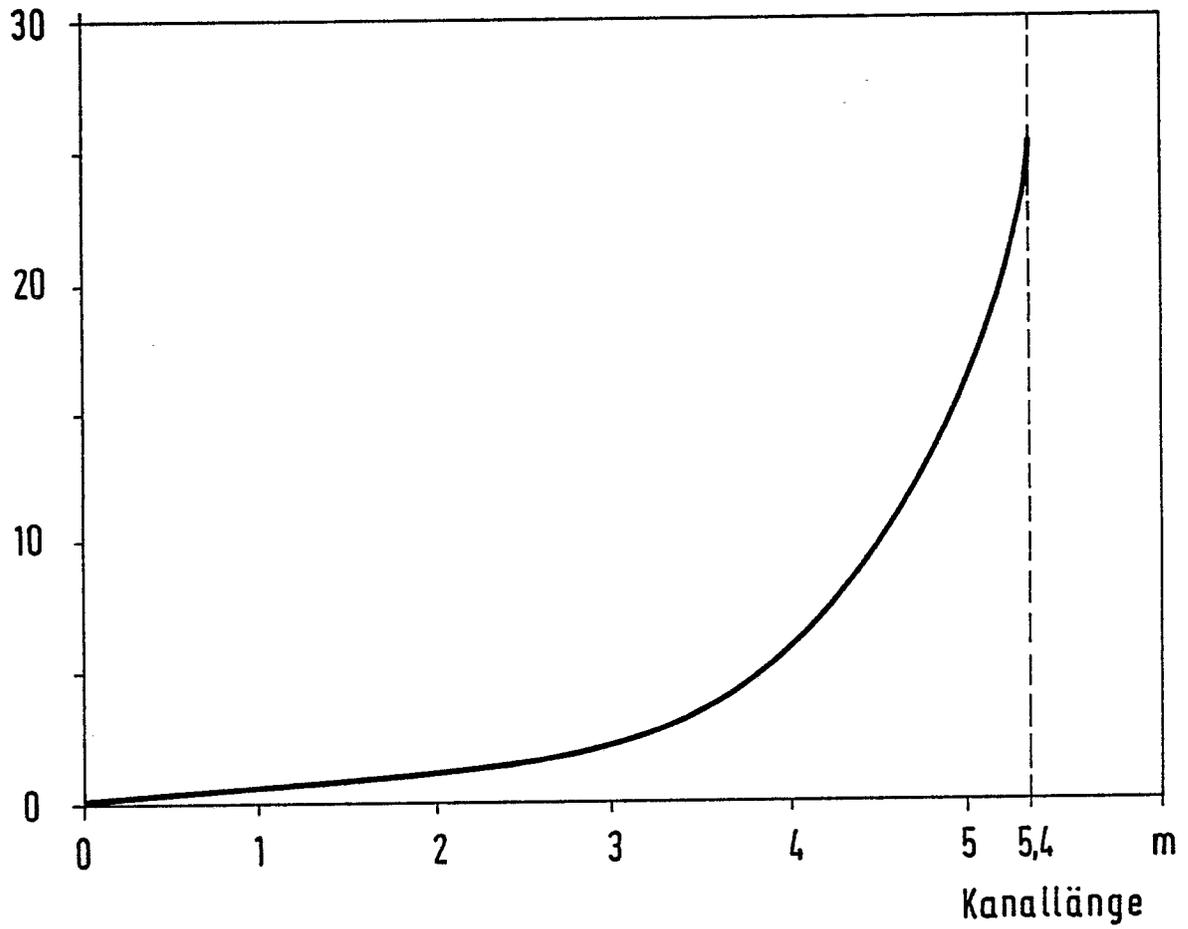
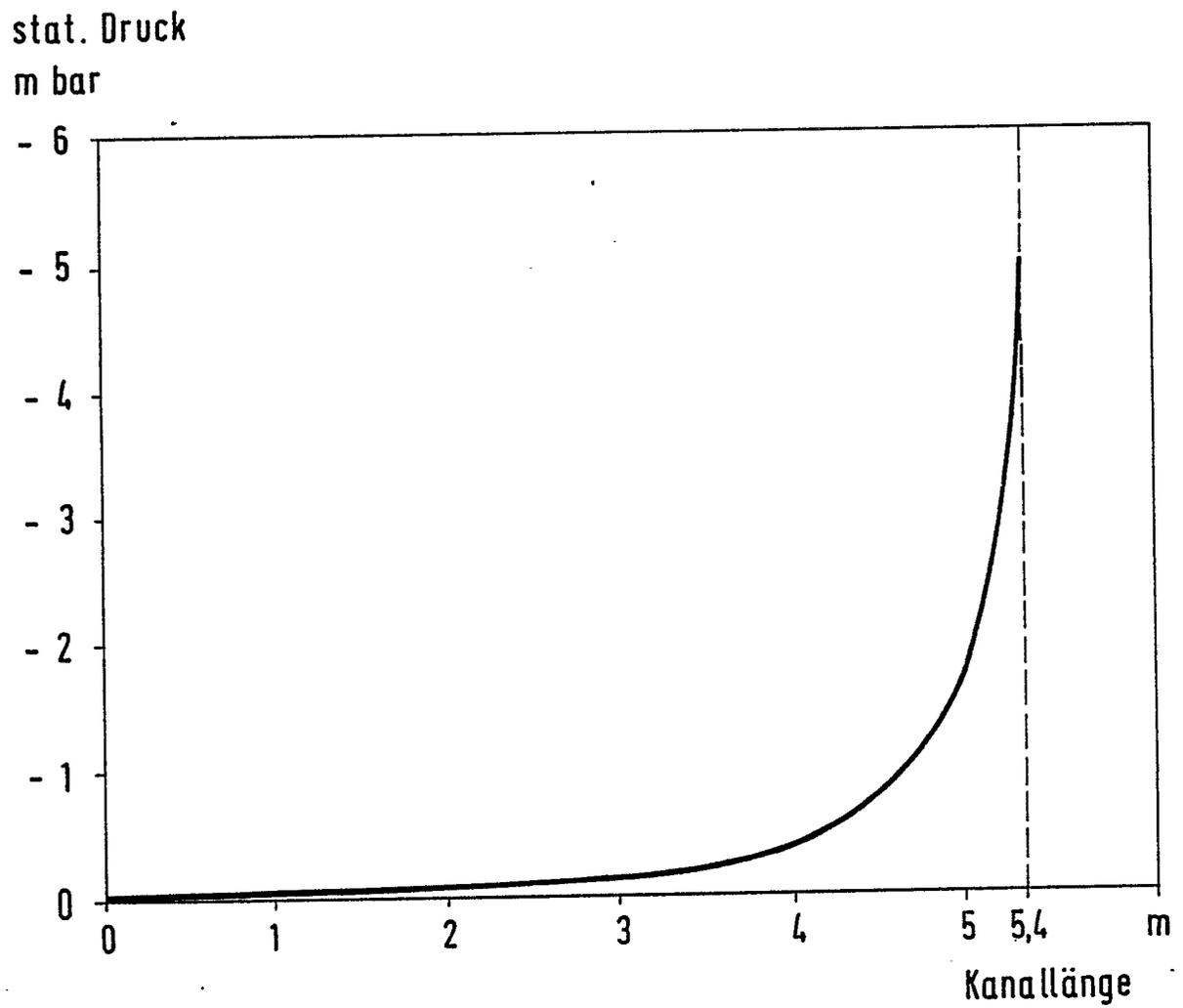


FIG. 8



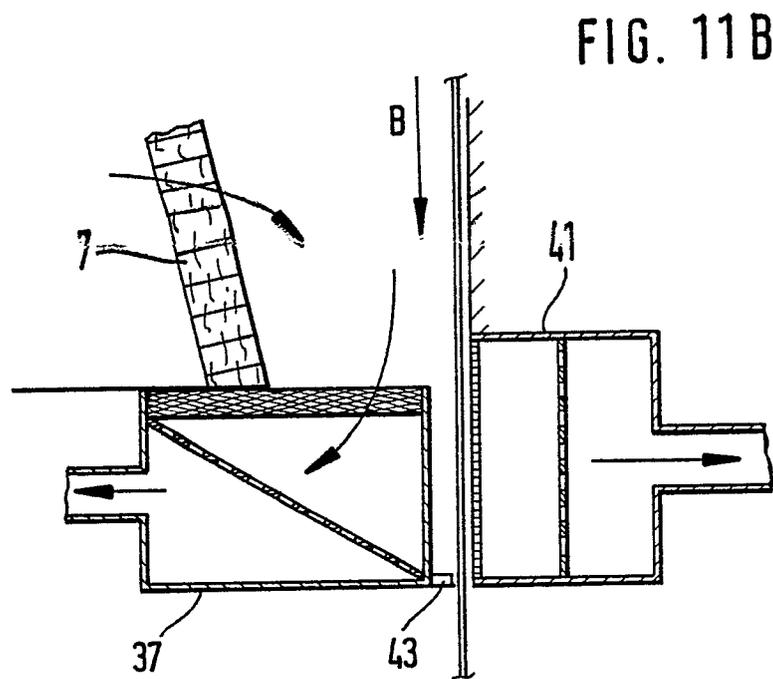
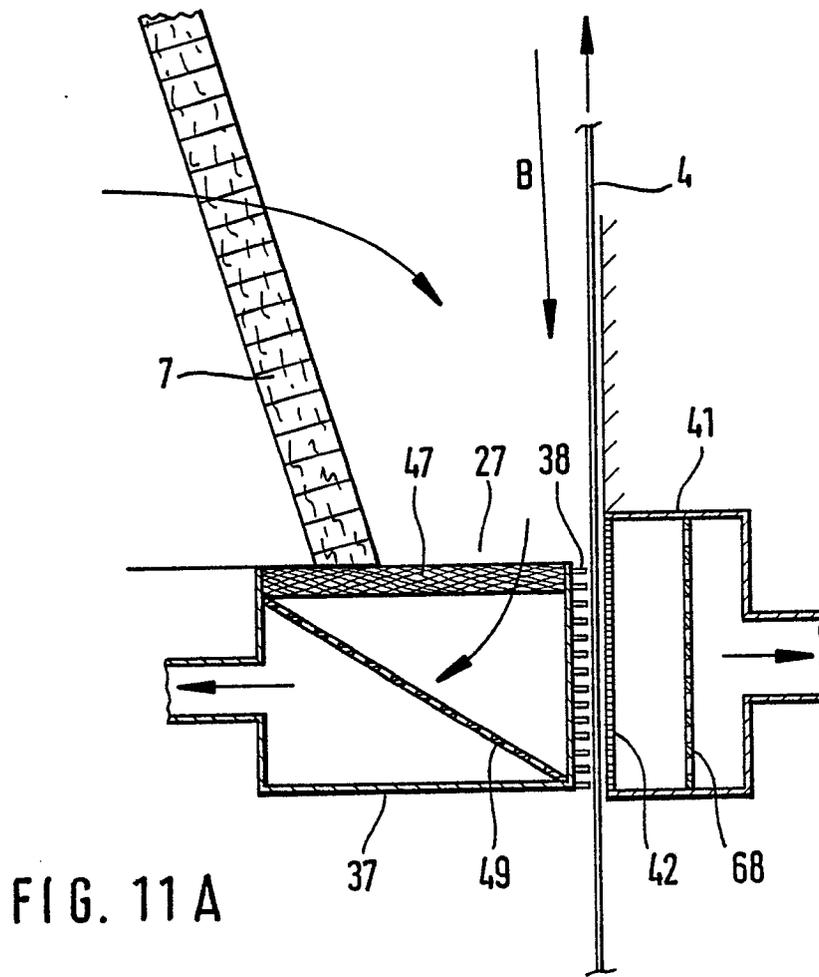


FIG. 13

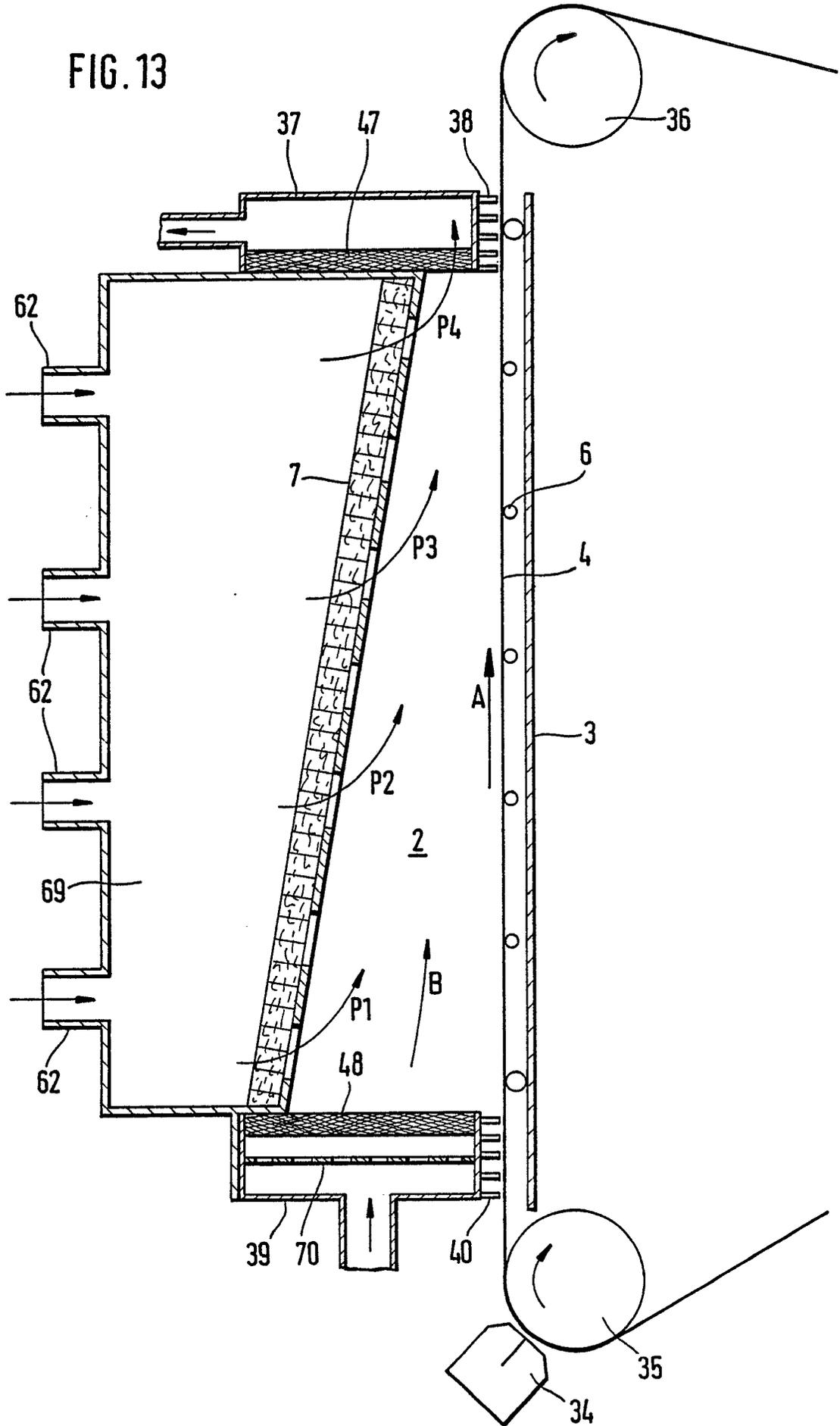


FIG. 14

