



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 024 336 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.08.2000 Patentblatt 2000/31

(51) Int Cl.7: **F26B 21/02**

(21) Anmeldenummer: **00890021.9**

(22) Anmeldetag: **26.01.2000**

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

(72) Erfinder: **Vanicek, Theodor**
1080 Wien (AT)

(74) Vertreter: **Häupl, Armin, Dipl.-Ing.**
Patentanwälte,
Mariahilferstrasse 50
1070 Wien (AT)

(30) Priorität: **29.01.1999 AT 12299**

(71) Anmelder: **Vanicek, Theodor**
1080 Wien (AT)

(54) **Trocknungsanlage**

(57) Die Erfindung betrifft eine Trocknungsanlage mit einer Trocknungskammer (1), in der ein Trocknungsraum (2) für zu trocknendes Gut definiert ist, einem in der Trocknungskammer angeordneten Ventilator (4) bzw. einer Ventilatorgruppe, mindestens einem Luftdurchlaß (6), der zwischen dem Innenraum der Trocknungskammer und deren Außenumgebung kommuniziert, und mindestens einem Umkehr-Luftdurchlaß (7), der zwischen dem Innenraum der Trocknungskammer und deren Außenumgebung kommuniziert, wobei in der Trocknungskammer ein Luftzirkulationspfad ausgebil-

det ist, der von einer Seite des Ventilators bzw. der Ventilatorgruppe ausgehend durch den Trocknungsraum hindurch und zurück zur anderen Seite des Ventilators bzw. der Ventilatorgruppe führt. Die erfindungsgemäße Trocknungsanlage ist dadurch gekennzeichnet, daß sowohl der mindestens eine Luftdurchlaß (6) als auch der mindestens eine Umkehr-Luftdurchlaß (7) an demselben, zwischen Trocknungsraum (2) und Ventilator (4) bzw. Ventilatorgruppe verlaufenden Teilabschnitt (A2 und A5; B6 und B3), des Luftzirkulationspfads angeordnet sind.

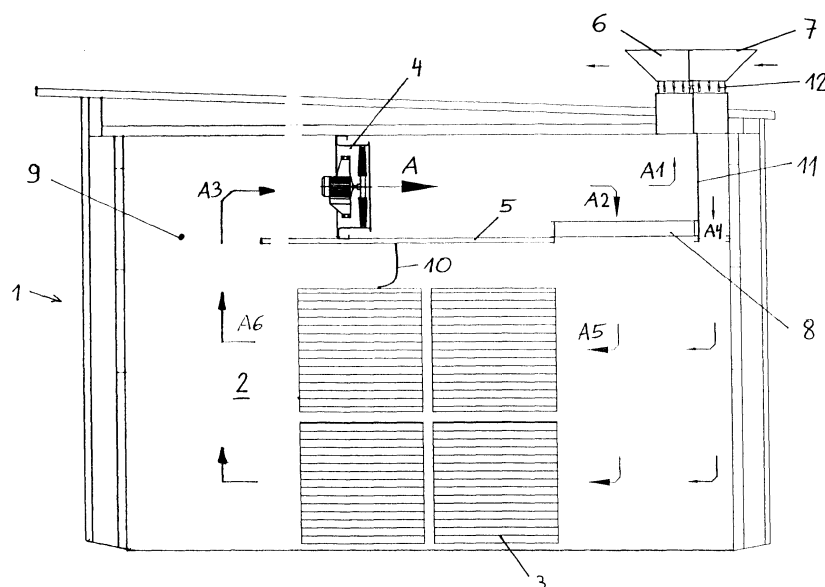


Fig. 1

EP 1 024 336 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Trocknungsanlage mit einer Trocknungskammer, in der ein Trocknungsraum für zu trocknendes Gut definiert ist, einem in der Trocknungskammer angeordneten Ventilator bzw. einer Ventilatorgruppe, mindestens einem Luftdurchlaß, der zwischen dem Innenraum der Trocknungskammer und deren Außenumgebung kommuniziert, und mindestens einem Umkehr-Luftdurchlaß, der zwischen dem Innenraum der Trocknungskammer und deren Außenumgebung kommuniziert, wobei in der Trocknungskammer ein Luftzirkulationspfad ausgebildet ist, der von einer Seite des Ventilators bzw. der Ventilatorgruppe ausgehend durch den Trocknungsraum hindurch und zurück zur anderen Seite des Ventilators bzw. der Ventilatorgruppe führt.

[0002] Eine solche Trocknungsanlage wurde vom Anmelder vor einiger Zeit entwickelt und hat sich auf dem Markt im allgemeinen gut bewährt. Diese bekannte Anlage wird im folgenden anhand der Figuren 3 und 4 erläutert, die Aufrisse der Anlage zeigen.

[0003] Die bekannte Trocknungsanlage besteht aus einer allgemein mit 101 bezeichneten Trocknungskammer, in der ein Trocknungsraum 102 für zu trocknendes Gut definiert ist, wobei es sich bei diesem Gut um stapelbare Güter, wie z.B. die dargestellten Holzbretterstapel 103, oder aber auch um Schüttgüter handeln kann. Zur Erzeugung eines Luftstroms in der Trocknungskammer ist ein Ventilator 104 unter der Decke der Trocknungskammer angeordnet, der durch eine Zwischendecke 105, vom Trocknungsraum 102 abgetrennt ist. Weiters sind im Dach der Trocknungskammer zwei Luftdurchlässe 106, 107 ausgebildet, von denen - abhängig von der Förderrichtung des Ventilators - jeweils einer als Frischlufteinlaß und der andere als Abluftauslaß wirkt. Weiters ist/sind zur Erwärmung des in der Trocknungskammer zirkulierenden Luftstroms ein oder mehrere Heizregister 108 vorgesehen, das/die sich von der linken Kante der Zwischendecke 105 zu einer Seitenwand der Trocknungskammer hin erstreckt/erstrecken, wobei Heizregister auch auf der anderen Seite bzw. allgemein auch in der Zwischendecke vor oder hinter dem Ventilator angeordnet sein könnten. Aufgrund der dargestellten Anordnung des Ventilators unter der Decke mit einer darunterliegenden Zwischendecke, die den Ventilator vom Trocknungsraum abtrennt, wobei sich die Zwischendecke aber nicht über die gesamte Deckenfläche erstreckt, wird in der Trocknungskammer ein Luftzirkulationspfad gebildet, der von einer Seite des Ventilators ausgehend oberhalb der Zwischendecke entlang, durch das Heizregister hindurch in den Trocknungsraum und quer durch diesen hindurch zu einer Öffnung 109 zwischen einer Endkante der Zwischendecke und einer Seitenwand nach oben und wieder zurück zum Ventilator erstreckt. Das Öffnen und Schließen der Klappen 106, 107 erfolgt automatisch über eine Steuer- und Regeleinrichtung in Abhängigkeit von Klima, Luftge-

schwindigkeit oder Holzfeuchteänderung.

[0004] Fördert der Ventilator Luft in Richtung des Pfeils C (d.h. in der Zeichnung nach links), so ergeben sich die in Fig. 3 dargestellten Strömungsverhältnisse. Ein Teil des durch den Ventilator hindurch geförderten Luftstroms C tritt als Abluft C1 durch den Luftdurchlaß 106, der jetzt als Auslaß wirkt, aus der Trocknungskammer 101 aus. Der übrige Teil C2 des Luftstroms strömt durch das Heizregister 108 hindurch und wird dabei erwärmt und gelangt in den Trocknungsraum 102, wo er durch den Bretterstapel 103 hindurchfließt. Um zu vermeiden, daß der Luftstrom oberhalb des Bretterstapels vorbeifließt, hängen von der Zwischendecke 105 Schürzen 110, Klappen oder dergl. herab, die diesen Zwischenraum absperren. Nachdem der Luftstrom durch den Bretterstapel hindurchgegangen ist, wird er durch die Öffnung 109 nach oben gesaugt (Pfeil C3), da oberhalb der Öffnung 109 gegenüber dem Trocknungsraum 102 Unterdruck herrscht, und wird zum Ventilator 104 hingezogen. Der Ventilator saugt dabei auch Frischluft C4 aus dem Luftdurchlaß 107 an, der als Einlaß wirkt.

[0005] Diese Zwangs-Luftumwälzung in der Trocknungskammer mittels Ventilator ist deshalb zweckmäßig, damit das zu trocknende Gut vermehrt Wasserdampf abgeben kann indem stets nicht mit Wasserdampf gesättigte Luft zugeführt wird, was zusätzlich zur Umwälzung eine Frischluftzufuhr zur Trocknungskammer sowie eine Abluftabfuhr aus der Trocknungskammer notwendig macht. Die Luftstromgeschwindigkeit wird dabei abhängig von der Art und dem Zustand des zu trocknenden Gutes eingestellt.

[0006] Um eine möglichst gleichmäßige Trocknung des Gutes im Trocknungsraum zu erreichen, hat es sich auch als sinnvoll erwiesen, die Förderrichtung des Ventilators und somit die Luftströmungsrichtung in regelmäßigen Intervallen umzukehren. Bei der dargestellten bekannten Trocknungsanlage führt die Umkehr der Förderrichtung des Ventilators zu den in Fig.4 dargestellten Strömungsverhältnissen.

[0007] Dabei wird durch den Ventilator ein Luftstrom D erzeugt, der in der Zeichnung nach rechts gerichtet ist. Ein Teil dieses Luftstroms D wird als Abluft D1 durch den Luftdurchlaß 107, der jetzt als Auslaß wirkt, aus der Trocknungskammer 101 ausgestoßen. Der übrige Teil D2 des Luftstroms strömt durch die Öffnung 109 hindurch nach unten in den Trocknungsraum 102, worauf er durch den Bretterstapel 103 hindurchfließt. Nachdem der Luftstrom durch den Bretterstapel hindurchgegangen ist wird er durch das Heizregister 108 hindurch nach oben gesaugt (Pfeil D3) und dabei nach Bedarf vom Heizregister unter Steuerung durch eine Steuer- und Regeleinrichtung erwärmt. Im Anschluß daran vermischt sich der erwärmte Luftstrom D3 mit kalter Frischluft D4, die vom Ventilator aus dem Luftdurchlaß 106 der als Einlaß wirkt, angesaugt wird.

[0008] Obgleich die in den Figuren 3 und 4 dargestellte Trocknungsanlage zufriedenstellend arbeitet, so ist sie dennoch in bezug auf den Wirkungsgrad und den

Energieverbrauch nicht optimal. Fördert der Ventilator in die in Fig.3 gezeigte Richtung, so wird der wasserdampfführende Luftstrom C3 nämlich zuerst mit Frischluft C4 vermischt und dabei abgekühlt und erst dieses Gemisch durch den Luftdurchlaß 106 ausgestoßen, d. h. ein Teil der zum Antrieb des Ventilators benötigten Energie wird verschwendet, indem Frischluft durch den Durchlaß 107 angesaugt und teilweise durch den Durchlaß 106 abgegeben wird, ohne vorher mit dem zu trocknenden Gut in Berührung gekommen zu sein, während andererseits die wasserdampfführende Luft zum Teil im Kreislauf weitergeführt wird. Es muß auch damit gerechnet werden, daß sehr feuchte Luft durch die Frischluft so weit abgekühlt wird, daß es in der Trockenkammer zu starker Kondensation kommt, was die Trocknungsdauer natürlich unerwünscht verlängert.

[0009] Arbeitet der Ventilator in umgekehrter Richtung, wie in Fig.4 gezeigt, so wird zusätzlich der feuchte Luftstrom D3 zuerst erwärmt, dann mit kühler Frischluft D4 vermischt und als Abluft D1 aus dem Durchlaß 107 ausgestoßen, bevor der Rest D2 des erwärmten Luftstroms mit dem zu trocknenden Gut in Berührung kommt, d.h. auch ein Teil der Heizenergie geht unnötig verloren.

[0010] Die vorliegende Erfindung zielt darauf ab, Wirkungsgrad und/oder Energieverbrauch einer eingangs erläuterten Trocknungsanlage beträchtlich zu verbessern, wobei eine solche Anlage nicht notwendigerweise mit einem Heizregister ausgerüstet sein muß. Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß sowohl der mindestens eine Luftdurchlaß als auch der mindestens eine Umkehr-Luftdurchlaß an demselben, zwischen Trocknungsraum und Ventilator bzw. Ventilatorgruppe verlaufenden Teilabschnitt des Luftzirkulationspfads angeordnet sind. Im Gegensatz dazu sind bei der bekannten Anlage die Luftdurchlässe an gegenüberliegenden Teilabschnitten des Luftzirkulationspfads angeordnet. Durch die erfindungsgemäße Modifikation ist es möglich, daß die Frischluft angesaugt wird, ohne sich mit der Abluft zu vermischen und gewährleistet wird, daß die erwärmte Luft durch das zu trocknende Gut hindurchgeht, ohne teilweise bereits vorher mit der Abluft ausgestoßen zu werden. Somit ist sichergestellt, daß feuchte Luft nicht aufgewärmt und unmittelbar danach ins Freie geblasen wird, sondern in Wirkungsgrad- und energieverbrauchsverbessernder Weise die feuchte Luft ins Freie geblasen wird und unabhängig davon frische Luft angesaugt und erwärmt und dann durchs Trockengut geblasen wird. Durch diese erfindungsgemäße Maßnahme können Einsparungen der Heizenergie von 10% und mehr erzielt und allgemein der Trocknungsvorgang beschleunigt werden, da die den Trocknungsraum durchströmende Luft im Vergleich mit Anlagen des Standes der Technik trockener ist.

[0011] Mit den Begriffen Luftdurchlaß und Umkehr-Luftdurchlaß wird zum Ausdruck gebracht, daß im Betrieb der Trocknungsanlage diese Durchlässe in gegensätzlicher Richtung angeströmt werden, d.h. einer da-

von als Einlaß und der andere als Auslaß wirkt.

[0012] Um die Durchmischung von Frisch- und Abluft noch besser zu verhindern, ist in einer Fortbildung der Erfindung vorgesehen, daß zwischen dem mindestens einen Luftdurchlaß und dem mindestens einen Umkehr-Luftdurchlaß mindestens eine in den Luftzirkulationspfad ragende Trennwand ausgebildet ist. Diese stellt eine strömungstechnisch günstige Abzweigung Luftzirkulationspfad dar. Durch geeignete Dimensionsierung wird sichergestellt, daß sich in der Trocknungsanlage die geeigneten Druck- und Unterdruckverhältnisse aufbauen, wobei durch den Unterdruck die Frischluft angesaugt und durch Überdruck die Abluft ausgestoßen wird.

[0013] Der Trocknungsvorgang wird mit erwärmter Luft beschleunigt, da diese mehr Wasserdampf aufnehmen kann. Daher ist vorteilhaft im Luftzirkulationspfad ein Heizregister angeordnet, das mit dem mindestens einen Luftdurchlaß oder dem mindestens einen Umkehr-Luftdurchlaß kommuniziert. Das Heizregister wird günstigerweise so ausgelegt, daß an seinen beiden Seiten bei Anströmung mit Luft ein erwünschter Druckunterschied auftritt. Dieser Effekt wird verstärkt, indem die Trennwand mindestens eine Seite des Heizregisters begrenzt.

[0014] Ein strömungstechnisch günstiger Luftzirkulationspfad ergibt sich, wenn zwischen Ventilator bzw. Ventilatorgruppe und Trocknungsraum eine Zwischendecke oder Zwischenwand angeordnet ist. Diese Zwischendecke oder Zwischenwand kann vorteilhaft mindestens eine Seite des Heizregisters begrenzen, wobei sie auch unter dem Trocknungsgut oder seitlich davon liegen kann.

[0015] Um des Trocknungsvorgang and die Art oder den Zustand des zu trocknenden Gutes anzupassen, kann in weiteren Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Trocknungsanlage.

a) mindestens ein Luftdurchlaß und/oder Umkehr-Luftdurchlaß Absperrklappen aufweisen;

b) die Förderrichtung des Ventilators bzw. der Ventilatorgruppe reversibel sein;

c) die Förderleistung des Ventilators bzw. der Ventilatorgruppe einstellbar sein; und

d) die Stellung der Klappen automatisch von einer Steuer- und Regeleinrichtung eingestellt werden.

[0016] Die Erfindung wird nun anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben, worin die Figuren 1 und 2 eine erfindungsgemäße Trocknungsanlage im Aufriß bei entgegengesetzten Ventilator-Förderrichtungen zeigen.

[0017] Bei der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Trocknungsanlage handelt es sich um eine Fortbildung der in

den Figuren 3 und 4 dargestellten Anlage des Standes der Technik. Gleiche oder ähnliche Teile sind daher mit gleichen Bezugszeichen, jeweils vermindert um 100, dargestellt. Eine nähere Erläuterung dieser Teile kann unterbleiben, und es wird stattdessen auf die oben erfolgte Beschreibung verweisen.

[0018] Die erfindungsgemäße Trocknungsanlage besteht aus einer allgemein mit 1 bezeichneten Trocknungskammer, in der ein Trocknungsraum 2 für zu trocknendes Gut definiert ist, wie z.B. Holzbretterstapel 3. Zur Erzeugung eines Luftstroms in der Trocknungskammer ist ein Ventilator 4 unter der Decke der Trocknungskammer angeordnet, der durch eine Zwischendecke 5 vom Trocknungsraum 2 abgetrennt ist. Anstelle eines Ventilators kann auch eine Gruppe an Ventilatoren vorgesehen werden, die beispielsweise nebeneinander oder übereinander angeordnet sind. Die Ventilatoren können Axial- oder Radialventilatoren sein. Weiters sind im Dach der Trocknungskammer zwei nebeneinander angeordnete Luftdurchlässe 6, 7 ausgebildet, von denen - abhängig von der Förderrichtung des Ventilators - jeweils einer als Frischlufteinlaß und der andere als Abluftauslaß wirkt. Eine nach unten ragende Trennwand 11 trennt die Öffnungen der Durchlässe voneinander und bildet eine Abzweigung für den Luftzirkulationspfad. Jeder Luftdurchlaß kann zweckmäßig selektiv oder auch gemeinsam mit anderen durch Absperrrklappen 12 verschlossen werden. Weiters ist zur Erwärmung des in der Trocknungskammer zirkulierenden Luftstroms ein Heizregister 8 vorgesehen, das sich von der rechten Kante der Zwischendecke 5 zur Trennwand 11 erstreckt. Die Zwischendecke 5 reicht nicht ganz bis zur linken Seitenwand der Trocknungskammer 1, sondern läßt eine Öffnung 9 frei, durch die Luft strömen kann. Die gewählte Größe der Öffnung hängt von Faktoren wie der Holzdimension, den Stapellatten, der Stapelhöhe und -anzahl und der Holzart ab. Damit die Luft durch das Trocknungsgut hindurch, aber nicht oberhalb daran vorbei strömen kann, hängt eine Schürze 10 von der Zwischendecke 5 herab. Somit wird in der Trocknungskammer ein Luftzirkulationspfad gebildet, der von einer Seite des Ventilators ausgehend oberhalb der Zwischendecke entlang durch das Heizregister hindurch in den Trocknungsraum und quer durch diesen hindurch dann durch die Öffnung 9 nach oben und wieder zurück zum Ventilator verläuft.

[0019] Im folgenden werden anhand von Fig. 1 die Strömungsverhältnisse beschrieben, wenn der Ventilator Luft nach rechts, d.h.in Richtung des Pfeils A, fördert. Ein Teil des durch den Ventilator hindurch geförderten Luftstroms A tritt als Abluft A1 durch den Luftdurchlaß 6, der als Auslaß wirkt, aus der Trocknungskammer 1 aus. Der übrige Teil A2 des Luftstroms strömt durch das Heizregister 8 hindurch nach unten und wird dabei erwärmt und gelangt in den Trocknungsraum 2 (dargestellt durch Pfeil A5), wo er durch den Bretterstapel 3 hindurchfließt. Nachdem der Luftstrom durch den Bretterstapel hindurchgegangen ist (Pfeil A6), wird er durch

die Öffnung 9 nach oben gesaugt (Pfeil A3) und zum Ventilator 4 hingezogen. Der Luftzirkulationsstrom bewirkt, daß Frischluft A4 aus dem Luftdurchlaß 7, der als Einlaß wirkt, direkt in den Trocknungsraum 2 gesaugt wird. Es ist anzumerken, daß die Abluft A1 durch die geeignet eingestellten Druckverhältnisse in der Trocknungskammer aus dem Durchlaß 6 ausgestoßen wird, ohne vorher unerwünscht nochmals durch das Heizregister 8 erwärmt worden zu sein.

[0020] Wenn der Ventilator Luft nach links, d.h.in Richtung des Pfeils B, fördert, ergeben sich in der Trocknungskammer 1 die in Fig.2 dargestellten Strömungsverhältnisse. Der durch den Ventilator hindurch geförderte Luftstrom B wird nach unten umgelenkt (Pfeil B2) und gelangt durch die Öffnung 9 in den Trocknungsraum 2 (Luftstrom dargestellt durch Pfeil B5), wo er durch den Bretterstapel 3 hindurchfließt. Nachdem der Luftstrom durch den Bretterstapel hindurchgegangen ist (Pfeil B6), wird er teilweise durch das Heizregister 8 hindurch nach oben gesaugt (Pfeil B3), dabei erwärmt und anschließend zum Ventilator 4 hingezogen. Durch den Unterdruck rechts vom Ventilator wird gleichzeitig Frischluft (Pfeil B4) aus dem Durchlaß 6 angesaugt. Ein anderer Teil des Luftstroms B6 wird als Abluft B1 aus dem Durchlaß 7 nach außen abgegeben. Es ist wiederum anzumerken, daß die Abluft B1 aus dem Durchlaß 7 ausgestoßen wird, ohne vorher unerwünscht nochmals durch das Heizregister 8 erwärmt worden zu sein.

[0021] In einer weiteren Ausgestaltung können die Klappen und/oder Heizregister bei gleicher Funktionsweise auch beidseitig angeordnet werden.

Patentansprüche

1. Trocknungsanlage mit einer Trocknungskammer, in der ein Trocknungsraum für zu trocknendes Gut definiert ist, einem in der Trocknungskammer angeordneten Ventilator bzw. einer Ventilatorgruppe, mindestens einem Luftdurchlaß, der zwischen dem Innenraum der Trocknungskammer und deren Außenumgebung kommuniziert, und mindestens einem Umkehr-Luftdurchlaß, der zwischen dem Innenraum der Trocknungskammer und deren Außenumgebung kommuniziert, wobei in der Trocknungskammer ein Luftzirkulationspfad ausgebildet ist, der von einer Seite des Ventilators bzw. der Ventilatorgruppe ausgehend durch den Trocknungsraum hindurch und zurück zur anderen Seite des Ventilators bzw. der Ventilatorgruppe führt, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl der mindestens eine Luftdurchlaß (6) als auch der mindestens eine Umkehr-Luftdurchlaß (7) an demselben, zwischen Trocknungsraum (2) und Ventilator (4) bzw. Ventilatorgruppe verlaufenden Teilabschnitt (A2 und A5; B6 und B3) des Luftzirkulationspfads angeordnet sind.

2. Trocknungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem mindestens einen Luftdurchlaß (6) und dem mindestens einen Umkehr-Luftdurchlaß (7) mindestens eine in den Luftzirkulationspfad ragende Trennwand (11) ausgebildet ist. 5
3. Trocknungsanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Luftzirkulationspfad ein Heizregister (8) angeordnet ist, das mit dem mindestens einen Luftdurchlaß oder dem mindestens einen Umkehr-Luftdurchlaß kommuniziert. 10
4. Trocknungsanlage nach Anspruch 3 in Verbindung mit Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennwand (11) mindestens eine Seite des Heizregisters (8) begrenzt. 15
5. Trocknungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Ventilator bzw. Ventilatorgruppe und Trocknungsraum eine Zwischendecke (5) oder Zwischenwand angeordnet ist. 20
6. Trocknungsanlage nach Anspruch 5 in Verbindung mit Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischendecke (5) oder Zwischenwand mindestens eine Seite des Heizregisters (8) begrenzt. 25
30
7. Trocknungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Luftdurchlaß und/oder Umkehr-Luftdurchlaß Absperrklappen (12) aufweist. 35
8. Trocknungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Förderrichtung (A; B) des Ventilators (4) bzw. der Ventilatorgruppe reversibel ist. 40
9. Trocknungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Förderleistung des Ventilators (4) bzw. der Ventilatorgruppe einstellbar ist. 45
10. Trocknungsanlage nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuer- und Regeleinrichtung zur automatischen Einstellung der Ventilatorförderrichtung und/oder -leistung und/oder der Stellung der Absperrklappen vorgesehen ist. 50

55

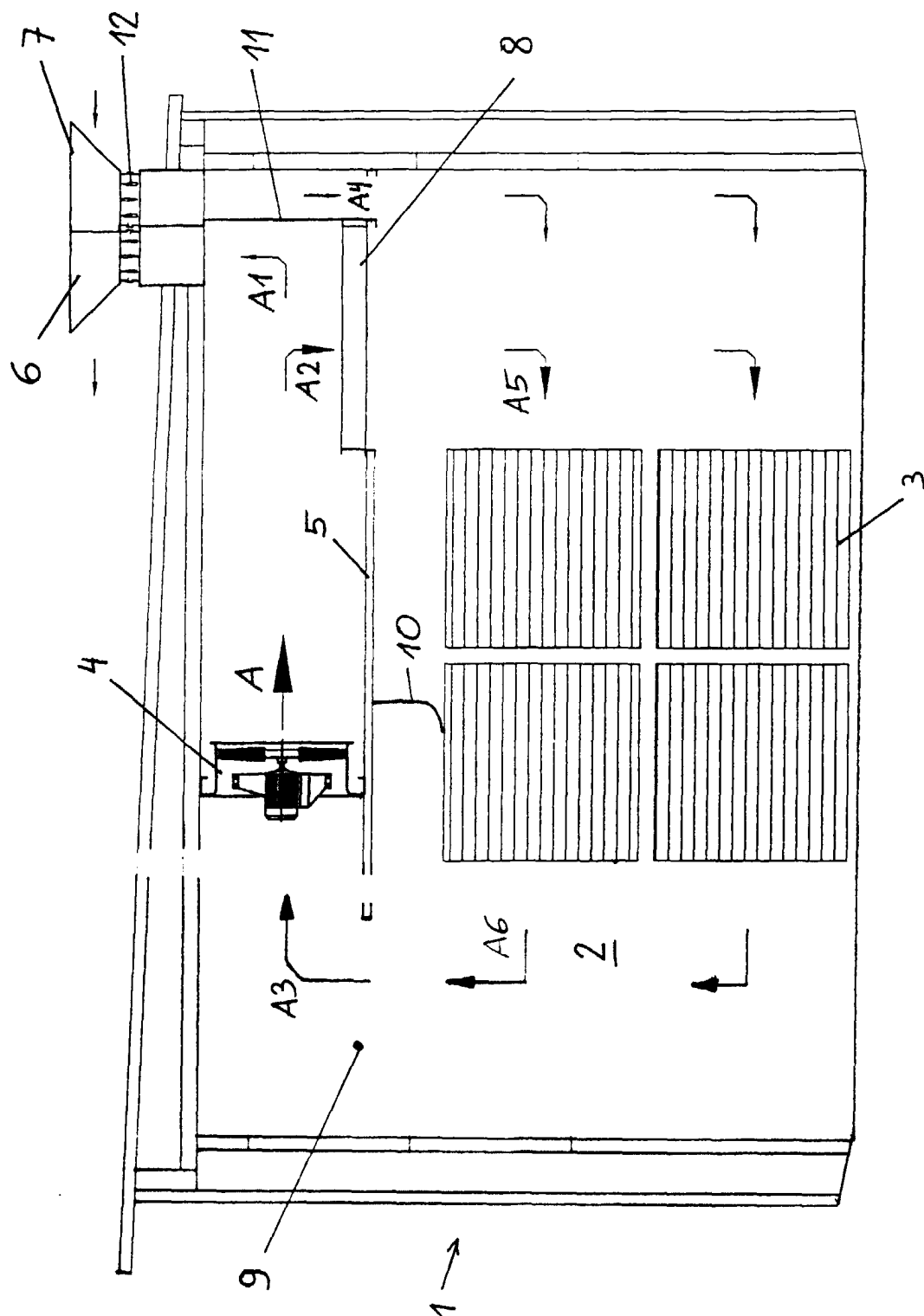


Fig. 1

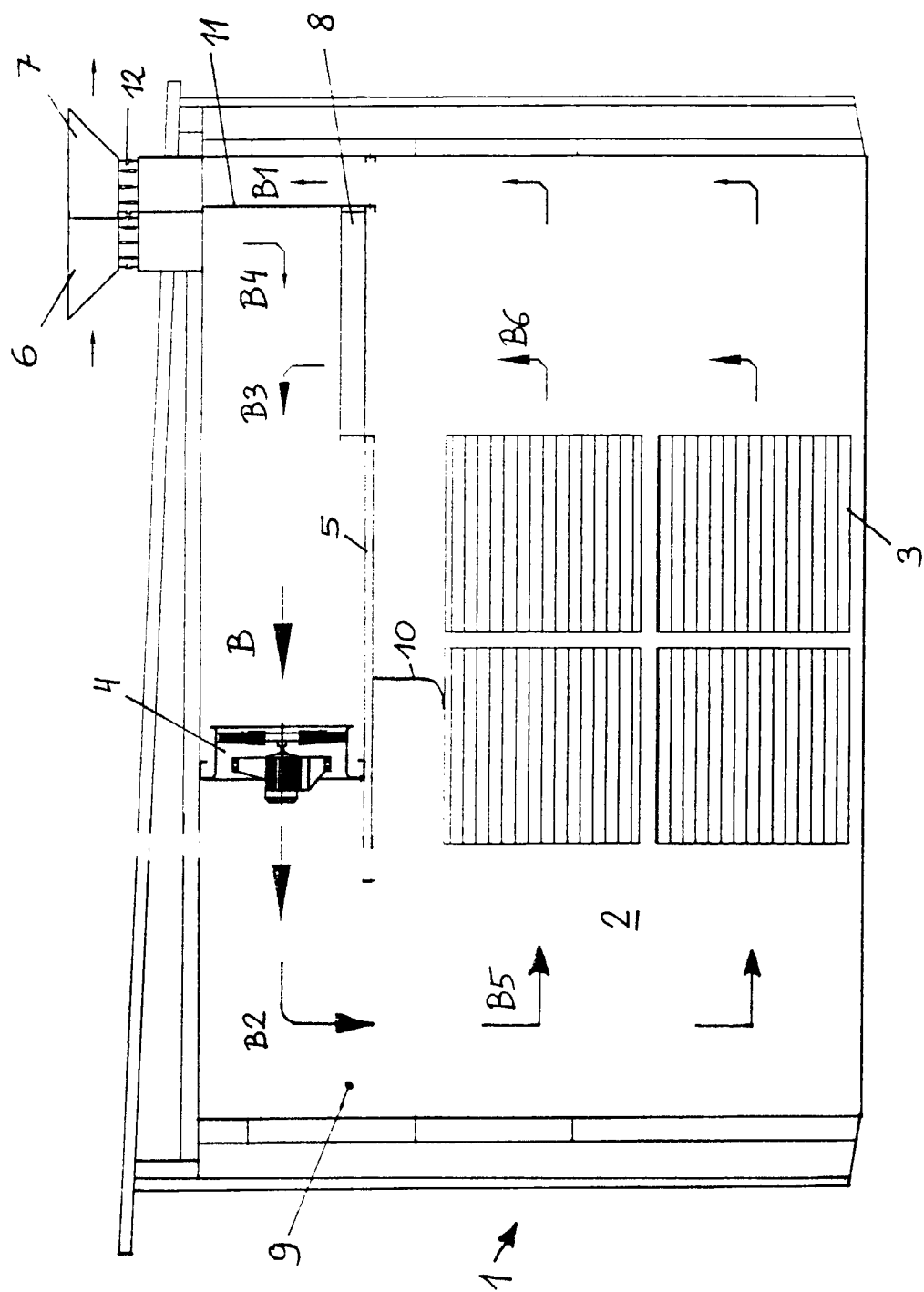
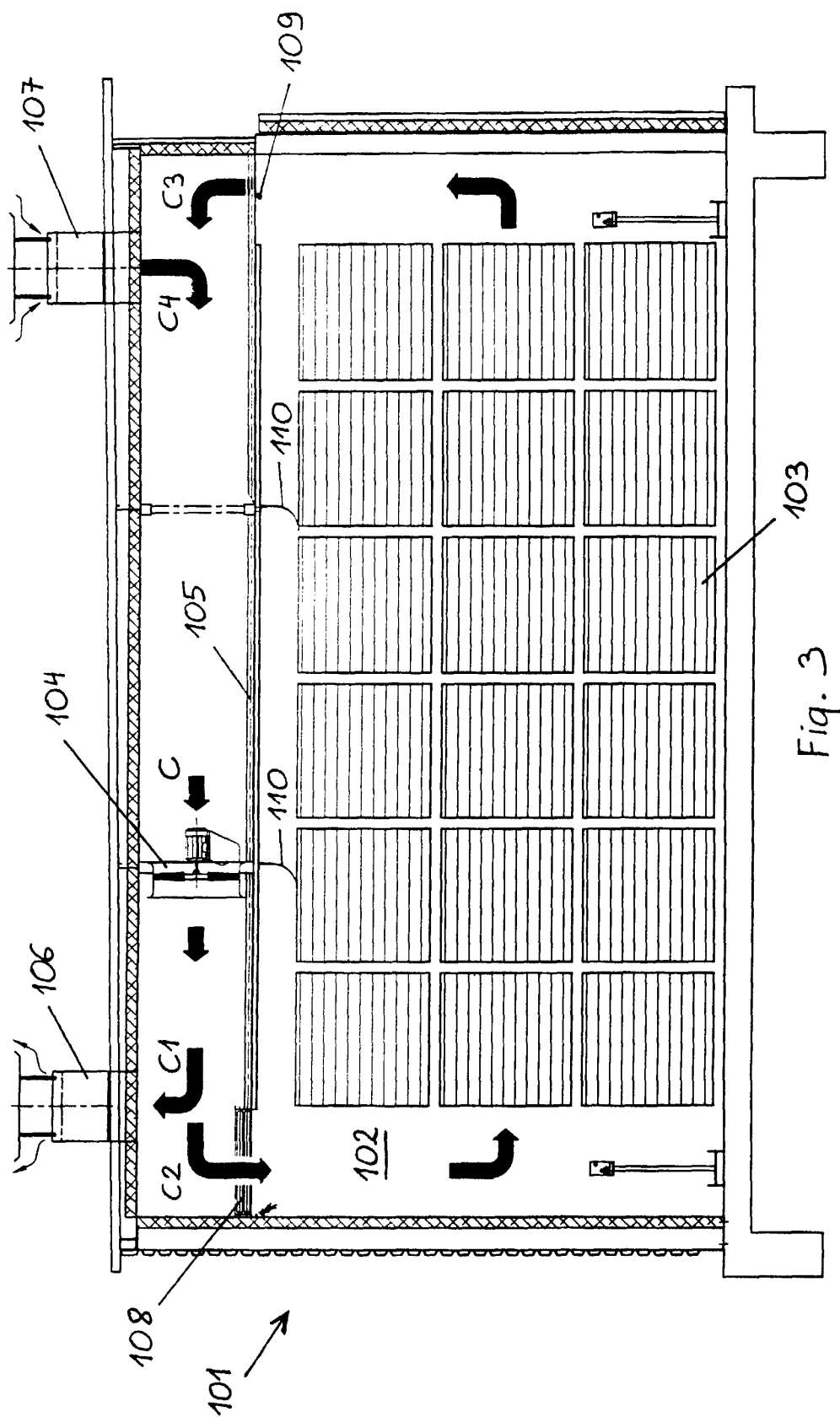


Fig. 2



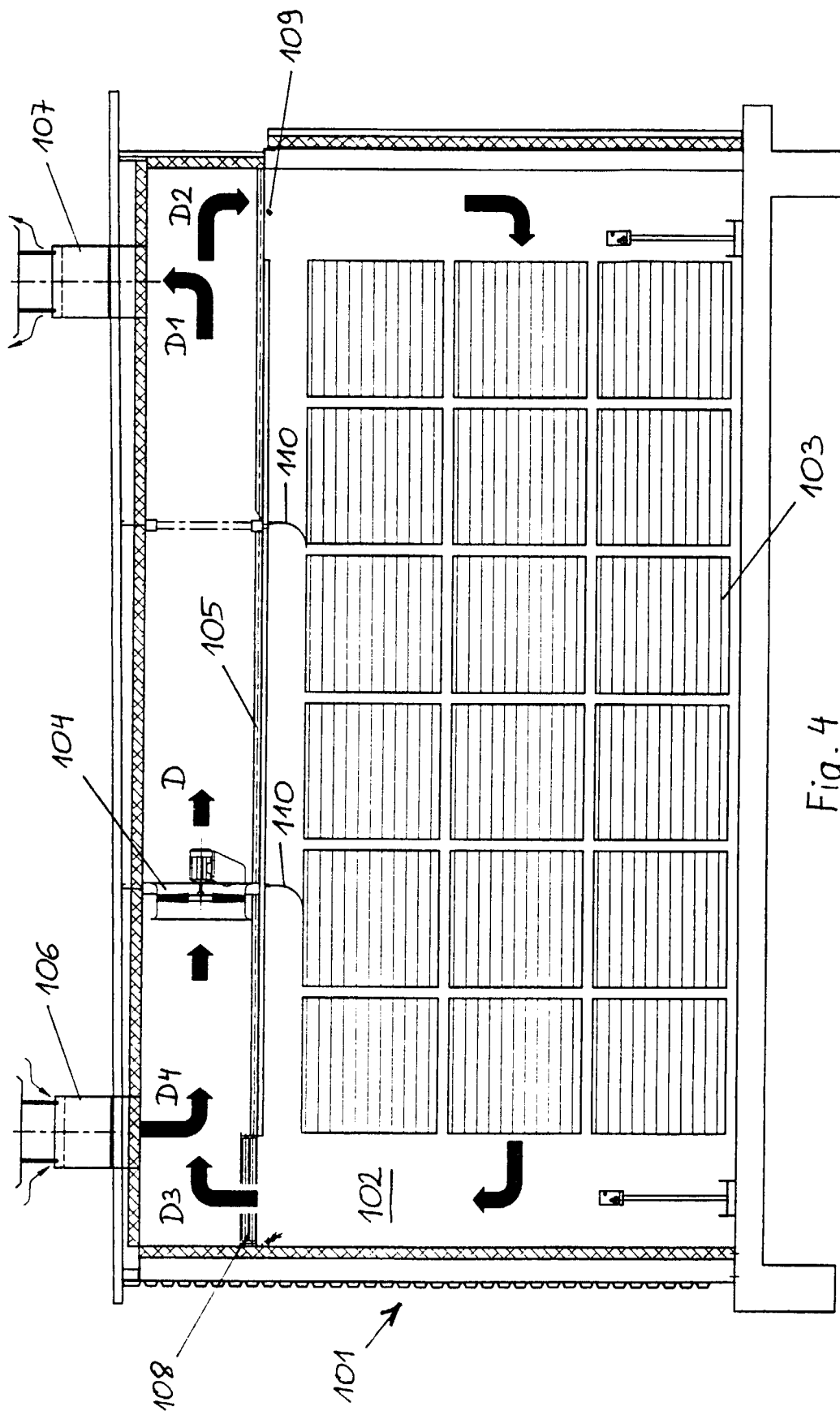


Fig. 4