

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑰ Anmeldenummer: 85112671.4

⑤① Int. Cl.⁴: **F 27 B 9/02, F 27 D 7/00,**
F 27 B 9/30

⑱ Anmeldetag: 07.10.85

③① Priorität: 08.10.84 DE 3437237
03.05.85 DE 3515877

⑦① Anmelder: **Riedel, Rudolf, Haferkamp 3,**
D-2106 Bendestorf (DE)

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: **BE DE FR GB NL**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 16.04.86
Patentblatt 86/16

⑦① Anmelder: **Fritz Werner Industrie-Ausrüstungen GmbH,**
Industriestrasse Postfach 1254/1255,
D-6222 Gelsenheim (DE)

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: **CH IT LI LU SE AT**

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

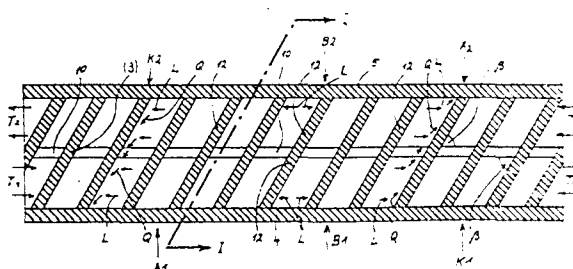
⑦② Erfinder: **Riedel, Rudolf, Haferkamp 3,**
D-2106 Bendestorf (DE)

⑦④ Vertreter: **Elkenberg & Brümmerstedt Patentanwälte,**
Schackstrasse 1, D-3000 Hannover 1 (DE)

⑤④ Tunnelofen mit zwei parallelen Kanälen.

⑤⑦ Der Tunnelofen dient zur Wärmebehandlung von beispielsweise Ton oder Porzellan und ist ein sogenannter Gegenlaufofen, bei dem die Produktstapel (P1, P2) gegenläufig durch die beiden Kanäle (1, 2) geführt werden. Die Kanäle sind durch eine mit Durchlaßöffnungen (10) ober- und unterhalb der Produktstapel versehene Mittelwand (3) getrennt und unterteilen sich jeweils in eine Aufheizzone (A1, A2), eine Brennzone (B1, B2) und eine Kühlzone (K1, K2). Zwischen der Aufheizzone des einen und der benachbarten Kühlzone des anderen Kanals findet eine Querkonvektion (Q) statt, die die Wärme der Kühlzone in der Aufheizzone des anderen Kanals nutzbar macht.

Diese Querkonvektion (Q) wird durch eine zwischen der Brennzone und der Außenatmosphäre strömende Längskonvektion (L) so gestört, daß die an sich sehr günstige Wärmebilanz des Ofens verschlechtert wird. Die Erfindung sieht nun oberhalb und unterhalb der Produktstapel (P1, P2) in jedem Kanal (1, 2) eine Anzahl von Strömungsleitflächen (12) vor, die in Transportrichtung (T1, T2) der Produkte einen Winkel (β) von 30–80°, vorzugsweise 50–70° mit der Mittelwand (3) bilden und jeweils neben den Durchlaßöffnungen (10) an der Mittelwand enden. An jeder Leitfläche wird dabei ein Teil der Längskonvektion in Richtung der Querkonvektion abgelenkt, so daß die Längskonvektion von Leitfläche zu Leitfläche abgeschwächt wird und zugleich zum Antrieb der Querkonvektion beiträgt.



EIKENBERG & BRÜMMERSTEDT
PATENTANWÄLTE IN HANNOVER

1.) Rudolf Riedel

2.) Fritz Werner Industrie-Ausrüstungen GmbH

431/9 EP

Tunnelofen mit zwei parallelen Kanälen

Zur Wärmebehandlung von Produkten, beispielsweise zum Brennen von Ton oder Porzellan, sind sog. "Gegenlauföfen" bekannt. Dabei handelt es sich um Tunnelöfen mit zwei parallelen Behandlungskanälen, durch die hindurch Transportwagen mit darauf gestapelten Produkten in gegenläufiger Richtung geführt werden. Jeder der Kanäle ist in drei Zonen unterteilt, nämlich eine Aufheizzone, in der die Produkte bis etwa auf die Behandlungstemperatur aufgeheizt werden, und eine Brennzonen, in der die Produkte auf der Behandlungstemperatur gehalten werden, sowie eine Kühlzone, in der die Produkte wieder bis auf die Ausgangstemperatur heruntergekühlt werden. Die beiden Brennzonen befinden sich dabei in der Ofenmitte, während als Folge der gegenläufigen Transportrichtung der Produkte jeweils die Kühlzone des einen Kanals benachbart zur Aufheizzone des anderen Kanals angeordnet ist.

Ein solcher Gegenlaufofen eröffnet die Möglichkeit einer direkten Übertragung der in der Kühlzone eines jeden Kanals abgegebenen Wärme in die benachbarte Aufheizzone des anderen Kanals. Für diesen Zweck hat es sich als günstig erwiesen, die beiden Kanäle durch eine Mittelwand voneinander zu trennen und in der Mittelwand jeweils oberhalb und unterhalb der Produktstapel eine Anzahl von Durchlaßöffnungen vorzusehen. Dadurch soll eine (nachfolgend auch als "Querkonvektion" bezeichnete) Ringströmung

zwischen den beiden Kanälen erreicht werden, und zwar derart, daß sich die Luft, die sich in den heißen Produktstapeln in der Kühlzone befindet, erwärmt und nach oben steigt, dann oberhalb der Produkte quer zur Längsrichtung der Kanäle in den anderen Kanal strömt, durch die dort befindlichen kälteren Produktstapel abgekühlt wird, durch diese hindurch nach unten sinkt und dann unterhalb der Produkte wieder in den ersten Kanal zurückströmt, um den Kreislauf neu zu beginnen. Neben anderen Vorteilen läßt eine solche direkte Wärmeübertragung eine ganz erhebliche Energieersparnis erwarten, verglichen mit einem einfachen Tunnelofen, der nur einen Behandlungskanal aufweist.

Die bisherigen Erfahrungen haben jedoch gezeigt, daß die Vorteile eines solchen Gegenlaufofens in der Praxis nicht oder jedenfalls nicht in dem zu erwartenden Ausmaß erreicht werden. Dies läßt sich im wesentlichen auf zwei Ursachen zurückführen. Erstens ist die Querkonvektion (sofern keine zusätzlichen Maßnahmen getroffen werden) verhältnismäßig schwach, weil nur die beiden vertikalen Äste durch Temperaturunterschiede angetrieben sind, während die beiden horizontalen Äste keinen natürlichen Antrieb haben und durch Verbrauch von Auftriebskräften überwunden werden müssen. Zweitens wird die Querkonvektion aber auch noch durch eine als "Längskonvektion" bezeichnete Ringströmung in Längsrichtung der Kanäle beeinträchtigt. Diese Längskonvektion verläuft zwischen der Brennzone und der Außenatmosphäre derart, daß Heißluft oberhalb der Produktstapel von der Brennzone aus nach außen abströmt und Kaltluft unterhalb der Produktstapel wieder zur Brennzone hin zurückströmt. Sie wird ausgelöst durch eine vertikale Druckdifferenz in der Brennzone infolge des Auftriebs der dort erhitzten Luft und besitzt deshalb einen stärkeren Antrieb als die Querkonvektion. Dadurch wird die Querkonvektion mehr oder weniger unterdrückt und zumindest erheblich deformiert. Die Folge ist eine Verzerrung des gewollten Temperaturverlaufs längs der Aufheizzone und der Kühlzone, die zu Aufheizschäden oder Kühlenschäden der Produkte Anlaß geben kann. Außerdem erhöht sich auch der Wärmeverbrauch durch den Verlust von Heißluft an

den Ofenenden und die Notwendigkeit, die eingeströmte Kaltluft auf die Behandlungstemperatur zu erwärmen.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, die Wirksamkeit der Querkonvektion zu verbessern bzw. die Auswirkungen der Längskonvektion zu beseitigen. So schlägt die DE-A 27 21 948 einen zusätzlichen motorischen Antrieb der Querkonvektion vor, beispielsweise mittels Ventilatoren in den Durchlaßöffnungen in der Mittelwand zwischen den Kanälen oder mittels Düsen, die oberhalb und unterhalb der Produktstapel einen zusätzlichen horizontalen Luftstrom in Strömungsrichtung der Querkonvektion einblasen. Diese Maßnahmen sind jedoch energetisch sehr ungünstig. Die DE-A 30 42 708 beschreibt eine Unterdrückung der Längskonvektion dadurch, daß Luft in einer Menge, die der Wärmekapazität der behandelten Produkte gleich oder angepaßt ist, am Anfang einer jeden Aufheizzone durch Ventilationsmittel abgezogen und in die Kühlzone des anderen Kanals eingeblasen wird. Es hat sich jedoch gezeigt, daß dies die Energiebilanz des Gegenlaufofens nicht nennenswert über diejenige eines Tunnelofens mit nur einem Behandlungskanal hinaus verbessert. Schließlich sind aber auch Versuche der Praxis, die Längskonvektion durch Erhöhung ihres Strömungswiderstandes (beispielsweise durch entsprechende Anordnung und Ausbildung der Produktstapel auf den Transportwagen) zu behindern, erfolglos geblieben, letztlich weil für den sicheren Transport der Produkte durch den Ofen hindurch immer ein Mindestspalt zwischen den Produktstapeln und den Kanalwandungen vorhanden sein muß.

Es ist das Ziel der Erfindung, den Gegenlaufofen dahingehend zu verbessern, daß seine inhärent vorhandenen Vorteile möglichst weitgehend und jedenfalls stärker als bisher zum Tragen kommen.

Dieses Ziel erreicht die Erfindung dadurch, daß in jedem Kanal oberhalb und unterhalb der Produktstapel eine Anzahl von Strömungsleitflächen angeordnet sind, die in Transportrichtung der Produkte einen Winkel von 30° bis 80°, vorzugsweise von

50° bis 70° mit der Mittelwand zwischen den Kanälen bilden und jeweils paarweise eine der Durchlaßöffnungen zwischen sich einschließen.

Die Erfindung geht gegenüber den bisherigen Vorschlägen einen neuartigen Weg. Sie ist das konsequente Ergebnis der Überlegung, daß die verhältnismäßig starke Längskonvektion, deren Entstehung vom Prinzip her unvermeidbar ist, auch dadurch unschädlich gemacht werden kann, daß sie in eine Querkonvektion umgewandelt wird. Dies gelingt mit den Strömungsleitflächen derart, daß die Längskonvektion sowohl oberhalb als auch unterhalb der Produktstapel beim Auftreffen auf die Leitflächen einen gewissen Impuls zur Seite hin in Strömungsrichtung der Querkonvektion erhält. Das hat eine Verminderung der Längskonvektion von Leitfläche zu Leitfläche zur Folge, während zugleich die Querkonvektion an jeder Leitfläche einen zusätzlichen Antrieb bekommt, ohne daß dazu Antriebsenergie von außen zugeführt werden muß. An den einlaß- und auslaßseitigen Enden des Ofens hat sich auf diese Weise die Längskonvektion schließlich so weitgehend abgebaut, daß der verbliebene Rest sich kaum noch nachteilig auswirkt.

Der Wert des Winkels β für die Schrägstellung der Strömungsleitflächen hängt von der gewünschten Umwälzmenge der Querkonvektion im Verhältnis zur vorhandenen Längskonvektion ab und läßt sich für jeden Einzelfall leicht ermitteln. Generell gilt, daß sich die seitliche Ablenkung der Längskonvektion bei steilerer Stellung der Leitflächen, also bei größer werdendem Winkel β verringert und bei stärkerer Schrägstellung der Leitflächen, also bei kleiner werdendem Winkel β vergrößert. Allerdings sinkt mit kleiner werdendem Winkel β die Wirksamkeit, weil sich dann die Strömungsebene der Querkonvektion zunehmend schräger zur Ofenlängsrichtung einstellt. Dadurch begrenzt sich der Bereich des Winkels β auf Werte zwischen 30° und 80° und bevorzugt auf Werte zwischen 50° und 70°.

Die Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden in

der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen stellen dar:

- Fig. 1 schematisch einen erfindungsgemäßen Gegenlaufofen im Querschnitt (Schnittebene I-I in Fig. 2 bzw. Fig. 3),
- Fig. 2 einen Längsschnitt in der Ebene II-II der Fig. 1,
- Fig. 2A einen Längsschnitt analog Fig. 2 für eine etwas abgewandelte Ausführungsform der Strömungsleitplatten,
- Fig. 3 einen Längsschnitt in der Ebene III-III der Fig. 1,
- Fig. 4 einen Längsschnitt in der Ebene IV-IV der Fig. 1,
- Fig. 5 ausschnittsweise den Bereich der Aufheizzone eines Kanals mit Strömungsleitkörpern in der Schnittansicht analog Fig. 2, und
- Fig. 6 die Ausführungsform gemäß Fig. 5 in der gleichen Schnittansicht ausschnittsweise für den Bereich der Kühlzone des benachbarten Kanals.

Die in den Fig. 1- 4 dargestellte Ausführungsform des Gegenlaufofens weist zwei parallele Behandlungskanäle 1 und 2 auf, die sich jeweils in eine Aufheizzone A1 bzw. A2, eine Brennzzone B1 bzw. B2 und eine Kühlzone K1 bzw. K2 unterteilen. Diese beiden Kanäle besitzen eine gemeinsame Mittelwand 3 und sind im übrigen begrenzt durch zwei seitliche Außenwände 4 und 5 sowie eine sich über beide Kanäle hinweg erstreckende Decke 6. Die zu behandelnden Produktstapel P1 und P2 werden mit nur schematisch angedeuteten Transportwagen 7 im Gegenlauf (Pfeilrichtung T1 bzw. T2) durch die beiden Kanäle gefördert, so daß die Kühlzone K1 der Aufheizzone A2 benachbart liegt, und umgekehrt. Zweckmäßig er-

folgt der Transport der Produktstapel dabei mit taktweisem Vorschub.

Die Produktstapel P1 und P2 auf den Transportwagen sind so beschaffen, daß sie von oben nach unten bzw. von unten nach oben von der Luft im Ofen durchströmt werden können, wobei angemerkt sei, daß der Ausdruck "Luft" allgemein als Bezeichnung für die Ofenatmosphäre zu verstehen ist. Sie befinden sich auf einer besonderen, mit Öffnungen für den Luftdurchtritt versehenen Tragplatte 8, die im Abstand oberhalb der eigentlichen Wagenplattform 9 angeordnet ist, so daß unterhalb der Produktstapel in jedem Kanal ein Freiraum gebildet wird, in dem sich eine Strömung ausbilden kann. Ein weiterer Strömungsfreiraum befindet sich in jedem Kanal oberhalb der Produktstapel, da diese zwangsläufig einen Abstand von der Kanaldecke 6 aufweisen müssen. Die oberen und unteren Strömungsfreiräume beider Kanäle sind über Durchlaßöffnungen 10 bzw. 11 in der Mittelwand 3 miteinander verbunden, so daß die gewünschte, mit den Pfeilen Q bezeichnete Querkonvektion zwischen den Kanälen möglich wird.

In den Strömungsfreiräumen oberhalb und unterhalb der Produktstapel P1 und P2 sind jeweils eine Anzahl von Strömungsleitflächen angeordnet, die im Beispiel der Fig. 1 - 4 durch vertikal verlaufende ebene Leitplatten 12 und 13 gebildet werden, von denen die oberen Leitplatten 12 ortsfest und die unteren Leitplatten 13 ein Bestandteil der Transportwagen 7 sind. Diese Leitplatten 12 und 13 stehen in Transportrichtung T1 und T2 der Produkte in einem Winkel β von 60° zur Mittelwand und sind den Durchlaßöffnungen 10 und 11 so zugeordnet, daß sich jeweils eine der Durchlaßöffnungen 10 bzw. 11 zwischen zwei Leitplatten 12 und 13 befindet. Dadurch ergeben sich für die horizontalen Äste der Querkonvektion definierte Strömungsquerwege, deren Wirkung weiter unten erläutert wird. Um die Querkonvektion entlang dieser Strömungsquerwege möglichst wenig zu behindern, sind die Durchlaßöffnungen 10 und 11 vorzugsweise ebenfalls mit schräg verlaufenden Seitenwänden entsprechend der Schrägstellung der Leitplatten

versehen, und ihre Breite ist vorzugsweise gleich dem lichten Abstand zwischen zwei Leitplatten.

In Fig. 4 ist eine solche strömungsgünstige Ausbildung der Durchlaßöffnungen 11 in den Strömungsquerwegen unterhalb der Produktstapel P1 und P2 gezeigt, und diese Ausbildung kann ebenso auch bei den Durchlaßöffnungen 10 in den Strömungsquerwegen oberhalb der Produktstapel vorgesehen sein. Da jedoch die oberen Leitplatten 12 ortsfest sind, brauchen sie nicht unbedingt auf die Breite eines Kanals 1 bzw. 2 beschränkt zu sein. Deshalb läßt sich im Bereich der oberen Strömungsquerwege das gleiche strömungsgünstige Ergebnis auch dadurch erreichen, daß in der in Fig. 3 gezeigten Weise das zwischen den Leitplatten 12 befindliche Stegteil der Mittelwand in die Platten integriert wird, sich also die oberen Leitplatten 12 über beide Kanäle 1 und 2 durchgehend von der einen Außenwand 4 zur anderen Außenwand 5 erstrecken und die eigentliche Mittelwand nur noch bis zur Höhe der Unterkanten 14 der Leitplatten 12 reicht.

Die oberen Leitplatten 12 können gesonderte Bauteile aus einem temperaturbeständigen Material wie z.B. Schamotte oder einer feuerfesten Keramik sein, die mit der Decke 6, der Außenwand 4 bzw. 5 und der Mittelwand 3 möglichst spaltfrei verbunden sind, damit in diesen Bereichen keine Strömung an den Platten vorbei auftreten kann. Ebenso ist es aber auch möglich, die oberen Leitplatten als Bestandteile der Decke 6 auszubilden, beispielsweise indem die tragenden Rippen einer Rippendecken-Konstruktion so angeordnet werden, daß sie die Leitflächen-Funktion übernehmen. Diese Rippen sind dann zweckmäßig mit dem Auskleidungsmaterial des Ofens, z.B. Schamotte ummantelt. In jedem Fall erstrecken sich die oberen Leitplatten so weit abwärts, daß zwischen ihrer Unterkante 14 und der Oberseite der Produktstapel P1 bzw. P2 gerade noch der erforderliche Mindestspalt verbleibt.

Die unteren, einen Bestandteil der Transportwagen 7 darstellenden Leitplatten 13 bestehen ebenfalls aus einem tempe-

raturbeständigen Material wie z.B. aus Schamotte oder einer feuerfesten Keramik. Sie befinden sich zwischen der Wagenplattform 9 und der Tragplatte 8, so daß sie vorteilhaft zugleich als Stützen zum Abstützen der Tragplatte dienen können und erstrecken sich so weit über die Breite eines Kanals 1 bzw. 2, daß der seitliche Spalt zwischen ihnen und der Mittelwand 3 bzw. den Außenwänden 4 und 5 möglichst schmal ist. Im übrigen kann es aus konstruktiven Gründen zweckmäßig sein, die Transportwagen 7 nicht in der herkömmlichen Weise mit einer in Draufsicht rechteckigen Plattform 9 zu versehen, sondern entsprechend der Schrägstellung der Leitplatten 13 um den Winkel β mit einer parallelogrammförmigen Plattform und einer ebensolchen Tragplatte.

Die Wirkung der durch die Leitplatten 12 und 13 gebildeten Strömungsflächen besteht in einer Ablenkung der mit den Pfeilen L bezeichneten Längskonvektion. Dies sei zunächst für den oberen Ast der Längskonvektion erläutert, also für die in der Brennzzone eines jeden Kanals aufgeheizte und dann zwischen der Decke und den Produktstapeln in Kanallängsrichtung sowohl zur Einlaßseite als auch zur Auslaßseite des betreffenden Kanals hin nach außen strömende Luft (Fig. 2 in Verbindung mit Fig. 3). Diese obere Längskonvektion trifft beiderseits der Brennzonen B1 und B2 zunächst auf die ersten oberen Leitplatten 12, wo sie infolge der Schrägstellung der Platten einen gewissen Impuls in diejenige Richtung erhält, in die auch die Querkonvektion strömt (also in der Kühlzone jedes Kanals zur Durchlaßöffnung 10 hin und in der Aufheizzone eines jeden Kanals von der Durchlaßöffnung 10 weg). Dadurch wird an den Leitplatten 12 ein Teil der Längskonvektion in Querkonvektion umgewandelt. Das hat einen zusätzlichen Antrieb für den oberen horizontalen Ast der Querkonvektion zur Folge, einhergehend mit einer entsprechenden Verminderung der Längskonvektion. Der an den ersten Leitplatten 12 nicht umgewandelte Teil der Längskonvektion strömt unter den Plattenunterkanten hindurch weiter in Längsrichtung nach außen und gelangt so in den durch die nächstfolgenden Leitplatten 12 begrenzenden Strömungsquerweg, wo sich der beschriebene Vorgang wiederholt und ein weiterer Teil

der Längskonvektion in die Querrichtung umgelenkt wird. Auf diese Weise vermindert sich die obere Längskonvektion von Leitplatte zu Leitplatte, und an den beiden äußeren Kanalenden ist schließlich die Längskonvektion bis auf einen vernachlässigbaren Rest durch Umwandlung in Querkonvektion aufgebraucht.

Analog wirken die unteren Leitplatten 13 auf den unteren horizontalen Ast der Längskonvektion ein, d.h. auf den Kaltluftstrom, der von beiden Außenenden her unterhalb der Produktstapel zur Brennzone zu strömen sucht (Fig. 4 in Verbindung mit Fig. 2). Diese untere Längskonvektion wird an jeder Leitplatte 13 ebenfalls teilweise in eine Querkonvektion umgewandelt, die dem unteren horizontalen Ast der Querkonvektion einen zusätzlichen Antrieb gibt. Der an einer Leitplatte 13 nicht umgewandelte Teil der Längskonvektion strömt seitlich an der betreffenden Platte vorbei in Längsrichtung nach innen, bis an der nächsten Leitplatte eine weitere teilweise Umwandlung in Querkonvektion erfolgt. Auf diese Weise vermindert sich die untere Längskonvektion von Leitplatte zu Leitplatte, bis sie schließlich im Bereich der Brennzone sehr weitgehend durch Umwandlung in Querkonvektion aufgebraucht ist.

Der Abstand d der Leitplatten 12 bzw. 13 voneinander in Ofenlängsrichtung hängt von den konstruktiven und verfahrensmäßigen Ofendaten ab, insbesondere auch von der Umwälzmenge der Querkonvektion und dem Ausmaß der abzubauenen Längskonvektion. Generell gilt, daß der Plattenabstand normalerweise etwa das ein- bis fünffache, vorzugsweise das zwei- bis dreifache der Plattenhöhe betragen sollte, wobei die Plattenhöhe im allgemeinen unterhalb von 1 m liegt. Abweichungen von diesen Bereichen sind in Sonderfällen jedoch möglich. Im übrigen richtet sich der Plattenabstand auch noch nach dem Vorschub der Transportwagen (d.h. nach der Wagenlänge), denn es muß sichergestellt sein, daß die unteren Leitplatten 13 beim Vorschub der Transportwagen stets die erforderliche Lage relativ zu den unteren Durchlaßöffnungen 11 einnehmen. Dies bedeutet als zusätzliche Bedingung, daß die

Wagenlänge in jedem Fall ein ganzzahliges Vielfaches des Plattenabstandes sein muß. In einem typischen Ausführungsbeispiel mit einer Plattenhöhe von 40 cm hatte der Plattenabstand einen Wert von 125 cm bei Transportwagen von 260 cm Länge und einen Wert von 133 cm bei Transportwagen von 400 cm Länge, jeweils zwischen zwei strömungswirksamen Plattenflächen gemessen.

Die im Beispiel der Fig. 1 - 4 dargestellte Ausbildung der Strömungsleitflächen als vertikale ebene Leitplatten 12 und 13 ist eine konstruktiv besonders einfache, aber nicht die einzige Möglichkeit der Praktizierung der Erfindung. So können beispielsweise einige oder alle der oberen Leitflächen auch in einem kleinen Winkel bis zu 20° zur Vertikalen geneigt sein, und zwar jeweils zur Brennzzone B1 bzw. B2 hin, wie das Fig. 2A veranschaulicht. Durch diese Vergikalneigung erhält die auf die Leitflächen auftreffende Längskonvektion einen zusätzlichen Impuls nach oben zur Ofenecke 6 hin, was zur Folge hat, daß sich der Anteil der unter den Leitflächen hindurch in den nächsten Strömungsquerweg weiterströmenden Längskonvektion zusätzlich verringert und dadurch der angestrebte Effekt besser wird. In gleicher Weise wirken sich auch kurze, jeweils zur Brennzzone B1 bzw. B2 hinweisende Vorsprungflächen 15 aus, die an den Unterkanten 14 sowohl von vertikalen als auch von vertikal geneigten oberen Leitplatten 12 angeordnet sein können. Außerdem brauchen die Strömungsleitflächen auch nicht eben zu sein, sondern es können zumindest einzelne der oberen oder unteren Leitflächen auch in Horizontalrichtung und/oder in Vertikalrichtung gekrümmt verlaufenden, um die gewünschte Strömungsablenkung zu begünstigen. Weiterhin können die Strömungsleitflächen auch durch Baukörper gebildet sein, die sich nicht mehr als "Platten" bezeichnen lassen.

In den Fig. 5 und 6 ist eine abgewandelte Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei der die oberen Strömungsleitflächen durch nicht-plattenförmige Baukörper gebildet sind, nämlich durch im Querschnitt sägezahnartige Leitkörper 21, die auf ihrer einen Seite eine Vertikalfläche 22 und auf ihrer an-

deren Seite eine im Winkel zur Vertikalen verlaufende Neigungsfläche 24 besitzen. Im übrigen entspricht diese Ausführungsform der Ausführung gemäß Fig. 1 - 4, einschließlich auch der dort erläuterten Schrägstellung der Leitzkörper im Winkel β zur Mittelwand. Diese Neigungsflächen 24 erstrecken sich von der Ofendecke 6 aus zur Unterkante der Leitzkörper 21, und zwar in jedem Kanal auf der in Transportrichtung T1 bzw. T2 jeweils rückwärtigen Seite der Leitzkörper. Sie unterstützen die durch Schrägstellung der Leitzkörper erzielte Umwandlung der Längskonvektion in Querkonvektion, wobei ihre Wirkungsweise in der Aufheizzone und der Kühlzone der Kanäle unterschiedlich ist.

In der Aufheizzone (Fig. 5) strömt die Längskonvektion L den Neigungsflächen 24 der Leitzkörper 21 entgegen. Infolge der in der Längskonvektion enthaltenen Auftriebskraft ergibt dies eine resultierende Kraft 25, die gegen die Längskonvektion gerichtet ist und diese bremst. Zugleich bewirken die Neigungsflächen aber auch eine stetige Verminderung des freien Strömungsquerschnitts, verbunden mit einer Erhöhung der Geschwindigkeit der Längskonvektion und damit einer Verminderung ihres statischen Druckes. Sobald die Längskonvektion jedoch den Spalt 23 zwischen der Unterkante des betreffenden Leitzkörpers und dem Produktstapel P passiert hat, steigt der statische Druck (bei gleichzeitiger Verminderung der Geschwindigkeit) sprunghaft an. Dieser Druckanstieg breitet sich vom Spalt 23 ausgehend im wesentlichen zylinderförmig aus, was zur Folge hat, daß die nach abwärts gerichtete Komponente dieses Druckanstiegs einen Teil der Längskonvektion nach abwärts in die Strömungsrichtung des absteigenden Astes der Querkonvektion drückt. Für den verbliebenen Teil der Längskonvektion wiederholt sich dann der beschriebene Vorgang an der folgenden Neigungsfläche 24.

In der Kühlzone (Fig. 6) strömt die Längskonvektion in Anstiegsrichtung der Neigungsflächen 24. Dadurch ergeben die Leitzkörper 21 in diesem Fall hinter dem Spalt 23 (in Richtung L gesehen) eine Saugwirkung nach Art einer Strahlpumpe. Dies bedeu-

tet, daß der die Leitkörper 21 passierende Teil der Längskonvektion noch Luft aus dem aufsteigenden Ast der Querkonvektion ansaugt und diese dadurch beschleunigt.

Insgesamt führen somit die Neigungsflächen 24 zu einem zusätzlichen Antrieb auch der beiden vertikalen Äste der Querkonvektion, einhergehend mit einer zusätzlichen Bremsung der Längskonvektion. Dadurch wird die Wirkung der Schrägstellung der Leitflächen im Winkel β zur Mittelwand noch zusätzlich unterstützt. Für diesen Zusatz-Effekt ist es dabei besonders günstig, die Transportlänge der Produktstapel P1 bzw. P2 so auf den Abstand zweier Leitkörper 21 abzustimmen, daß sich der Spalt 23 in der zeichnerisch dargestellten Weise jeweils an der einen oberen Querkante der Produktstapel P1 bzw. P2 befindet. Außerdem ist für diesen Zusatz-Effekt die schon beschriebene parallelogrammförmige Ausbildung der Transportwagen besonders zweckmäßig, damit die oberen Kanten der Produktstapel ebenfalls in den Winkel β zur Transportrichtung gesetzt werden können.

Patentansprüche

1. Tunnelofen zur Wärmebehandlung von Produkten, mit zwei parallelen, durch eine Mittelwand voneinander getrennten Behandlungskanälen, durch die hindurch Transportwagen mit darauf gestapelten Produkten in gegenläufiger Richtung geführt werden, wobei sich jeder Kanal in eine Aufheizzone, eine Brennzone und eine Kühlzone unterteilt, und wobei die Mittelwand oberhalb und unterhalb der Produktstapel mit Durchlaßöffnungen versehen ist, durch die hindurch eine Übertragung der in der Kühlzone eines jeden Kanals abgegebene Wärme in die benachbarte Aufheizzone des anderen Kanals erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem Kanal (1, 2) oberhalb und unterhalb der Produktstapel (P1, P2) eine Anzahl von Strömungsleitflächen (12, 13 bzw. 22, 24) angeordnet sind, die in Transportrichtung (T1, T2) der Produkte einen Winkel (β) von 30° bis 80° mit der Mittelwand (3) bilden und jeweils paarweise eine der Durchlaßöffnungen (10, 11) zwischen sich einschließen.

2. Tunnelofen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel (β) zwischen den Strömungsleitflächen (12, 13 bzw. 22, 24) und der Mittelwand (3) im Bereich von 50° bis 70° liegt.

3. Tunnelofen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zweier Strömungsleitflächen (12, 13 bzw. 22, 24) einem ganzzahligen Teiler der Länge eines Transportwagens (7) entspricht.

4. Tunnelofen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die vertikale Höhe einer Strömungsleitfläche (12, 13 bzw. 22, 24) auf 20 bis 100%, vorzugsweise auf 30 bis 50% des Abstandes zwischen zwei Strömungsleitflächen bemessen ist.

5. Tunnelofen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsleitflächen (12, 13) vertikal angeordnet sind.

6. Tunnelofen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest einzelne der oberhalb der Produktstapel (P1, P2) angeordneten Strömungsleitflächen (12) in einem Winkel bis zu 20° derart geneigt zur Vertikalen angeordnet sind, daß ihre Unterkanten (14) jeweils einen geringeren Abstand von der Brennzzone (B1, B2) eines jeden Kanals (1, 2) aufweisen als ihre übrigen Flächenbereiche.
7. Tunnelofen nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest einzelne der oberhalb der Produktstapel (P1, P2) angeordneten Strömungsleitflächen (12) an ihrer Unterkante (14) mit einer zur Brennzzone (B1, B2) eines jeden Kanals (1, 2) hinweisenden Vorsprungsfläche (15) versehen sind.
8. Tunnelofen nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsleitflächen einen gekrümmten Verlauf besitzen.
9. Tunnelofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die oberhalb der Produktstapel (P1, P2) angeordneten Strömungsleitflächen als Leitplatten (12) oder Leitkörper (21) ausgebildet und mit den Kanalwandungen verbunden bzw. ein Bestandteil der Kanalwandungen sind.
10. Tunnelofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die unterhalb der Produktstapel (P1, P2) angeordneten Leitflächen als Leitplatten (13) ausgebildet und ein Bestandteil der Transportwagen (7) sind.
11. Tunnelofen nach Anspruch 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß der lichte Abstand zweier Leitplatten (12, 13) bzw. Leitkörper (21) gleich der Breite einer Durchlaßöffnung (10, 11) ist und die Seitenflächen der Durchlaßöffnungen bündig mit den Leitplatten verlaufen.

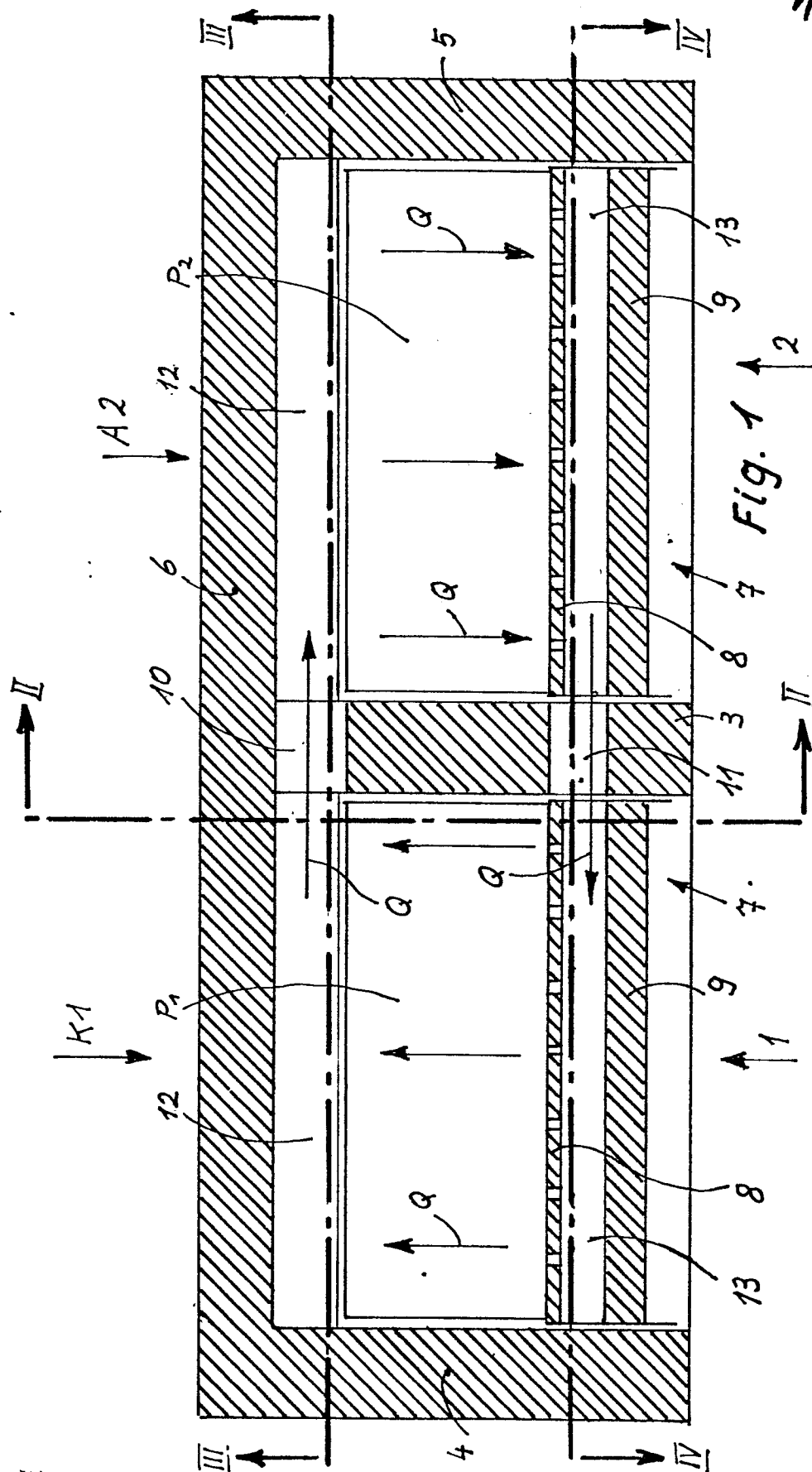
12. Tunnelofen nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß sich die oberen Leitplatten (12) bzw. Leitzkörper (21) durchgehend über beide Kanäle (1, 2) erstrecken und die Mittelwand (3) zwischen den Kanälen nur bis zur Höhe der Unterkante (14) der Leitplatten bzw. Leitzkörper geführt ist.

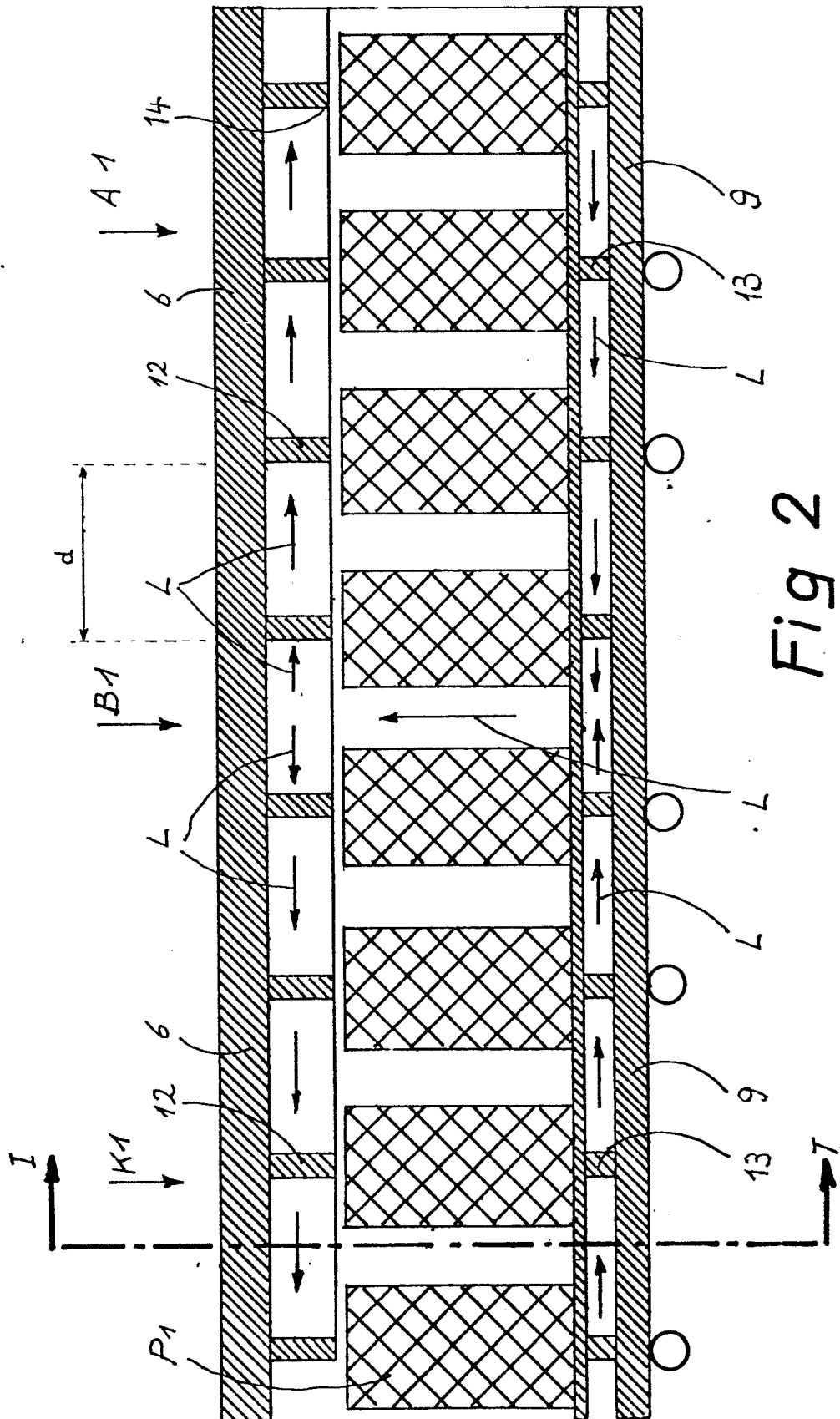
13. Tunnelofen nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die unteren Leitplatten (13) auf der Plattform (9) der Transportwagen (7) angeordnet sind und ihrerseits eine mit Luftdurchtrittsöffnungen versehene Tragplatte (8) abstützen, auf welcher sich die Produktstapel (P1, P2) befinden.

14. Tunnelofen nach Anspruch 10 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Plattform (9) der Transportwagen (7) und die Tragplatte (8) für die Produktstapel (P1, P2) in Draufsicht als Parallelogramm ausgebildet sind, dessen quer zur Transportrichtung der Produkte verlaufende Kanten um den gleichen Winkel (β) schräggestellt sind wie die Leitplatten.

15. Tunnelofen nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitzkörper (21) im Querschnitt sägezahnartig ausgebildet und auf ihrer in Transportrichtung (T1, T2) der Produkte jeweils rückwärtigen Seite mit einer Neigungsfläche (24) versehen sind, die sich von der Kanaldecke aus zur Unterkante der Leitzkörper erstreckt.

16. Tunnelofen nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitzkörper (21) derart angeordnet sind, daß sich ihre Unterkante bei jedem Vorschubtakt der Transportwagen (7) innerhalb der Aufheizzone (A1, A2) jedes Kanals (1, 2) oberhalb der in Transportrichtung der Produkte zurückliegenden oberen Querkante der Produktstapel (P1, P2) und innerhalb der Kühlzone (K1, K2) jedes Kanals oberhalb der in Transportrichtung vorderen oberen Querkante der Produktstapel befindet.





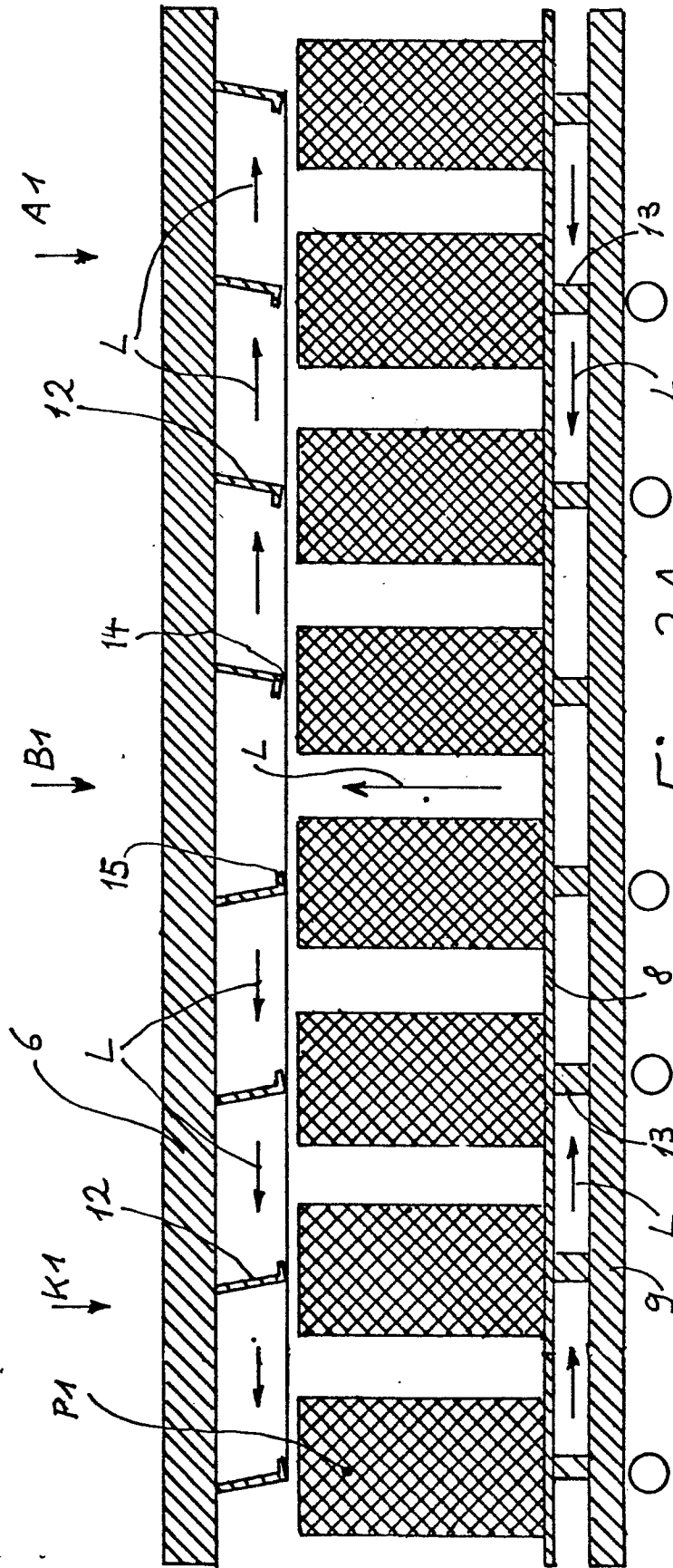
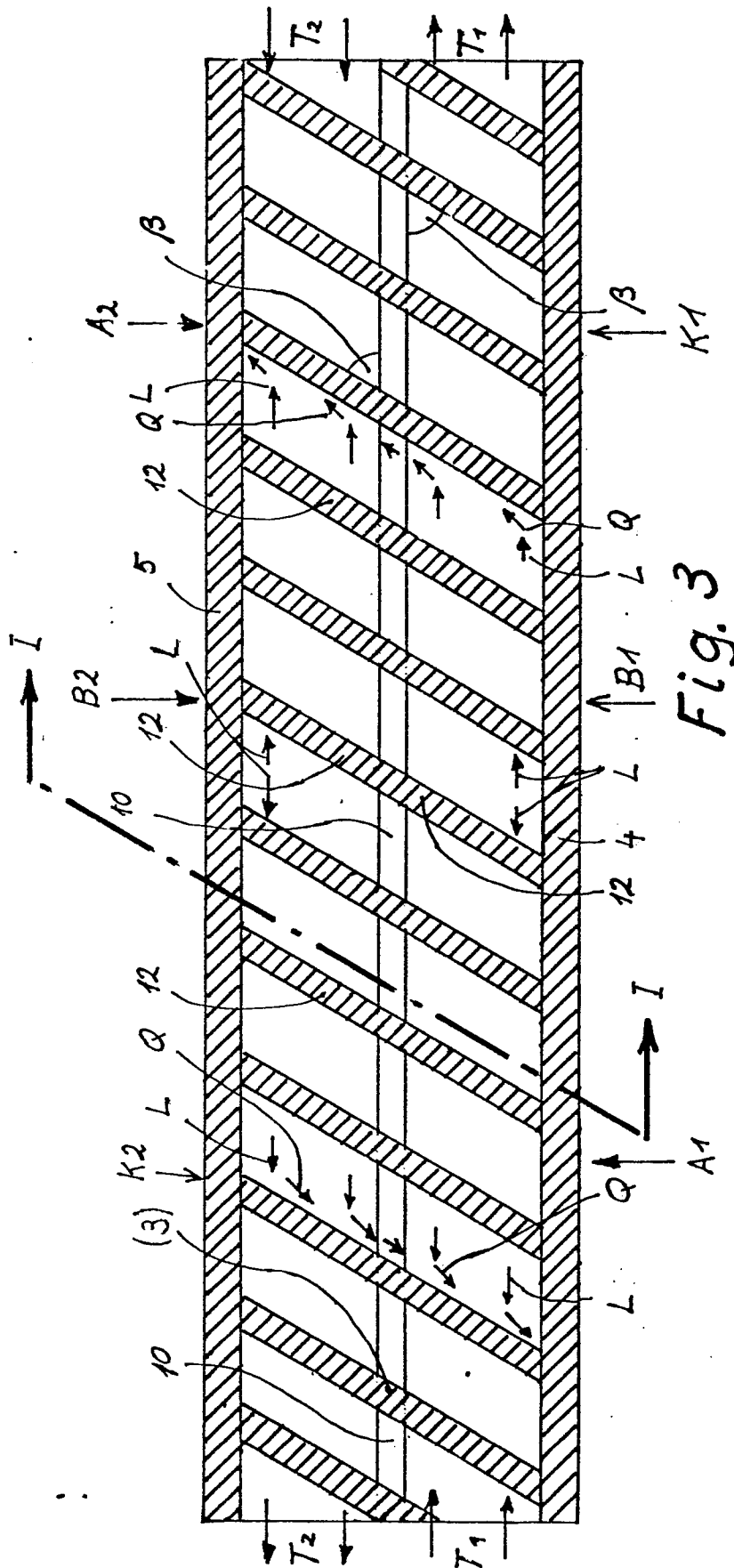


Fig 2A



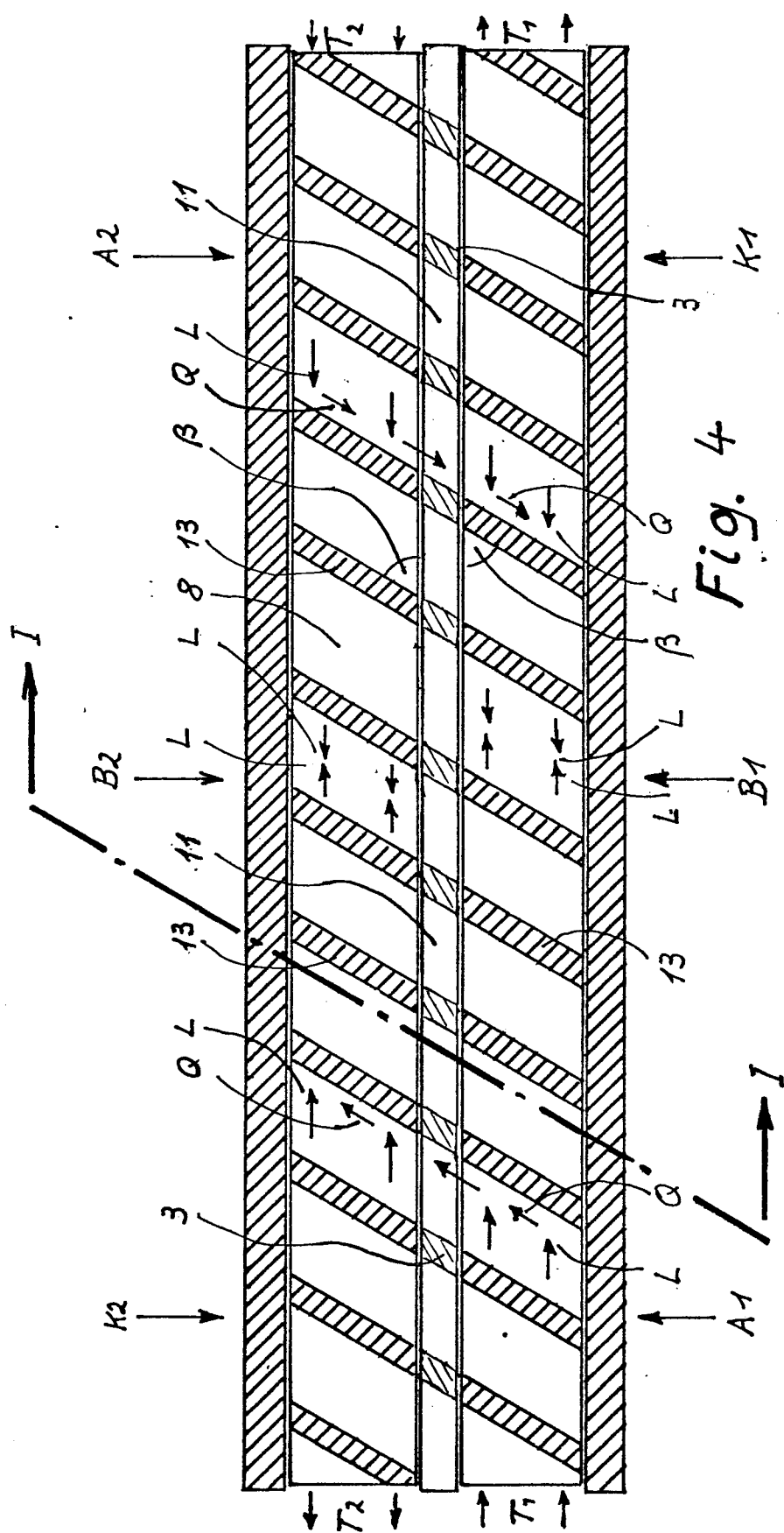
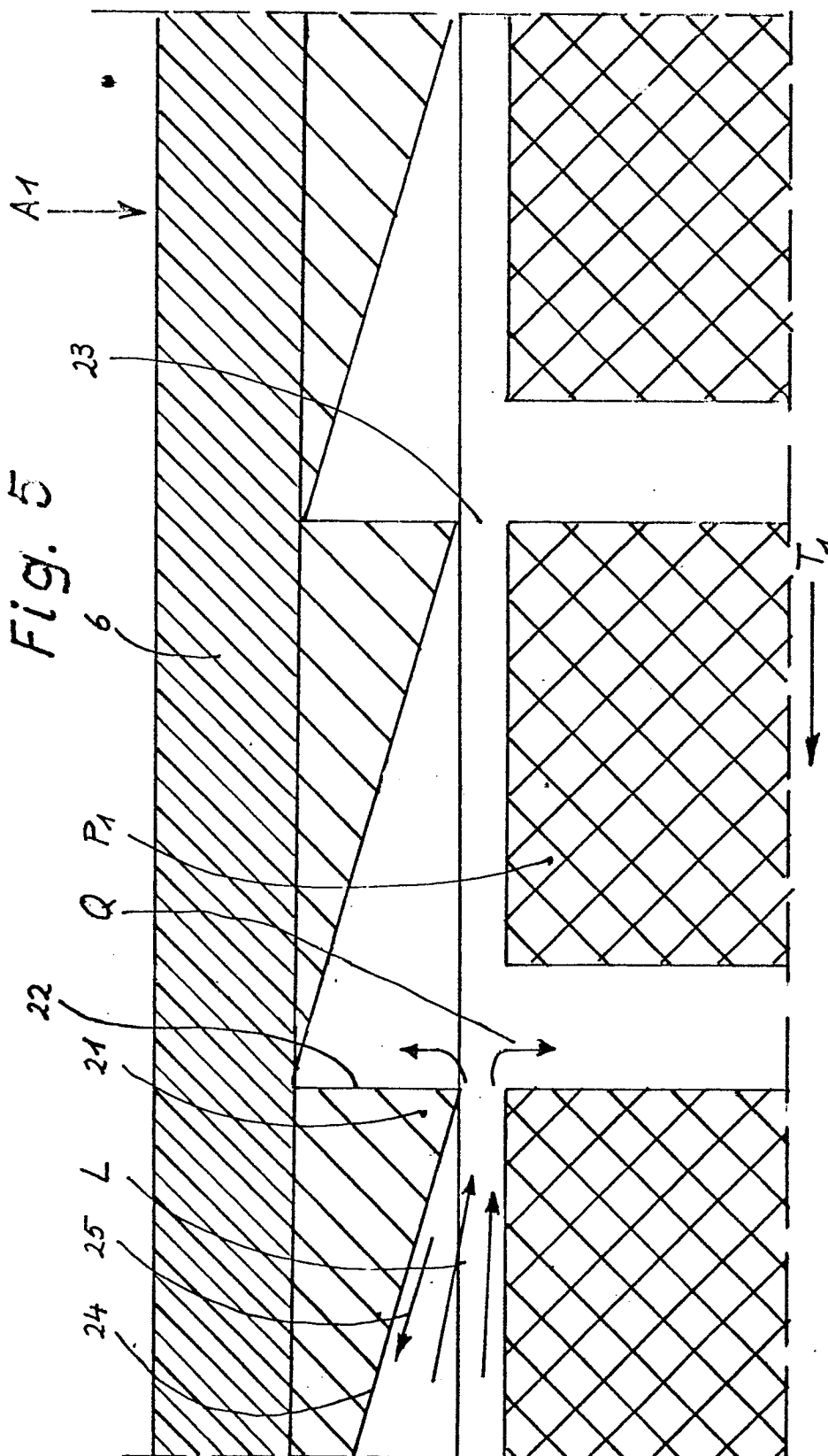


Fig. 5



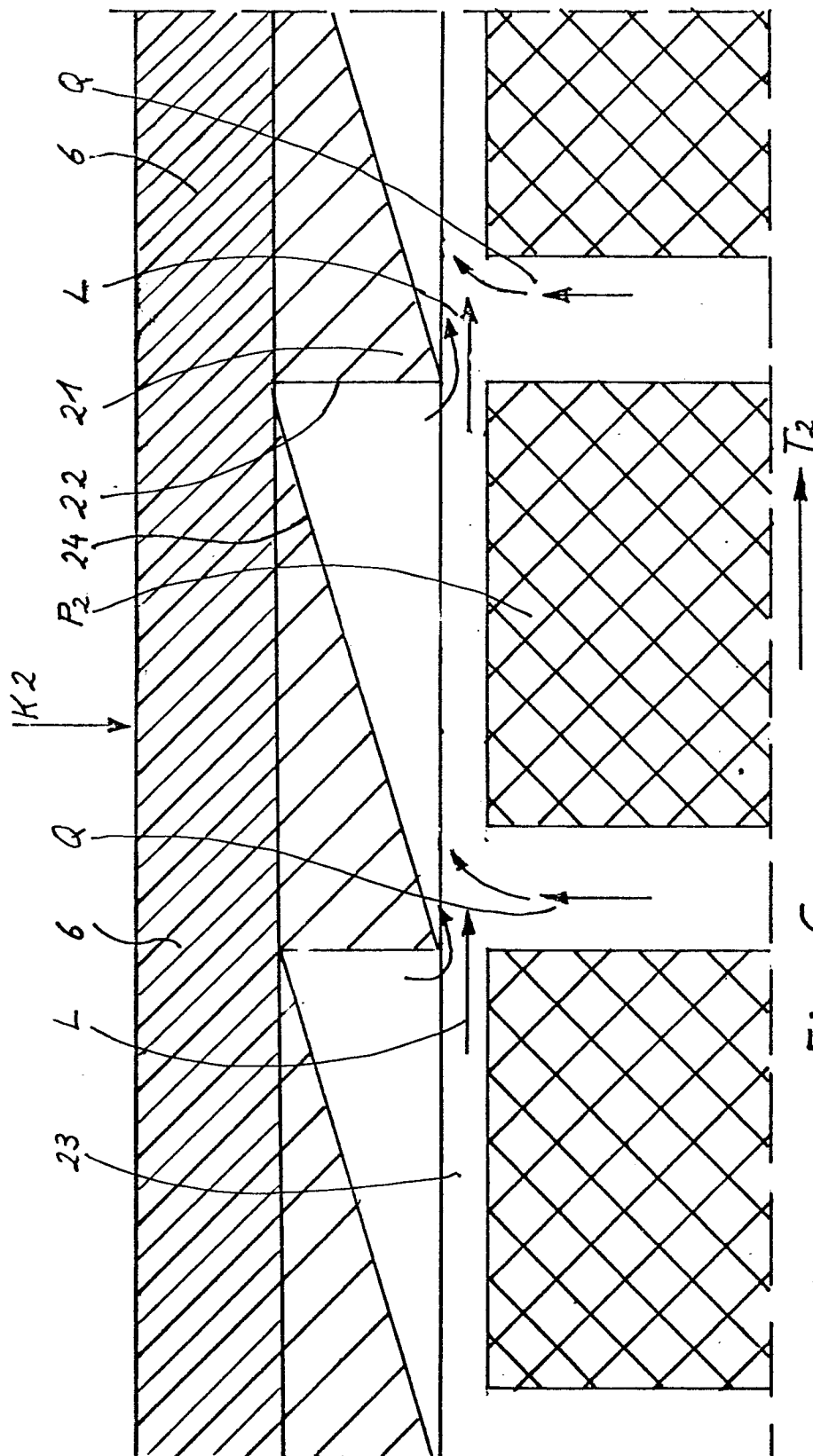


Fig. 6