



**PCT** WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<b>(51) Internationale Patentklassifikation</b> <sup>6</sup> : <b>F25D 29/00, 3/12, C01B 31/22</b>	<b>A2</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> <b>WO 97/46839</b> <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 11. Dezember 1997 (11.12.97)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/EP97/02612 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 22. Mai 1997 (22.05.97) <b>(30) Prioritätsdaten:</b> 196 21 835.7 31. Mai 1996 (31.05.96) DE <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> AGA AKTIEBOLAG [SE/SE]; S-181 81 Lidingö (SE). <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> BERGHOFF, Rudolf [DE/DE]; Leimkeweg 22, D-59872 Meschede (DE). BALDUHN, Reinhard [DE/DE]; Tegelhof 1, D-30104 Bad Driburg (DE). <b>(74) Anwalt:</b> HANEWINKEL, Lorenz; Ferrariweg 17a, D-33102 Paderborn (DE).	<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> BR, MX, NO, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). <b>Veröffentlicht</b> <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>	

**(54) Title:** EXPANSION NOZZLE AND PROCESS FOR MAKING CARBON DIOXIDE SNOW

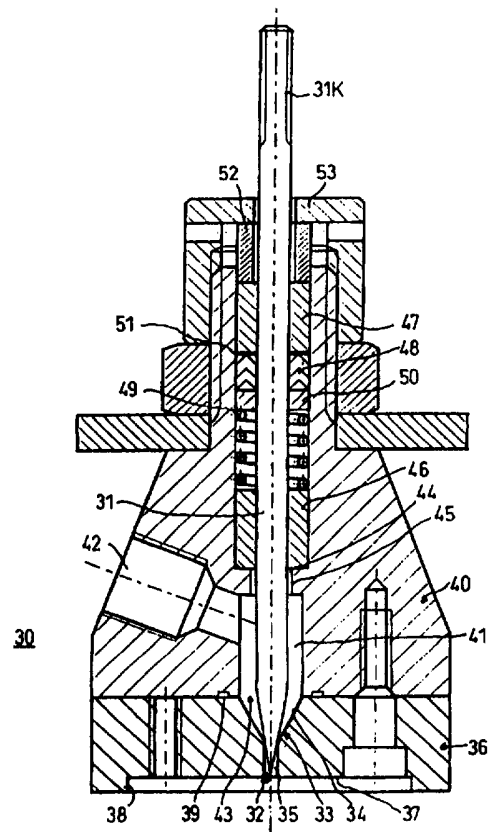
**(54) Bezeichnung:** EXPANSIONSDÜSE UND VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG VON KOHLENDIOXIDSCHNEE

**(57) Abstract**

The expansion nozzle (20) for making carbon dioxide snow for spraying cold or deep-frozen products (2) has an integral metering valve (30) with an outlet aperture (32) with a valve seat (33) on the intake side and a valve needle (31) displaceable in relation to the valve seat (33), closing the metering valve (30) off in the discharge direction and penetrating into the outlet aperture (32) of the metering valve (30) in the closed position. With the process of the invention, the mass flow of carbon dioxide can be continuously steplessly metered directly in the expansion nozzle (20).

**(57) Zusammenfassung**

Die Expansionsdüse (20) zur Erzeugung von Kohlendioxidschnee zur Besprühung von Kühl- oder Gefriergut (2) weist ein integriertes Dosierventil (30) mit einer Ausströmöffnung (32) mit einem zuströmseitigen Ventilsitz (33) und einer gegenüber diesem Ventilsitz (33) verstellbaren, das Dosierventil (30) in Ausströmrichtung verschließenden, im geschlossenen Zustand in die Austrittsöffnung (32) des Dosierventils (30) hineinragenden Ventilnadel (31) auf. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann dadurch der Kohlendioxid-Massestrom direkt in der Expansionsdüse (20) kontinuierlich stufenlos dosiert werden.



**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland		
CM	Kamerun		Korea	PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Expansionsdüse und Verfahren  
zur Erzeugung von Kohlendioxidschnee

Die Erfindung betrifft eine Expansionsdüse und ein Verfahren zur Erzeugung von Kohlendioxidschnee zur Besprühung von Kühl- oder Gefriergut.

Aus der US 3,815,377 ist es bekannt, zum Kühlen oder zum Schockgefrieren von Kühl- oder Gefriergut, z. B. Lebensmitteln, das Kühl- oder Gefriergut mit Kohlendioxidschnee, welcher beim Entspannen von flüssigem Kohlendioxid in einer Expansionsdüse erzeugt wird, zu besprühen. Hierzu befindet sich das Kühl- oder Gefriergut gewöhnlich in einer Kühl- oder Frosterkammer, in welche eine Zuleitung für flüssiges Kohlendioxid führt, an welcher sich endseitig in der Kühl- oder Frosterkammer angeordnet die Expansionsdüse befindet. In der Zuleitung befindet sich üblicherweise ein den Durchfluß regelndes Dosierventil. Das CO<sub>2</sub> befindet sich normalerweise in flüssiger Form in einem Lagertank, wo es im Gleichgewicht mit der CO<sub>2</sub>-Gasphase oberhalb der Flüssigkeit im Tank steht. Der Druck im Tank wird hierbei üblicherweise auf ca. 18 bar, die Temperatur auf ca. -23°C gehalten. Bei den bisher bekannten Anlagen führen vom Tank üblicherweise zwei Rohrleitungen zur Kühl- oder Frosterkammer. In einer Leitung strömt das flüssige CO<sub>2</sub> zur Kühl- oder Frosterkammer und stellt dort die erforderliche Kälteleistung zur Verfügung. Die zweite Rohrleitung führt vom oberen Gasbereich des Tanks zur Kühl- oder Frosterkammer und ist kurz vor dem Eintritt in die Kühl- oder Frosterkammer mit

der ersten Leitung über einen Absperrhahn verbunden. Der Tank und die erste Leitung sind mit einer dicken Isolierschicht, z. B. aus PU-Schaum, gegen einfallende Wärme bzw. gegen Kälteverlust thermisch isoliert. Durch die zweite, nicht isolierte Rohrleitung strömt gasförmiges CO<sub>2</sub> zur Kühl- oder Frosterkammer. Dieses dient zum Spülen des hinter dem Dosierventil liegenden Teils der Flüssigkeitsrohrleitung und der Entspannungsorgane. Um in der Kühl- oder Frosterkammer die gewünschte Betriebstemperatur zu erreichen und zu erhalten, wird üblicherweise taktweise CO<sub>2</sub> in die Kühl- oder Frosterkammer eingesprüht. Hierzu wird in der Kühl- oder Frosterkammer eine Temperaturmessung durchgeführt. Bei Überschreiten der Temperatur über einen eingestellten Grenzwert wird die Kühlmittelzufuhr eingeschaltet, d.h. die Ventile für flüssiges CO<sub>2</sub> in der Zugangsleitung werden geöffnet. Bei Unterschreiten der Temperatur unter einem eingestellten Grenzwert wird die Kühlmittelzufuhr unterbrochen, d.h. die Ventile werden wieder geschlossen. Das Ein- und Ausschalten der Kühlmittelzufuhr geschieht üblicherweise mit Magnetventilen, die sich in der Zuleitung außerhalb der Kühl- oder Frosterkammer befinden. Nach dem Abschalten der Kühlmittelzufuhr sinkt der Druck im anschließenden Rohr und den Entspannungsorganen auf einen Umgebungsdruck von ca. 1 bar ab. Erfolgt die Druckabsenkung unterhalb des Tripelpunktdruckes von 5,18 bar während sich noch CO<sub>2</sub>-Flüssigkeit in der Zuleitung befindet, so findet eine Phasenumwandlung in festen CO<sub>2</sub>-Schnee statt. Dieser feste CO<sub>2</sub>-Schnee kann nicht mehr durch die Entspannungsorgane austreten, wodurch das System verstopft. In einem ungünstigen Fall kann es zu einer Blockade der Ventile und im Extremfall zu weiten Teilen der gesamten Rohrleitung kommen. Die Rohrleitungen müssen dann am Tank geschlossen werden und über mehrere Stunden hinweg aufgetaut werden. Weiterhin besteht im Extremfall auch die Gefahr, daß während einer solchen Blockade die Leitungen bersten, da in den Rohrleitungen Drücke bis zu 60 bar auftreten können. Um derartige Verstopfungen zu verhindern, wird mittels des

gasförmigen CO<sub>2</sub> aus der zweiten Leitung die Flüssigkeitsleitung hinter dem Ventil sowie das Entspannungsorgan nachgespült. Das einströmende CO<sub>2</sub>-Gas drückt die Flüssigkeit aus dem Leitungssystem heraus und verhindert einen Druckabfall unterhalb des Tripelpunktes, so lange sich noch CO<sub>2</sub>-Flüssigkeit in der Rohrleitung befindet.

Ein Nachteil dieser Vorrichtung besteht darin, daß durch das Spülen der Flüssigkeitsleitung und das Aufrechterhalten des Drucks in der Flüssigkeitsleitung mit dem CO<sub>2</sub>-Gas zusätzlich Kühlmittel verbraucht wird. Dieses CO<sub>2</sub>-Gas trägt nicht zur Kühlleistung für den Froster bei. Das zum Nachspülen verwendete CO<sub>2</sub>-Gas erwärmt dagegen zusätzlich noch die Atmosphäre in der Kühl- oder Frosterkammer, so daß sich die Pausenzyklen, in denen kein Kühlmittel eingesprüht wird, verkürzen, und so zusätzlich ein unerwünscht hoher Kühlmittelverbrauch auftritt. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß die Temperatur in der Kühl- oder Frosterkammer zeitlich nicht konstant ist, sondern ständig zwischen einem oberen und einem unteren eingestellten Grenzwert hin und her schwingt. Hierdurch entsteht im Kühl- oder Gefriergut ebenfalls eine Temperaturschwankung, wodurch die Produktqualität beeinflusst wird. Derartige Temperaturschwankungen lassen sich zwar reduzieren, indem die oberen und unteren Grenzwerte in einem engen Bereich eingestellt werden, jedoch verringert sich hierdurch wiederum die Periodendauer eines Kühlzyklus und damit die Schaltfrequenz für die Einsprühzyklen. Da nach jedem Einsprühzyklus mit CO<sub>2</sub>-Gas nachgespült werden muß, erhöhen sich dann aber auch die Verluste infolge des Eintrags von warmem CO<sub>2</sub>-Gas. Eine sichere kontinuierliche Dosierung ohne Verstopfung der Entspannungsorgane war bei den bisher bekannten Vorrichtungen und Expansionsdüsen mit dem dreiphasig auftretenden Kühlmittel CO<sub>2</sub> nicht möglich.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Expansionsdüse und ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, so daß bei kostengünstigem und einfachem Aufbau der Expansionsdüse bzw. der gesamten Kühlvorrichtung der Kühlmittelverbrauch reduziert und Temperaturschwankungen in der Kühl- oder Frosterkammer nahezu vollständig vermieden werden und eine gleichmäßige Produktqualität gewährleistet wird.

Diese Aufgabe wird gegenstandsmäßig dadurch gelöst, daß die Expansionsdüse ein integriertes Dosierventil mit einer Ausströmöffnung mit einem zuströmseitigen Ventilsitz und einer gegenüber diesem Ventilsitz verstellbaren, das Dosierventil in Ausströmrichtung verschließenden, im geschlossenen Zustand in die Austrittsöffnung des Dosierventils hineinragenden Ventilnadel aufweist.

Verfahrensmäßig wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß der Kohlendioxidmassenstrom direkt in der Expansionsdüse kontinuierlich stufenlos dosiert wird.

Mit der erfindungsgemäßen Expansionsdüse ist es möglich, anstatt das Kohlendioxid diskontinuierlich zuzuführen, gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren eine kontinuierliche Kühlmittelzufuhr mit stetiger Regelung zu erreichen. Diese Regelung findet direkt am Ausgang der CO<sub>2</sub>-Zuleitung statt. Es ist somit kein Nachspülen mit CO<sub>2</sub>-Gas mehr nötig. Damit wird nicht nur der Kühlmittelverbrauch vermindert und die Frosterleistung erhöht, sondern es wird gleichzeitig auch beim Bau der Vorrichtung die Gasleitung zwischen dem Vorratstank und der Kühl- oder Frosterkammer eingespart. Durch die stetige Kühlmitteldosierung wird eine genauere, gleichmäßigere und zeitlich konstante Temperaturverteilung in der Kühl- oder Frosterkammer und damit im Kühl- oder Gefriergut erreicht. Dies trägt zur Erhöhung der Produktqualität bei. Die Einsprühmenge kann hierbei vollkommen beliebig konstant oder variabel sein. Der Strahl

ist vorteilhafterweise ruhig und nicht pulsierend. Eine zusätzliche Einrichtung zur Erhaltung des Drucks vor der Expansionsdüse, um dort ein Unterschreiten des Tripelpunkts zu vermeiden, ist nicht notwendig.

Die Unteransprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Expansionsdüse und des Verfahrens.

Der Ventilsitz weist einen sich in Ausströmrichtung konisch verengenden Ausströmtrichter und einen sich daran anschließenden kurzen Ausströmkanal auf. Vorzugsweise weist das Dosierventil eine Ventilbasis mit einer einseitig offenen Ventilkammer und einer zur Ventilkammer führenden Kühlmittelanschlußöffnung auf. Vorzugsweise mündet die Kühlmittelanschlußöffnung seitlich und in Richtung der Ausströmöffnung geneigt in die Ventilkammer. Die schräge Lage des Kühlmittelanschlusses sorgt dafür, daß das flüssige Kohlendioxid teilweise der Strömungsrichtung in der Ventilbasis und dem anschließenden Ventilsitz angepaßt ist.

Die Ventilnadel ist gegenüber der offenen Seite der Ventilkammer in der Ventilbasis in Nadellängsrichtung verschiebbar gelagert und ragt mit ihrer Spitze mindestens in der Schließstellung der Ventilnadel aus der offenen Seite der Ventilkammer heraus. Im zusammengebauten Zustand des Dosierventils ist die offene Seite der Ventilkammer durch eine den Ventilsitz enthaltende Ventilsitzplatte abgedeckt, welche vorzugsweise mit der Ventilbasis lösbar unter Einsetzen einer Dichtung verbunden ist. Durch diesen Aufbau ist ein einfaches Austauschen der Verschleißteile, wie Ventilnadel und Ventilsitz, möglich. Zum Zusammenbau wird bei eingebauter Ventilnadel die Ventilsitzplatte einfach über die Nadelspitze geschoben und so automatisch dicht schließend an der Nadel zentriert. Hierbei ist darauf zu achten, daß die Nadel während des Zusammenbaus axial frei

beweglich ist um ein Verbiegen der Ventalnadel bei der Montage zu verhindern.

Gegenüber dem Ventilsitz ist die Ventalnadel in einem von der Ventilkammer aus nach außen verlaufenden Führungskanal aus der Ventilbasis herausgeführt. Der aus der Ventilbasis herausragende Ventalnadelkopf ist mit einem Stellantrieb, z. B. einem Schrittmotor, gekoppelt. Mittels dieses Stellantriebs kann die Ventalnadel axial bewegt werden. Durch die axiale Bewegung der Ventalnadel im Ventilsitz läßt sich der Strömungsquerschnitt sehr fein variieren. Auf diese Weise ist die Regelung des Kühlmittel-Massestromes möglich. Gleichzeitig übernimmt die Ventalnadel in Verbindung mit dem Ventilsitz die Aufgabe des Abdichtens der Kühlmittel-zuführleitung, indem sie von dem Stellantrieb in den Düsensitz gedrückt wird, wodurch eine ringförmige Abdichtung entsteht.

Das Ventil erzeugt ohne ein weiteres nachgeschaltetes Bauteil einen kreisringförmigen Kühlmittelstrahl, bestehend aus CO<sub>2</sub>-Gas und CO<sub>2</sub>-Schnee. Die Form des Strahls ändert sich dabei mit zunehmendem Abstand vom Dosierventil. Der freie Kern des kreisförmigen Strahls verschwindet mit zunehmender Distanz, so daß aus dem Kreisring ein kreisförmiger Strahl wird. Der Strömungsquerschnitt entspricht dann dem Strömungsquerschnitt einer üblichen Düse mit zylinderförmigem Strömungsquerschnitt. Bei einer Anordnung derartiger Expansionsdüsen über einem Transportband mit einer Strahlrichtung von ca. 45° gegen die Vertikale werden auf dem Transportband für das Kühl- oder Gefriergut elliptische Sprühflächen erzeugt. Die Zeit in der sich ein bestimmtes Kühl- oder Gefriergut auf dem Transportband im kälten Sprühstrahl befindet ist somit abhängig von der Lage auf dem Transportband, da sich damit auch der Weg ändert, den das Kühl- oder Gefriergut durch den Strahl zurücklegen muß. Wird z. B. das Kühl- oder Gefriergut durch die Mitte

des ellipsenförmigen Sprühstrahls gefördert, so findet eine maximale Abkühlung statt, da der Weg durch den Sprühstrahl maximal lang ist. Am Rande des Sprühstrahls hingegen erfährt das Kühl- oder Gefriergut nur eine geringere Abkühlung, da dort die Kühlphase infolge des kürzeren Weges nicht so lange andauert.

Aus diesem Grunde ist es besonders vorteilhaft, wenn sich an den Ausströmkanal ein sich endseitig im Querschnitt erweiternder Düsenabschnitt als Strahlformer anschließt, in welchem das flüssige Kohlendioxid strahlgerichtet entspannt wird. Hierin ist ein eigener Erfindungsgedanke zu sehen.

Der Strahlformer weist vorzugsweise ventilsseitig einen kurzen, zylindrischen, einen Düsenhals bildenden Kanal und einen sich daran anschließenden Expansionsbereich mit einem divergierenden Strömungsquerschnitt auf, dessen Abmessungen entsprechend der gewünschten Strahlform gewählt sind. Hierbei ist ein rechteckiger Strömungsquerschnitt besonders bevorzugt. Dieser wird vorteilhafter Weise zum Beispiel durch einen Expansionsbereich erzeugt, welcher als Schlitz mit zwei gegenüberliegenden divergierenden Seiten und zwei gegenüberliegenden parallelen Seiten ausgebildet ist.

Der Durchmesser des Düsenhalses ist in Abhängigkeit von der Nennweite des Dosierventils und den gewünschten Betriebsparametern in der Kühl- oder Frosterkammer und die Länge des Düsenhalses in Abhängigkeit von der Nennweite des Dosierventils, des Winkels der Ventalnadel und dem Hub des Stellantriebs der Ventalnadel so gewählt, daß der Druck des durch den Düsenhals strömenden Kohlendioxids innerhalb des Düsenhalses nicht unter den Tripelpunktsdruck des Kohlendioxids absinkt. Der Düsenhals des Strahlformers und der Ausströmkanal des Ventilsitzes weisen hierbei vorzugsweise den gleichen Durchmesser auf. Im zusammengebauten Zustand der Expansionsdüse schließt sich

der Düsenhals nahtlos an den Auströmkanal an. Die Gesamtlänge des Düsenhalses und des Ausströmkanals zusammen sollte hierbei vorzugsweise entsprechend der Formel

$$L = \frac{D/2}{\tan \alpha/2}$$

bemessen werden. Hierbei ist D der Durchmesser des Düsenhalses bzw. des Ausströmkanals und  $\alpha$  der Winkel der Nadelspitze. Dieser Wert kann jedoch auch um ungefähr 10% unter- oder überschritten werden. Es wird dann der Düsenhals nur von gasförmigem und flüssigem Kohlendioxid durchströmt, so daß das Kühlmittel weiterhin kontinuierlich dosiert werden kann, ohne daß durch CO<sub>2</sub>-Schnee Verstopfungen oder Ablagerungen im Düsenhals bzw. im Ausströmkanal des Ventilsitzes auftreten. Erst innerhalb des divergierenden Expansionsbereichs sinkt der Druck unter den Tripelpunkt ab und es entstehen feste CO<sub>2</sub>-Schneepartikel unter plötzlich stark vermehrter Bildung von CO<sub>2</sub>-Gas.

Alternativ ist es prinzipiell auch möglich, den Düsenhals und/oder den Ausströmkanal derart auszugestalten, daß die Gesamtlänge mit der Lage der Ventilmadel gekoppelt veränderbar ist. Hierbei sollte die Länge des Strömungskanals sich bei geöffneter Ventilmadel entsprechend des axialen Nadelhubs verringern.

Da der Expansionsbereich divergent ausgelegt ist, ist die Bewegungsrichtung der CO<sub>2</sub>-Schneepartikel vom Düsenschlitz weggerichtet, somit treten keine oder nur untergeordnete Geschwindigkeitskomponenten in Richtung Schlitzwandungen auf. Eine Verstopfung wird damit vermieden. Mit der Strahlaufweitung tritt ebenfalls eine Geschwindigkeits-erhöhung in axialer Richtung und quer dazu auf. Dadurch erhalten die CO<sub>2</sub>-Schneepartikel und das kalte CO<sub>2</sub>-Gas einen größeren Impuls, so daß der Strahl nach Verlassen des Schlitzes seine Richtung und Ausdehnung beibehält. Durch die

Ausführung des Expansionsbereichs als Schlitz läßt sich so vorteilhafterweise ein Flachstrahl mit rechteckförmigem Sprühquerschnitt erzeugen. Der Strahl läßt sich hierbei prinzipiell so breit machen, daß er sich über die gesamte Breite des Transportbandes erstreckt.

Erfindungsgemäß wird somit durch die spezielle Anordnung des Dosierventils und des angeschlossenen Strahlformers der Expansionsdüse der Kohlendioxidstrahl innerhalb der Expansionsdüse zunächst ringförmig um die Nadelspitze in den Ausströmkanal bzw. den Düsenhals geführt und dort zusammengeführt und anschließend, unter Bildung des Kohlendioxidschnees, gerichtet entspannt. Auf diese Weise wird vermieden, daß innerhalb des Auströmkanals bzw. des Düsenhalses der Tripelpunkt unterschritten wird.

Vorteilhafterweise sind das Dosierventil und der Strahlformer als modulare Baueinheiten der Expansionsdüse hintereinandergeflanscht, wobei vorzugsweise die Anschlußflächen des Dosierventils und des Strahlformers unter Passung zentriert ineinanderfassen. Es ist somit möglich, das Dosierventil wahlweise mit dem entsprechend gewünschten Strahlformer, z. B. mit der passenden Breite, zu bestücken.

Die Erfindung erstreckt sich selbstverständlich auch auf eine entsprechende Vorrichtung zum Kühlen oder Schockfrostern von Kühl- oder Gefriergut mit mindestens einer Kühl- oder Frosterkammer, mindestens einer in die Kühl- oder Frosterkammer führenden Zuleitung für flüssiges Kohlendioxid mit mindestens einer endseitig daran in der Kühl- oder Frosterkammer angeordneten Expansionsdüse und einem den Durchfluß in der Zuleitung regelnden Dosierventil, wobei die Expansionsdüse das Dosierventil als integrierten Bestandteil enthält und gemäß der vorbeschriebenen Erfindung ausgebildet ist.

Ein eigenständiger Erfindungsgedanke innerhalb dieser Vorrichtung ist darin zu sehen, daß in der Zuleitung für das flüssige Kohlendioxid ein Gasabscheider zwischengeschaltet ist, welcher die im flüssigen Kohlendioxid enthaltenen Gasanteile separiert. Eine Gasbildung des aus dem Tank entnommenen siedenden Kühlmittels ist infolge des Druckabfalls und des Wärmestromes in die Rohrleitung ohne äußere Druckerhöhung oder Kühlung der Rohrleitung unvermeidlich. Es entstehen zunächst kleine Gasblasen im Kühlmittel, die während der weiteren Rohrdurchströmung infolge des wesentlich größeren spezifischen Volumens sehr rasch anwachsen und sich zu größeren Blasen vereinigen. Es bilden sich so ganze Gasbereiche aus Kolben- und Pfropfenblasen, teilweise sind sogar längere Rohrabschnitte mit Gas gefüllt. Besonders bei dünnen Kühlmittelzuleitungen ist das Verhältnis von gebildetem Gas zum Gesamtmassenstrom sehr hoch. Infolge der stark differierenden Stoffwerte von Gas und Flüssigkeit kommt es zu unterschiedlichem Strömungsverhalten in der Rohrleitung und der anschließenden Expansionsdüse. So ist z. B. die Strömungsgeschwindigkeit und der damit verbundene Volumenstrom bei Gasdurchströmung (bis zu 220 m/sec.) wesentlich höher als bei Flüssigkeitsdurchströmung (ca. zwischen 15 m/sec. und 75 m/sec.). Die auftretenden Geschwindigkeitsschwankungen verursachen zudem einen instationären Druckverlust in der Kühlmittelzuleitung, wodurch sich der Effekt der Bildung großer Gasblasen noch verstärkt. Das pulsationsartige Ausstoßen des Kühlmittelstrahls aus dem Entspannungsorgan führt weiterhin zu einer erhöhten Geräuschemission gegenüber der Strömung von einphasigem Kühlmittel. Ein erhöhter Geräuschpegel verursacht eine unangenehme Belästigung des bedienenden Personals. Außerdem können Störungen und Gefahrenquellen nicht mehr so gut wahrgenommen werden. Die Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit durch die Gasblasen birgt weiterhin die Gefahr, daß empfindliches weiches Kühl- oder Gefriergut beschädigt wird. Außerdem kann leichtes Kühl- oder Gefriergut von einem kräftigen Kühlmittelstrahl durch den

Froster gewirbelt und somit ebenfalls beschädigt oder zerstört werden.

Durch die Trennung der Gasphase von der Flüssigkeit wird eine einphasige Strömung erreicht, bei der die Probleme von inhomogenen Strömungen vermieden werden. Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit wird herabgesetzt, wodurch die Druckdifferenz am Ventilsitz und im Düsenhals geringer als bei einer inhomogenen Strömung ist. Somit liegt am Ende des Düsenhalses ein höherer Absolutdruck vor. Aus diesem Grunde kann der Druck im Vorratstank gegenüber einer Flüssigkeits-Gas-Gemisch-Strömung geringer, d. h. unterhalb von 18 bar, eingestellt werden, ohne daß im Düsenhals der Tripelpunktsdruck unterschritten wird. Mit der Reduzierung des Tankdrucks erhöht sich wiederum der bei der Expansion entstehende Anteil am festen CO<sub>2</sub>-Schnee, was wiederum mit einer höheren Kühlleistung bei gleicher Kühlmittelmenge verbunden ist. Das im Gasabscheider abgetrennte gasförmige Kohlendioxid kann vorzugsweise über eine separate Gasleitung in die Kühl- oder Frosterkammer geleitet werden, um die Gesamtkühlleistung des zugeführten Kühlmittels zu erhalten. Ein weiterer Vorteil dieses Gasabscheiders liegt darin, daß die Geräuschemissionen reduziert werden.

Anspruch 35 enthält dementsprechend einen eigenständigen Anspruch zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Erfindung wird im folgenden, unter Hinweis auf die beigefügten Zeichnungen, anhand von Ausführungsbeispielen näher beschrieben. Es stellen dar:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung,
- Fig. 2 einen Schnitt durch ein erfindungsgemäßes Dosierventil,
- Fig. 3a eine Unteransicht auf einen rechteckförmigen schlitzzartigen Strahlformer,
- Fig. 3b einen Schnitt durch den Strahlformer aus Fig. 3a, quer zur Schlitzlängsrichtung,
- Fig. 3c einen Schnitt durch einen Strahlformer gemäß Fig. 3a entlang der Schlitzlängsrichtung,
- Fig. 4 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Gasabscheiders,
- Fig. 5 eine schematische Draufsicht auf ein mit Kühl- oder Gefriergut bestücktes Transportband in der Kühl- oder Frosterkammer und die Strahlgeometrie des auf das Transportband gesprühten Kohlendioxidstrahls.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung (1) zum Schockfrosten von Kühl- oder Gefriergut (2) mit einer Kühl- oder Frosterkammer (3), einer in die Kühl- oder Frosterkammer (3) führenden Zuleitung (4) für flüssiges Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und einer endseitig daran in der Kühl- oder Frosterkammer (3) angeordneten erfindungsgemäßen Expansionsdüse (20), in welcher das flüssige Kohlendioxid entspannt wird. Der dabei entstehende Strahl aus gasförmigem CO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>-Schnee wird auf ein in der Kühl- oder Frosterkammer (3) befindliches Transportband (5) gesprüht, auf

welchem das Kühl- oder Gefriergut (2) unter der Expansionsdüse (20) hinweggeführt wird.

Das flüssige CO<sub>2</sub> befindet sich zunächst in einem Lagertank (80). Es steht hier im Gleichgewicht mit der CO<sub>2</sub>-Gasphase, die im Tank (80) oberhalb der Flüssigkeit vorliegt. Am Tank (80) befindet sich ein gesteuertes Kühlaggregat (85), welches den Druck im Tank (80) in einem Bereich von vorzugsweise ca. 18 bar hält. Es liegt dann eine Temperatur von ca. -23°C vor. Am Tank (80) befindet sich weiterhin eine Wägevorrichtung (85), mit Hilfe derer der Tankinhalt kontrollierbar ist, so daß bei Bedarf rechtzeitig Kühlmittel nachgeordert werden kann. Der Tank (80) selber ist mit einer ca. 160 - 200 mm dicken Isolierschicht aus PU-Schaum gegen einfallende Wärme und damit gegen Kälteverlust thermisch isoliert.

Von dem Tank (80) führt eine isolierte Rohrleitung (4) für das flüssige CO<sub>2</sub> zur Expansionsdüse (20) in der Kühl- oder Frosterkammer (3). Direkt hinter dem Tank (80) befindet sich in der Flüssigkeits- Rohrleitung (4) ein Absperrorgan (82). Am oberen Bereich des Tanks (80) führt eine Gasleitung (84) zur Rohrleitung (4) hinter dem Absperrorgan (82). In der Gasleitung (84) befindet sich ebenfalls direkt hinter dem Tank (80) ein Absperrorgan (83) sowie ein Überdruckventil (87). Vor einer Inbetriebnahme der Vorrichtung wird zunächst bei verschlossenem Absperrorgan (82) in der durch Öffnen des Absperrorgans (83) in der Gasleitung (84) die Flüssigkeits-Rohrleitung (4) mit gasförmigem CO<sub>2</sub> vorgespannt, d.h. die Kohlendioxidzuleitung (4) wird unter den gleichen Druck gebracht wie der Tank (80). Anschließend muß der Absperrhahn (83) wieder in der Gasleitung (84) geschlossen werden und der Flüssigkeitsabsperrhahn (82) kann geöffnet werden. Ohne dieses Vorspannen mit CO<sub>2</sub>-Gas würde bei Öffnung des Flüssigkeitsabsperrhahns (82) ein so starkes Druckgefälle entstehen, daß der Tripelpunkt-Druck des CO<sub>2</sub> von 5,18 bar noch innerhalb der Zuleitung (4) unterschritten wird und sich damit

in der Leitung (4) CO<sub>2</sub>-Schnee bildet und die Rohrleitung (4) verstopft.

Vor der Kühl- oder Frosterkammer (3) ist in die Kühlmittelzuleitung (4) ein Gasabscheider (70) zwischengeschaltet. In diesem werden die im flüssigen Kohlendioxid enthaltenen Gasanteile separiert.

Der Gasabscheider (70) besteht aus einer zylindrischen Vorabscheidekammer (71) mit einem seitlich im oberen Bereich angeordneten Zuströmstutzen (73) für das zweiphasige Kohlendioxid und einem im unteren Bereich angeordneten Auslaßstutzen (74) für das entgaste flüssige Kohlendioxid. Der Zuströmstutzen (73) ist an der Vorabscheidekammer (71) unter einem spitzen Winkel, vorzugsweise unter 10°, schräg nach oben und tangential zur Längsachse der Vorabscheidekammer angeordnet (Fig. 4). Durch das tangential von unten einströmende CO<sub>2</sub> entsteht eine Zirkulationsströmung. Die auftretenden Zentrifugalkräfte bewirken, daß sich die Flüssigkeit an die Wandungen der Vorabscheidekammer (71) anlegt und das Gas in der Mitte sammelt, von wo es durch einen oberhalb der Vorabscheidekammer (71) angeordneten Steuerkopf (72) mit einem geregelten Abblaßventil weggeführt wird. Die Vorabscheidekammer (71) ist durch eine unterhalb des Zuströmstutzens (73) angeordnete, mit Öffnungen versehene horizontale Trennwand (77) in zwei Teilkammern (75, 76) unterteilt. Hierbei handelt es sich um ein Loch- oder Schlitzblech. Eine weitere Unterteilung in mehrere übereinanderliegende Kammern durch mehrere Trennwände ist ebenfalls möglich. Durch diese Abteilungen wird bewirkt, daß sich das Gas im oberen Teil der Vorabscheidekammer (71) ansammelt.

Der Steuerkopf (72) besteht aus einer Schwimmerkammer mit einem obenseitigen Abblaßventil, dessen Schließelement mit einem in der Schwimmerkammer befindlichen Schwimmer gekoppelt

ist. Sammelt sich Gas im Steuerkopf (72), so sinkt der Schwimmer und öffnet das Ventil, so daß das Gas durch den Steuerkopf (72) entweichen kann. Das abseparierte Gas wird durch eine separate Zuleitung (78) mit einem endseitig angeordneten Magnetventil (79) der Kühl- oder Frosterkammer (3) zugeführt. Vorzugsweise ist auch diese Leitung (78) gegenüber Wärmeeinfall isoliert. Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden das vom Gasabscheider (70) kommende flüssige und das gasförmige Kohlendioxid in einer aus zwei koaxial ineinander angeordneten Rohren gebildeten Doppelrohrleitung zur Kühl- oder Frosterkammer (3) geleitet, wobei das gasförmige Kohlendioxid durch das äußere ringförmige Rohr geleitet wird. Auf diese Weise werden die Kühlverluste minimiert.

Vor der Kühl- oder Frosterkammer (3) kann in der Kühlmittelzuleitung (4) ebenfalls ein Magnetventil (nicht dargestellt) angeordnet sein, um die Zuleitung (4) bei einer längeren Betriebspause zusätzlich zu verschließen.

Die erfindungsgemäße Expansionsdüse (20) besteht aus einem an der Zuleitung (4) endseitig angeordneten Dosierventil (30) und einem nachgeschalteten Strahlformer (60), welche als modulare Baueinheiten (30, 60) hintereinander geflanscht sind.

Das Dosierventil (30) besteht aus einer Ventilbasis (40) mit einer einseitig offenen, im wesentlichen zylinderförmigen Ventilkammer (41) und einer zur Ventilkammer (41) führenden Kühlmittel-Anschlußöffnung (42). Die offene Seite der Ventilkammer (41) des Dosierventils (30) wird durch eine Ventilsitzplatte (36) abgedeckt, welche mit der Ventilbasis (40) lösbar unter Einsetzen einer Dichtung (39) verbunden ist. In der Ventilsitzplatte (36) befindet sich der Ventilsitz (33), welcher einen sich in Ausströmrichtung konisch verengenden Ausströmtrichter (34) mit einem sich daran anschließenden kurzen Ausströmkanal (35) aufweist. Der

Ausströmkanal (35) liegt koaxial mit der Längsachse der Ventilkammer (41). Der ventilkammerseitige Querschnitt des Ausströmtrichters (34) entspricht dem Querschnitt der Ventilkammer (41) in der Ventilbasis (40). In der Ventilbasis (40) ist koaxial durch die Ventilkammer (41) verlaufend eine Ventalnadel (31) in Nadellängsrichtung verschiebbar gelagert angeordnet. Sie ragt mit ihrer Spitze in der Schließstellung aus der offenen Seite der Ventilkammer (41) heraus und in die Austrittsöffnung (32) des Dosierventils (30) hinein. Die Ventalnadel (31) ist gegenüber dem Ventilsitz (33) in einem von der Ventilkammer (41) aus verlaufenden Führungskanal (44) aus der Ventilbasis (40) herausgeführt. Der aus der Ventilbasis (40) herausragende Ventalnadelkopf (31K) ist mit einem Stellantrieb gekoppelt, durch welchen die Ventalnadel (31) in dem Dosierventil (30) zur Regulierung des Kühlmittel-Massestroms axial bewegt wird und zum Abdichten der Kühlmittelleitung (4) in den Ventilsitz (33) gedrückt wird.

Der Führungskanal (44) ist durch eine von einem ringförmigen, sich radial nach innen erstreckenden Steg (45) gebildete Einschnürung von der Ventilkammer (41) abgetrennt. Über die Ventalnadel (31) ist in den Führungskanal (44) eine erste Führungsbuchse (46), ein Federelement (49), ein Gegenring (50), mehrere im Querschnitt dachförmige Ringdichtungen (Dachmanschetten) (48), eine zweite Führungsbuchse mit einem an der oberen Dachmanschette (48) anliegenden Sattelring (51) in der vorgenannten Reihenfolge vom Ventalnadelkopf (31K) aus eingeschoben. In den Führungsbuchsen (46, 47), welche vorzugsweise aus PTFE gefertigt sind, wird die Ventalnadel (31) nahezu radial spielfrei und axial beweglich gehalten. Oberhalb der zweiten Führungsbuchse (47) ist eine Anpreßbuchse (52) über die Ventalnadel (31) geschoben. Mittels einer Überwurfmutter (53), welche von oben über die Ventilbasis (40) aufgeschraubt wird, wird die Anpreßbuchse (52), die zweite Führungsbuchse (47) mit dem Sattelring (51), die Dachmanschetten (48) und der Gegenring (50) entgegen der

Federkraft gegen die auf dem ringförmigen Steg (45) gelagerte erste Führungsbuchse (46) gepreßt. Durch das Zusammenstauchen der Dachmanschetten (48) wird der innere Rand der Dachmanschetten (48) abdichtend gegen die Ventalnadel (31) und der äußere Rand der Dachmanschetten (48) abdichtend gegen die Innenwand des Führungskanals (44) gedrückt. Auf diese Weise erfolgt eine Abdichtung der Ventilkammer (41) nach außen gegen einen Nenndruck von bis zu 20 bar. Gleichzeitig wird die Ventalnadel (31) durch die Dachmanschetten (48) zusätzlich geführt. Selbstverständlich können aber anstelle der Dachmanschetten (48) z. B. auch handelsübliche Stopfbuchsen zur Abdichtung verwendet werden.

Die Ventilsitzplatte (36) wird mit drei Schrauben direkt unter die Ventilbasis (40) geschraubt. Das System ist so ausgelegt, daß ein radiales Spiel der Ventilsitzplatte (36) bei leichtem Lösen der Befestigungsschrauben vorliegt. Hiermit läßt sich die Ventilsitzplatte (36) zur Ventalnadel (31) zentrieren. Bei der Montage des Ventils (30) ist als erstes die Ventalnadel (31) in die Ventilbasis (40) einzuführen und in axialer Richtung über ihre spätere Position bei geschlossenem Ventil (30) hinaus zu bewegen. Die Ventilsitzplatte (36) läßt sich dann gegen die Ventalnadel (31) unter die Ventilbasis (40) drücken und zentriert sich damit selbständig. Die Ventalnadel (31) sollte beim Andrehen der Befestigungsschrauben der Ventilsitzplatte (36) axial beweglich sein um ein Verbiegen der Ventalnadel (31) zu verhindern. Zwischen der Ventilsitzplatte (36) und der Ventilbasis (40) befindet sich eine Dichtung (39).

Durch die Ausführung des Ventilsitzes (33) als ein sich in Ausströmrichtung konisch verengender Ausströmtrichter (34) mit einem sich daran anschließenden kurzen Ausströmkanal (35) ist gewährleistet, daß eine gleichmäßig beschleunigte Strömung im Ventil erreicht wird. Ein Öffnungswinkel des Ausströmtrichters (34) zwischen ca. 56° und ca. 76°, vorzugsweise 66°, hat sich

als besonders vorteilhaft herausgestellt. Die Ventalnadel (31) sollte vorzugsweise unter einem Winkel zwischen ca. 16° und ca. 30° spitz zulaufen. Der Ventilsitz (33) ist vorteilhafterweise aus einem Werkstoff gefertigt, der durch seine elastischen Eigenschaften ein dichtendes Schließen der Ventalnadel (31) ermöglicht und trotz seines weichen Verhaltens keinen erhöhten Verschleiß durch abrasive Feststoffpartikel zeigt. Wie bei der Auswahl der übrigen Werkstoffe ist auch hier auf Lebensmitteltauglichkeit und Korrosionsbeständigkeit zu achten. Als besonders geeignet hat sich für die Verwendung als Ventilsitzmaterial Polycarbonat herausgestellt.

Die Kühlmittelanschlußöffnung (42) ist seitlich und in Richtung der Ausströmöffnung (32) geneigt in die Ventilkammer (41) geführt. Dadurch wird das einströmende Kühlmittel teilweise der Strömungsrichtung in der Ventilbasis (40) angepaßt.

Im zusammengebauten Zustand der Expansionsdüse (20) geht der Ausströmkanal (35) des Ventilsitzes (33) nahtlos in einen kurzen zylindrischen Düsenhals (61) des dahinter angeordneten Strahlformers (60) über. Dem Düsenhals (61) schließt sich ein Expansionsbereich (62) mit einem divergierenden Strömungsquerschnitt an, in welchem das flüssige Kohlendioxid strahlgerichtet entspannt wird und dessen Abmessungen entsprechend der gewünschten Strahlform gewählt sind. Es ist darauf zu achten, daß beim Zusammenbau die Spitze der Ventalnadel (31) möglichst nicht in den Expansionsbereich (62) hineinragt.

Gemäß der Fig. 3a bis 3c weist der Expansionsbereich (62) einen rechteckigen Strömungsquerschnitt auf und ist als Schlitz (62) mit zwei gegenüberliegenden divergierenden Seiten (64) und zwei gegenüberliegenden parallelen Seiten (65) ausgebildet.

Die Länge und der Durchmesser des Düsenhalses (61) bzw. auch des Ausströmkanals (35) des Ventilsitzes (33) sind so gewählt, daß der Druck des durch den Düsenhals (61) strömenden Kohlendioxids innerhalb des Düsenhalses (61) nicht unter den Tripelpunkt-Druck des CO<sub>2</sub> absinkt, so daß hier zunächst noch kein CO<sub>2</sub>-Schnee entsteht. Die Gesamtlänge L des Düsenhalses (61) und des Ausströmkanals (35) sind dazu entsprechend der Formel

$$L = \frac{D/2}{\tan \alpha/2}$$

mit einer Abweichung von +/- 10% gewählt, wobei D der Durchmesser des Düsenhalses (61) bzw. des Ausströmkanals (35) ist und  $\alpha$  der Winkel der Ventilmadelspitze ist.

Das CO<sub>2</sub> strömt vom Düsenhals (61) in den Schlitz (62) ein und füllt dort den gesamten Schlitzquerschnitt aus. Innerhalb des Düsenschlitzes sinkt dann der Druck unter den Tripelpunkt ab, wodurch eine Phasenumwandlung von flüssigem CO<sub>2</sub> in feste CO<sub>2</sub>-Schneepartikel unter plötzlich stark vermehrter Bildung von CO<sub>2</sub>-Gas stattfindet. Da der Düsenschlitz (62) divergent ausgelegt ist, treten keine Verstopfungen innerhalb des Düsenschlitzes (62) auf. Mit der Strahlaufweiterung tritt außerdem eine Geschwindigkeitserhöhung in axialer Richtung und quer dazu auf, so daß die CO<sub>2</sub>-Schneepartikel und das kalte CO<sub>2</sub>-Gas einen größeren Impuls erhalten. Dies bewirkt, daß der Strahl nach Verlassen des Schlitzes (62) seine Richtung und Ausdehnung beibehält. Es ist so möglich, einen Flachstrahl mit rechteckigem Sprühquerschnitt zu erzeugen, welcher sich über die gesamte Breite des Transportbandes (5) in der Kühl- oder Frosterkammer (3) erstreckt.

Die Kühlleistung eines Kühlmittelstrahls ist abhängig von der Menge an ausgedüsten CO<sub>2</sub>-Gas und der Beladung mit CO<sub>2</sub>-Schneepartikeln. Dies gilt sowohl für den gesamten Strahl als auch

für jeden einzelnen Winkel des Strahls. Ist die Verteilung von Gas und Schnee über die Strahlbreite nicht gleichmäßig, so entstehen Bereiche unterschiedlicher Abkühlintensität auf dem Transportband (5) und damit auch im Kühl- oder Gefriergut (2). Aus diesem Grunde sind die Seitenwände (64, 65) des Strahlformers (60) vorzugsweise gerade ausgebildet. Prinzipiell ist es jedoch auch möglich, die divergierenden Seitenwände (64) konkav oder mit mehreren aneinandergrenzenden konkaven Einbuchtungen (nicht dargestellt) zu versehen. Der Übergang vom Düsenhals (61) zum Schlitz (62) ist scharfkantig ausgeführt um erhöhte Schneekonzentration unter bestimmten Strahlwinkeln zu vermeiden. Der Auslauf des Strahlformers (60) ist ebenso scharfkantig ausgestaltet. Hierdurch kommt es zum Abriß des austretenden CO<sub>2</sub>-Strahls an der Kante (67). Der Strahl hält seine Richtung und Form infolge des erhaltenen Impulses bei. Die Strahlgrenzen lassen sich damit sehr genau einstellen. Um zu verhindern, daß sich infolge der Reibung des Fluids und der CO<sub>2</sub>-Schneepartikel an der Wand des Schlitzes (62) der Strahlformer (60) zusetzt, sollte die Schlitzbreite vorteilhafterweise größer sein als der Durchmesser des Ventilsitzes (33).

Die Gesamtlänge des Schlitzes (62) in Strahlrichtung ist in Abhängigkeit vom Druck vor der Düse (20) und von dem Gesamtmassenstrom zu wählen.

Vorteilhafterweise ist die innere Oberfläche des Schlitzes (62) mit einer möglichst geringen Rauhtiefe gefertigt, um den CO<sub>2</sub>-Schneepartikeln das Anhaften an der Oberfläche zu erschweren.

Mit dem Strahlformer (60) ist es möglich, den dreiphasig auftretenden Kühlmittelstrahl eine gewünschte Form zu geben. Dies wird hierbei nicht durch die Ablenkung eines bereits vorgegebenen Strahls erreicht, sondern durch die Selbstformung des Kühlmittelstrahls infolge der gerichteten Nachexpansion.

Um einen gleichmäßigen Strahl zu erzeugen, wird hierbei der Strahl entgegen dem eigentlichen Ziel zunächst als ein aus dem Dosierventil (30) kommender ringförmiger Strahl zusammengeführt, um sich dann aus dem Strömungskern heraus gleichmäßig zu verteilen.

Die Anschlußfläche (37) des Dosierventils (30) ist mit einer Passung (38) versehen, so daß der Strahlformer (60) zentriert über ebenfalls drei Schrauben mit dem Dosierventil (30) verbunden werden kann. Diese drei Schrauben zur Verbindung des Dosierventils mit dem Strahlformer (60) liegen entsprechend verdreht zu den drei Schrauben, mit denen die Ventilsitzplatte (36) an der Ventilbasis (40) befestigt wird. Zwischen Strahlformer (60) und Dosierventil (30) kann ebenfalls eine Dichtung (63) angeordnet sein.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 befinden sich in der Kühl- oder Frosterkammer (3) oberhalb des Transportbandes (5) zwei Expansionsdüsen (20) in Transportrichtung (R) hintereinander angeordnet. Eine der Expansionsdüsen (20) ist unter 45° schräg nach unten auf das Transportband (5) in Transportrichtung und die andere der Expansionsdüsen (20) schräg nach unten entgegen der Transportrichtung (R) auf das Transportband (5) gerichtet. Dadurch wird das Kühl- oder Gefriergut (2) auch auf der vorderen und hinteren Seite mit dem Sprühstrahl beaufschlagt. Beide Expansionsdüsen (20) erzeugen einen rechteckigen Strahlquerschnitt, der sich nahezu über die gesamte Breite des Transportbandes (5) erstreckt. Das nebeneinander auf dem Transportband (5) befindliche Kühl- oder Gefriergut (2) hat dann unabhängig von der Lage auf dem Transportband (5) immer die gleiche Wegstrecke durch den Sprühstrahl zurückzulegen, so daß eine gleichmäßige Kühlung des Kühlguts (2) erfolgt. Selbstverständlich ist es auch möglich, mehrere quer zur Transportrichtung (R) nebeneinander angeordnete

Expansionsdüsen (20) zu Sprühleisten zusammenzufassen um so breitere Transportbänder zu besprühen.

Ebenso ist natürlich auch der Aufbau einer Kühl- oder Frosterkammer (3) mit nur einer Expansionsdüse möglich.

In der Kühl- oder Frosterkammer (3) befinden sich Ventilatoren (6) um für eine starke Verwirbelung und damit für eine gute Durchmischung der Frosterkammeratmosphäre zu sorgen. Dadurch wird eine gleichmäßige Hintergrundtemperatur erzeugt.

Weiterhin befindet sich in der Kühl- oder Frosterkammer (3) ein Temperatursensor (7), welcher mit einer Steuervorrichtung (8) verbunden ist, die den Stellantrieb der Expansionsdüsen (20) regelt. Um das zuströmende CO<sub>2</sub> nach der Erwärmung aus der Kühl- oder Frosterkammer (3) wieder abzuführen, weist die Kühl- oder Frosterkammer (3) einen Abzug mit einem Ventilator (9) auf.

## Patentansprüche

1. Expansionsdüse (20) zur Erzeugung von Kohlendioxidschnee zur Besprühung von Kühl- oder Gefriergut (2), dadurch gekennzeichnet, daß dieselbe ein integriertes Dosierventil (30) mit einer Ausströmöffnung (32) mit einem zuströmseitigen Ventilsitz (33) und einer gegenüber diesem Ventilsitz (33) verstellbaren, das Dosierventil (30) in Ausströmrichtung verschließenden, im geschlossenen Zustand in die Austrittsöffnung (32) des Dosierventils (30) hineinragenden Ventilnadel (31) aufweist.
2. Expansionsdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilsitz (33) einen sich in Ausströmrichtung konisch verengenden Ausströmtrichter (34) mit einem sich daran anschließenden kurzen Ausströmkanal (35) aufweist.
3. Expansionsdüse nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Dosierventil (30) eine Ventilbasis (40) mit einer einseitig offenen Ventilkammer (41) und einer zur Ventilkammer (41) führenden Kühlmittelanschlußöffnung (42) aufweist, und die Ventilnadel (31) gegenüber der offenen Seite der Ventilkammer (41) in der Ventilbasis (40) in Nadellängsrichtung verschiebbar gelagert ist, und mit ihrer Spitze mindestens in der Schließstellung der Ventilnadel (31) aus der offenen Seite (43) der Ventilkammer (41) herausragt und daß im zusammengebauten Zustand des Dosierventils (30) die offene Seite (43) der Ventilkammer (41) durch eine den Ventilsitz (33) enthaltende Ventilsitzplatte (36) abgedeckt ist, welche mit der Ventilbasis (40) lösbar verbunden ist.
4. Expansionsdüse nach einem der Ansprüche 2 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventilkammer (41) rechtwinklig zur Nadellängsrichtung einen Querschnitt aufweist, welcher dem ventilkammerseitigen Querschnitt des Ausströmtrichters (34) des Ventilsitzes (33) entspricht.

5. Expansionsdüse nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausströmtrichter (34) des Ventilsitzes (33) einen Öffnungswinkel zwischen ca. 56° und ca. 76°, vorzugsweise 66°, aufweist.

6. Expansionsdüse nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventalnadel (31) unter einem Winkel zwischen ca. 16° und ca. 30° spitz zuläuft.

7. Expansionsdüse nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmittelanschlußöffnung (42) seitlich und in Richtung der Ausströmöffnung (32) geneigt in die Ventilkammer (41) mündet.

8. Expansionsdüse nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventalnadel (31) in einem gegenüber dem Ventilsitz (33) von der Ventilkammer (41) aus verlaufenden Führungskanal (44) aus der Ventilbasis (40) herausgeführt ist.

9. Expansionsdüse nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der aus der Ventilbasis (40) herausragende Ventalnadelkopf (31K) mit einem Stellantrieb gekoppelt ist.

10. Expansionsdüse nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventalnadel (31) durch mindestens zwei in dem Führungskanal (44) angeordnete Führungsbuchsen (46, 47) radial spielfrei, axial beweglich gelagert ist und im Führungskanal (44), vorzugsweise zwischen den Führungsbuchsen (46, 47) mindestens eine im Querschnitt dachförmige Ringdichtung (Dachmanschette) (48) angeordnet ist, welche zur Abdichtung axial gestaucht ist, wobei der innere Rand der Dachmanschette (48) abdichtend gegen die Ventalnadel (31) und der äußere Rand der Dachmanschette (48) abdichtend gegen die Innenwand des Führungskanals (44) gedrückt wird.

11. Expansionsdüse nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Führungskanal (44) durch eine von einem ringförmigen sich radial nach innen erstreckenden Steg (45) gebildete Einschnürung von der Ventilkammer (41) abgetrennt ist, und über die Ventilnadel (31) in den Führungskanal (44) eine erste Führungsbuchse (46), ein Federelement (49), ein eine Basis für die Dachmanschette (48) bildender Gegenring (50), mindestens eine Dachmanschette (48) und eine zweite Führungsbuchse (47) mit einem an der Dachmanschette (48) anliegenden Sattelring (51) in der vorgenannten Reihenfolge vom Ventilnadelkopf (31K) aus eingeschoben sind und die zweite Führungsbuchse (47) mit dem Sattelring (51), der Dachmanschette (48) und dem Gegenring (50) mittels mindestens eines Schraub- und/oder Klemmelements (52, 53) entgegen der Federkraft gegen die auf dem ringförmigen Steg (45) gelagerte erste Führungsbuchse (46) gepreßt sind.

12. Expansionsdüse nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich an den Ausströmkanal (35) ein sich endseitig im Querschnitt erweiternder Düsenabschnitt als Strahlformer (60) anschließt, in welchem das flüssige Kohlendioxid strahlgerichtet entspannt wird.

13. Expansionsdüse nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlformer (60) ventilseitig einen kurzen, zylindrischen, einen Düsenhals (61) bildenden Kanal (61) und einen sich daran anschließenden Expansionsbereich (62) mit einem divergierenden Strömungsquerschnitt, dessen Abmessungen entsprechend der gewünschten Strahlform gewählt sind, aufweist.

14. Expansionsdüse nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Expansionsbereich (62) einen rechteckigen Strömungsquerschnitt aufweist.

15. Expansionsdüse nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Expansionsbereich (62) als Schlitz (62) mit zwei gegenüberliegenden divergierenden Seiten (64) und zwei gegenüberliegenden parallelen Seiten (65) ausgebildet ist.

16. Expansionsdüse nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des Düsenhalses (61) in Abhängigkeit von der Nennweite des Dosierventils (30) und den gewünschten Betriebsparametern in der Kühl- oder Frosterkammer (3) und die Länge des Düsenhalses (61) in Abhängigkeit von der Nennweite des Dosierventils (30), des Winkels der Ventilmadel (31) und dem Hub des Stellantriebs der Ventilmadel (31) so gewählt sind, daß der Druck des durch den Düsenhals (61) strömenden Kohlendioxid innerhalb des Düsenhalses (61) nicht unter den Tripelpunktsdruck des Kohlendioxids absinkt.

17. Expansionsdüse nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Düsenhals (61) des Strahlformers (60) den gleichen Durchmesser aufweist wie der Ausströmkanal (35) des Ventilsitzes (33) und sich im zusammengebauten Zustand nahtlos an diesen anschließt und die Gesamtlänge des Düsenhalses (61) und des Ausströmkanals (35) ungefähr dem halben Durchmesser dividiert durch den Tangens des halben Winkels der Nadelspitze entspricht.

18. Expansionsdüse nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des Düsenhalses (61) und/oder des Ausströmkanals (35) gekoppelt mit der Lage der Ventilmadel (31) veränderlich ist.

19. Expansionsdüse nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Dosierventil (30) und der Strahlformer (60) als modulare Baueinheiten (30, 60) der Expansionsdüse (20) hintereinandergeflanscht sind.

20. Expansionsdüse nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlußflächen (37, 66) des Dosierventils (30) und des Strahlformers (60) unter Passung (38) zentriert ineinanderfassen.

21. Verfahren zur Erzeugung von Kohlendioxidschnee in einer Expansionsdüse (20) zur Besprühung von Kühl- oder Gefriergut (2), dadurch gekennzeichnet, daß der Kohlendioxid-Massestrom direkt in der Expansionsdüse (20) kontinuierlich stufenlos dosiert wird.

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Kohlendioxidstrahl innerhalb der Expansionsdüse (20) zunächst ringförmig eine Dosierstelle passiert, dann zusammengeführt und anschließend unter Bildung des Kohlendioxidschnees gerichtet entspannt wird.

23. Vorrichtung (1) zum Kühlen oder Schockfrostern von Kühl- oder Gefriergut (2) mit mindestens einer Kühl- oder Frosterkammer (3), mindestens einer in die Kühl- oder Frosterkammer (3) führenden Zuleitung (4) für flüssiges Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) mit mindestens einer endseitig daran in der Kühl- oder Frosterkammer (3) angeordneten Expansionsdüse (20) und einem den Durchfluß in der Zuleitung regelnden Dosierventil (30), dadurch gekennzeichnet, daß die Expansionsdüse (20) das Dosierventil (30) als integrierten Bestandteil enthält und nach den Merkmalen eines oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 20 ausgebildet ist.

24. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Zuleitung (4) für das flüssige Kohlendioxid ein Gasabscheider (70) zwischengeschaltet ist, welcher die im flüssigen Kohlendioxid enthaltenen Gasanteile separiert.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasabscheider (70) aus einer Vorabscheidekammer (71) mit einem seitlich im oberen oder mittleren Bereich angeordneten Zuströmstutzen (73) für das zweiphasige Kohlendioxid und einem im unteren Bereich angeordneten Auslaßstutzen (74) für das entgaste flüssige Kohlendioxid besteht, in welchem die Gas- und die Flüssigphase voneinander getrennt werden und in welchem sich im oberen Bereich (75) das abgetrennte gasförmige Kohlendioxid sammelt und über einen obenseitig angeordneten Steuerkopf (72) mit einem geregelten Ablassventil weggeführt wird.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Zuströmstutzen (73) zur Erzeugung einer Zirkulationsströmung in der Vorabscheidekammer (71) schräg nach oben und tangential zur Längsachse der zylindrischen Vorabscheidekammer (71) an dieser angeordnet ist.

27. Vorrichtung nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorabscheidekammer (71) durch mindestens eine unterhalb des Zuströmstutzens (73) angeordnete, mit Öffnungen versehene, quer zur Längsrichtung der Vorabscheidekammer liegende Trennwand (77) in mindestens zwei Teilkammern (75, 76) unterteilt ist.

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerkopf (72) aus einer Schwimmerkammer mit einem obenseitigen Ablassventil besteht, dessen Schließelement mit einem in der Schwimmerkammer befindlichen Schwimmer gekoppelt ist, und bei einer oberen Position des Schwimmers in der Schwimmerkammer das Ablassventil geschlossen und bei einer unteren Position des Schwimmers geöffnet ist.

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß das im Gasabscheider (70) abgetrennte

gasförmige Kohlendioxid über eine separate Gasleitung (78) in die Kühl- oder Frosterkammer (3) geleitet wird.

30. Vorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß in der Gasleitung (78) vor der Kühl- oder Frosterkammer (3) ein Absperrorgan (79) angeordnet ist.

31. Vorrichtung nach Anspruch 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, daß das vom Gasabscheider (70) kommende flüssige und das gasförmige Kohlendioxid in einer aus zwei koaxial ineinander angeordneten Rohren gebildeten Doppelrohrleitung zur Kühl- oder Frosterkammer (3) geleitet werden, wobei das gasförmige Kohlendioxid durch das äußere ringförmige Rohr geleitet wird.

32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß in der Zuleitung für das flüssige Kohlendioxid hinter dem Gasabscheider und vor der Kühl- oder Frosterkammer (3) ein Absperrorgan angeordnet ist.

33. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kühl- oder Frosterkammer (3) oberhalb einer Transportvorrichtung (5) für das Kühl- oder Gefriergut (2), insbesondere einem Transportband (5), mehrere an die Zuleitung (4) für das flüssige Kohlendioxid angeschlossene Expansionsdüsen (20) angeordnet sind.

34. Vorrichtung nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß oberhalb der Transportvorrichtung (5) mindestens zwei Expansionsdüsen (20) in Transportrichtung (R) hintereinander angeordnet sind, und mindestens eine der Expansionsdüsen (20) schräg nach unten auf die Transportvorrichtung (5) in Transportrichtung (R) und mindestens eine der Expansionsdüsen (20) schräg nach unten auf die Transportvorrichtung (5) entgegen der Transportrichtung (R) gerichtet ist.

35. Verfahren zum Schockfrostern von Kühl- oder Gefriergut, bei welchem flüssiges Kohlendioxid über mindestens eine Zuleitung mindestens einer Expansionsdüse zugeführt und in dieser Expansionsdüse entspannt und auf das Kühl- oder Gefriergut gesprüht wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Kohlendioxid durch einen der Expansionsdüse vorgeschalteten Gasabscheider geleitet wird, in welchem das gasförmige Kohlendioxid aus dem flüssigen Kohlendioxid abgetrennt wird.

36. Verfahren nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß das abgetrennte Kohlendioxidgas einer das Kühl- oder Gefriergut beinhaltenden Kühl- oder Frosterkammer (3) separat zugeführt wird.

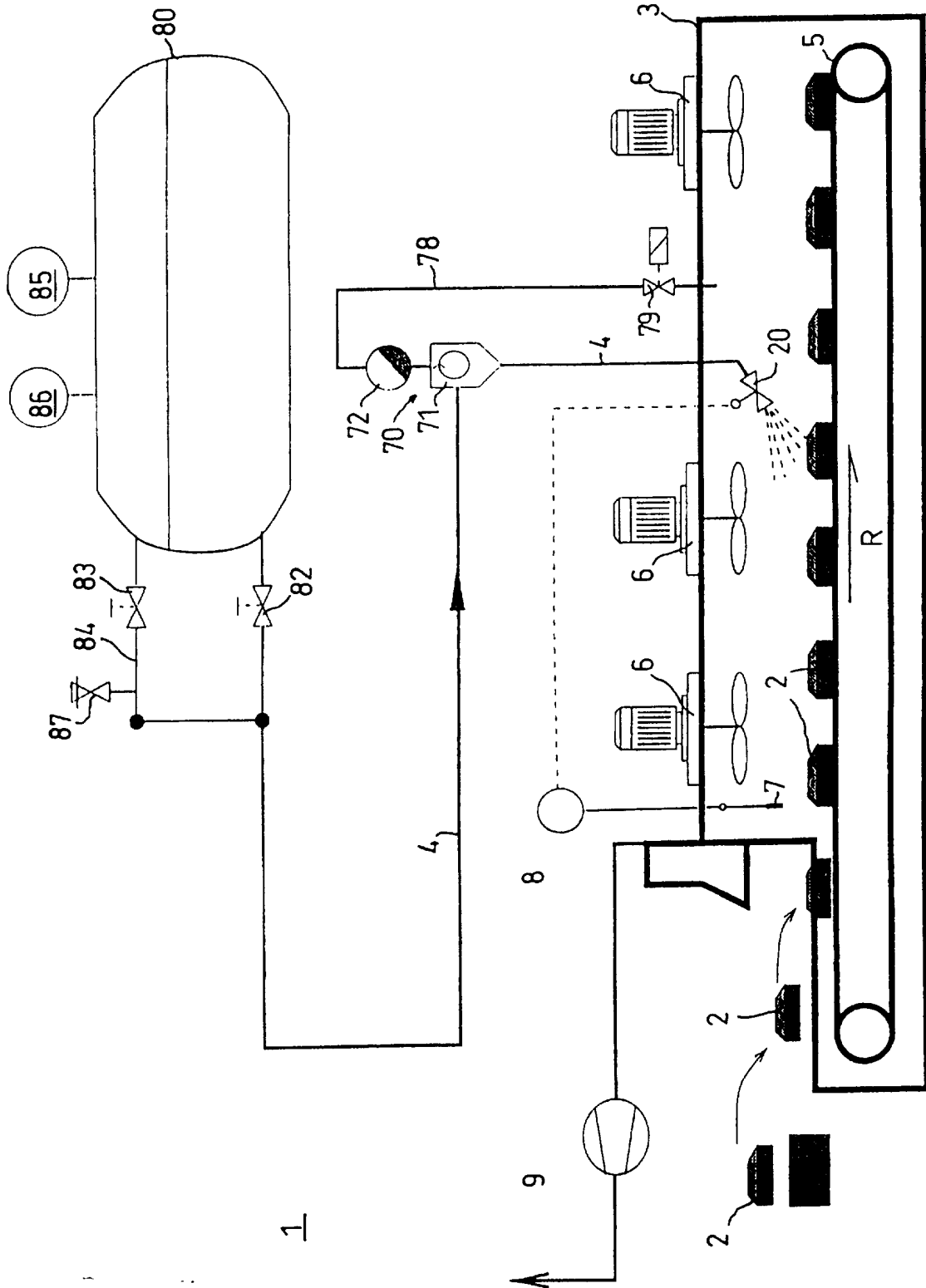


Fig.1

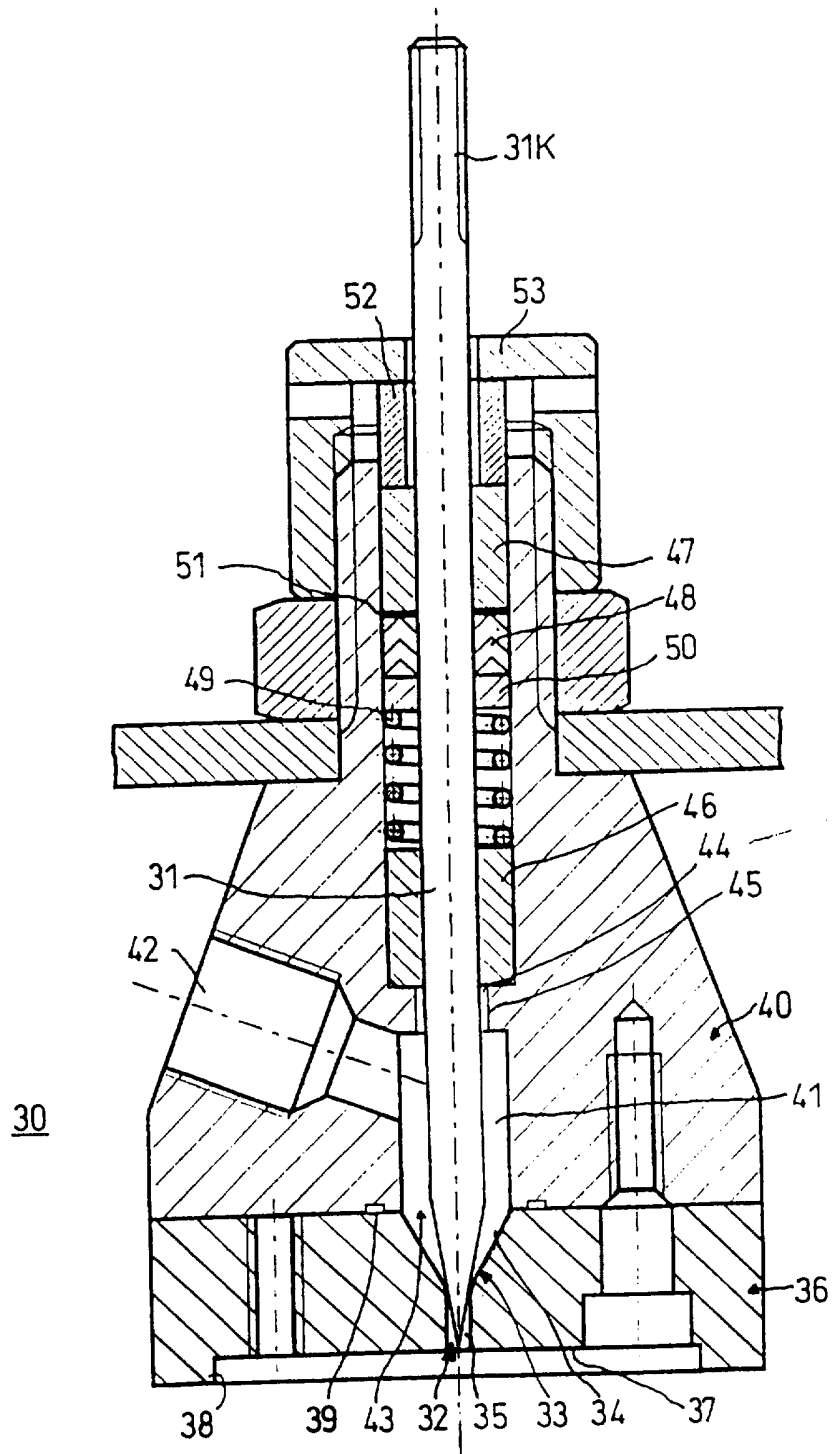


Fig. 2

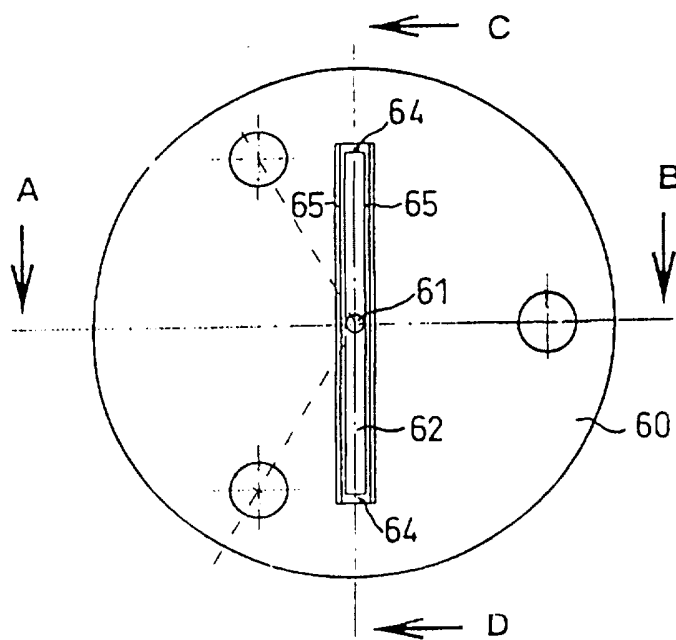


Fig. 3a

A-B

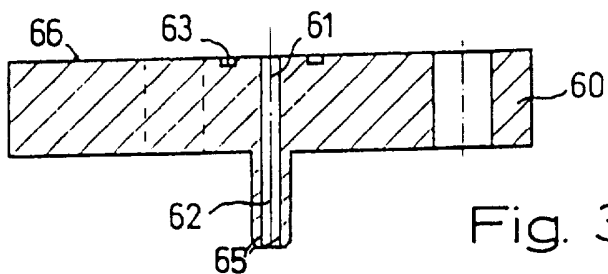


Fig. 3b

C-D

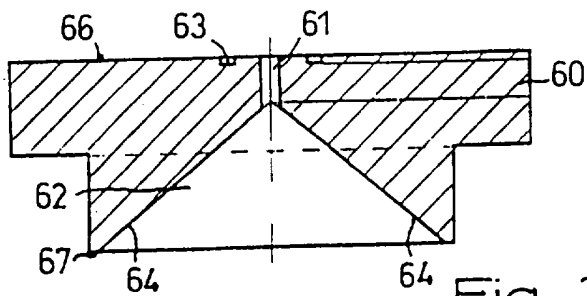


Fig. 3c

