



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

(51) Internationale Patentklassifikation 5 : F04B 37/08	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 93/05294 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 18. März 1993 (18.03.93)
--	-----------	--

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP92/00865

(22) Internationales Anmeldedatum: 18. April 1992 (18.04.92)

(30) Prioritätsdaten:
G 91 11 236.2 U 10. September 1991 (10.09.91) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): LEYBOLD AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wilhelm-Rohn-Straße 25, D-6450 Hanau (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : MATTERN-KLOSSON, Monika [DE/DE]; In den Auen 5, D-5064 Rösrath (DE). MUNDINGER, Hans-Jürgen [DE/DE]; Lessingstraße 28, D-5040 Brühl (DE). GREGER, Ferdinand [DE/DE]; Hartenfels 25, D-5000 Köln 71 (DE).

(74) Anwalt: LEINEWEBER, Jürgen; Nagelschmiedshütte 8, D-5000 Köln 40 (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IT, LU, MC, NL, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: CRYOGENIC PUMP

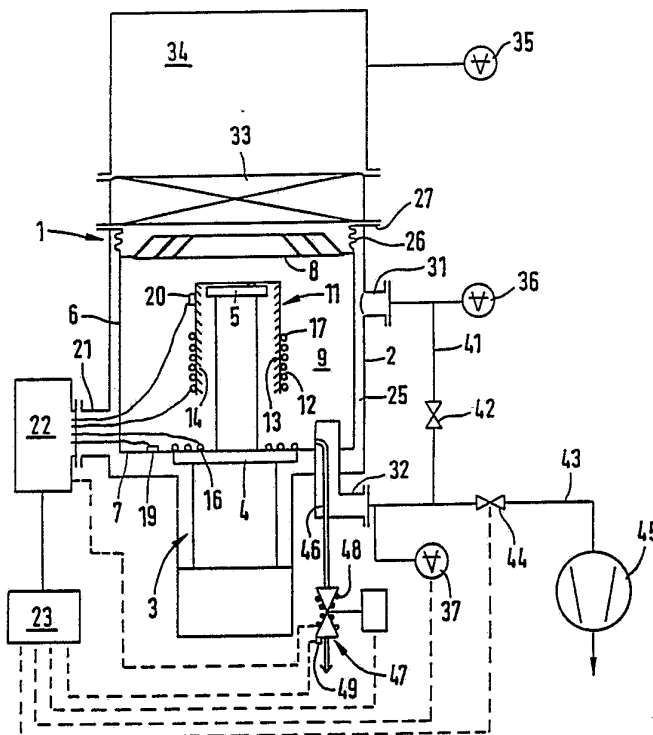
(54) Bezeichnung: KRYOPUMPE

(57) Abstract

The invention concerns a cryogenic pump (1) operated with a refrigeration unit (3), the pump having a housing (2), an inlet valve (33), heatable pump surfaces (11) and a rough-vacuum pump (45) connected to the interior chamber (9) of the cryogenic pump. In order to be able to regenerate the cryogenic pump rapidly by evacuating the condensed gases at high pressure, the invention proposes that the pump is equipped with a condensation-evacuation line (46) fitted with a recovery valve (47).

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf eine mit einem Refrigerator (3) betriebene Kryopumpe (1) mit einem Gehäuse (2), mit einem Einlaßventil (33), mit heizbaren Pumpflächen (11) sowie mit einer an den Pumpeninnenraum (9) angeschlossenen Vorvakuumpumpe (45); um die Kryopumpe schnell regenerieren zu können, indem die Entfernung der kondensierten Gase bei einem hohen Druck vorgenommen wird, wird vorgeschlagen, daß sie mit einer mit einem Regenerierventil (47) versehenen Leitung (46) für die zu entfernenden Niederschläge ausgerüstet ist.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

AT	Österreich	FI	Finnland	MR	Mauritanien
AU	Australien	FR	Frankreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GA	Gabon	NL	Niederlande
BE	Belgien	GB	Vereinigtes Königreich	NO	Norwegen
BF	Burkina Faso	GN	Guinea	NZ	Neuseeland
BG	Bulgarien	GR	Griechenland	PL	Polen
BJ	Benin	HU	Ungarn	PT	Portugal
BR	Brasilien	IE	Irland	RO	Rumänien
CA	Kanada	IT	Italien	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SK	Slowakischen Republik
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	SU	Soviet Union
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TD	Tschad
CZ	Tschechischen Republik	MC	Monaco	TG	Togo
DE	Deutschland	MG	Madagaskar	UA	Ukraine
DK	Dänemark	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
ES	Spanien	MN	Mongolei		

Kryopumpe

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kryopumpe mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Eine mit einer Kältequelle bzw. einem Refrigerator betriebene Kryopumpe ist beispielsweise aus der DE-OS 26 20 880 bekannt. Pumpen dieser Art weisen üblicherweise drei Pumpflächenbereiche auf, die zur Anlagerung von verschiedenen Gasarten bestimmt sind. Der erste Flächenbereich steht mit der ersten Stufe des Refrigerators in gut wärmeleitendem Kontakt und hat je nach Art und Leistung des Refrigerators eine im wesentlichen konstante Temperatur zwischen 60 und 100 K. Zu diesen Flächenbereichen gehören üblicherweise ein Strahlungsschirm und ein Baffle. Diese Bauteile schützen die Pumpflächen tieferer Temperatur vor einfallender Wärmestrahlung. Die Pumpflächen der ersten Stufe dienen bevorzugt der Anlagerung von relativ leicht kondensierbaren Gasen, wie Wasserdampf und Kohlendioxid, durch Kryokondensation.

Der zweite Pumpflächenbereich steht mit der zweiten Stufe des Refrigerators in wärmeleitendem Kontakt. Diese Stufe hat während des Betriebs der Pumpe eine Temperatur von etwa 20 K. Der zweite Flächenbereich dient bevorzugt der Entfernung von erst bei tieferen Temperaturen kondensierbaren Gasen, wie Stickstoff, Argon o. dgl., ebenfalls durch Kryokondensation.

Der dritte Pumpflächenbereich liegt ebenfalls auf der Temperatur der zweiten Stufe des Refrigerators (bei einem Refrigerator mit

drei Stufen entsprechend tiefer) und ist mit einem Adsorptionsmaterial belegt. An diesen Pumpflächen soll im wesentlichen die Kryosorption leichter Gase, wie Wasserstoff, Helium oder dergleichen, stattfinden.

Zur Regeneration einer Kryopumpe ist es erforderlich, die Pumpflächen zu erwärmen. Das kann durch Strahlung oder mit Hilfe von aufgeheizten Regeneriergasen geschehen, welche das Gehäuse der Kryopumpe durchströmen. Eine weitere Möglichkeit (vgl. DE-OS 35 12 616) besteht darin, die Pumpflächen mit elektrischen Heizeinrichtungen auszurüsten und diese während des Regenerierprozesses in Betrieb zu nehmen. Mit den Heizeinrichtungen werden die Pumpflächen bei laufender und an den Pumpeninnenraum angeschlossener Vorvakuumpumpe auf beispielsweise 70° C aufgeheizt, bis nach der Entfernung der niedergeschlagenen Gase wieder der Vorvakuumdruck (ca. 10^{-2} mbar) im Pumpeninnenraum erreicht wird. Eine nach diesen Methoden betriebene Total-Regeneration der Pumpe dauert viele Stunden, zumal sich die Regenerationsdauer zusammensetzt aus der eigentlichen Regenerationszeit und der Zeit, die für die Wiederinbetriebnahme der Pumpe, insbesondere für das Kaltfahren der Pumpflächen, erforderlich ist.

Kryopumpen werden häufig in der Halbleiterproduktionstechnik eingesetzt. Bei vielen Applikationen dieser Art treten überwiegend Gase auf, die nur die Pumpflächen der zweiten Stufe belasten. Es ist deshalb bekannt (vgl. z.B. die DE-OS 35 12 614), nur eine Regenerierung der Tieftemperatur-Pumpflächen durchzuführen. Das geschieht durch separate Erwärmung der Pumpflächen der zweiten Stufe.

Bei allen Regeneriervorgängen muß das der Eintrittsöffnung der Kryopumpe üblicherweise vorgelagerte Einlaßventil geschlossen werden, d.h., daß der Pumpbetrieb und damit der Produktionsbetrieb unterbrochen werden muß.

Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Kryopumpe zu schaffen, die wesentlich schneller regenerieren kann.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Bei einer Kryopumpe dieser Art ist es möglich, daß die Entfernung der in der Regel zu relativ dicken Eisschichten kondensierten Gase bei einem Druck (Regenerationsdruck) erfolgt, der oberhalb des Druckes des Tripelpunktes liegt, wodurch hohe Abdampfraten möglich sind, ohne daß ein kostenaufwendiges und mengenvergrößern- des Regeneriergas notwendig ist. Da wegen der Beheizung auch die Temperatur der zu regenerierenden Pumpflächen oberhalb der Temperatur des Tripelpunktes liegt, geht das Eis sehr schnell in die flüssige und/oder gasförmige Phase über und kann über das Regenerierventil entfernt werden. Die Regeneration einer Kryopumpe - sei es die Regeneration der Pumpflächen der zweiten Stufe oder auch eine Total-Regeneration - kann dadurch schneller durchgeführt werden, so daß die notwendigen Zeiten für Betriebsunterbrechungen wesentlich kürzer sind.

Bei einer mit einem zwei- oder mehrstufigen Refrigerator betriebenen Kryopumpe mit Pumpflächen, die während des Betriebs der Pumpe eine die Adsorption leichter Gase und die Kondensation weiterer Gase erlaubende Temperatur haben, ist es in Abwandlung des oben beschriebenen Verfahrens zweckmäßig, wenn nach der Einleitung des Regeneriervorgangs die Verbindung zwischen dem Pumpinnenraum und der Vorvakuum Pumpe so lange geöffnet wird, bis bei relativ niedrigen Drücken eine Desorption der leichten Gase stattgefunden hat. Dieser Schritt benötigt nur wenige Minuten und vermeidet hohe Wasserstoff-Konzentrationen im Pumpinnenraum.

Die Regenerierung ist besonders schnell und vorteilhaft, wenn bei einer mit einem zweistufigen Refrigerator betriebene Kryopumpe nur die Pumpflächen der zweiten Stufe regeneriert werden sollen. Dieses Verfahren, bei dem nur die Pumpflächen der zweiten Stufe beheizt werden, kann bei laufendem Refrigerator durchgeführt werden. Dadurch ist die Zeit, die nach der Regeneration nötig ist, um die Pumpflächen der zweiten Stufe wieder auf ihre Betriebstemperatur zu bringen, sehr kurz, zumal die

Regenerationstemperatur nur etwas über der Temperatur des Tripelpunktes des zu entfernenden Gases liegen muß, um bei dem erhöhten Druck - ebenfalls über dem Druck des Tripelpunktes des zu entfernenden Gases - die in die flüssige und/oder gasförmige Phase übergehenden Niederschläge schnell entfernen zu können.

Um die Regeneration der Kryopumpe innerhalb kürzester Zeit durchführen zu können, ist es erforderlich, daß die in die flüssige und/oder gasförmige Phase übergehenden Niederschläge schnell durch das dafür vorgesehene Regenerierventil hindurchtreten. Liegt der Regenerationsdruck unter dem umgebenden Atmosphärendruck, dann muß die sich an das Regenerierventil anschließende Leitung mit einer Förderpumpe ausgerüstet sein, die in der Lage ist, die Niederschläge über das Regenerierventil abzusaugen.

Besonders vorteilhaft ist es, den Regenerationsdruck so hoch zu wählen, daß er über dem Umgebungsdruck liegt, und das Regenerierventil als Rückschlagventil auszubilden. Bei dieser Lösung kann auf eine dem Regenerierventil zugeordnete Förderpumpe verzichtet werden. Das Regenerierventil öffnet, sobald der Umgebungsdruck im Pumpeninnenraum überschritten wird. Gasförmige und auch in die flüssige Phase übergehende Niederschläge werden aufgrund des Überdruckes in der Pumpe durch das offene Ventil herausgedrückt und damit schnell entfernt. Die vom Druck im Pumpeninnenraum abhängige Steuerung des Regenerierventils erfolgt bei dieser Lösung automatisch beim Über- bzw. Unterschreiten des Umgebungsdruckes. Die Anwendung dieser Maßnahmen führt dazu, daß die Pumpenstillstandszeiten um den Faktor 10 verkürzt werden können. Es besteht natürlich auch die Möglichkeit, ein nicht als Rückschlagventil ausgebildetes Regenerierventil über Steuermittel in Abhängigkeit vom Druck im Pumpeninnenraum oder von einer mit der Beendigung der Regeneration verbundenen Temperaturänderung (z.B. im Bereich der Pumpflächen oder des Regenerierventils) zu steuern, insbesondere dann, wenn der Regenerationsdruck kleiner als der Umgebungsdruck ist.

Da die Entfernung der Niederschläge in ihrer flüssigen Phase besonders schnell möglich ist, sollte die Eintrittsöffnung der Abableitung, in welcher sich das Regenerierventil befindet, im unteren Bereich des Strahlungsschirmes befinden. In diesen Bereich gelangen auch sich von den Pumpflächen der zweiten Stufe lösende, noch eisförmige Niederschläge. Es ist deshalb zweckmäßig, in diesem Bereich zusätzlich eine Heizung vorzusehen. Es können sich auch Trichter oder Rinnen - falls notwendig beheizt - unterhalb der Pumpflächen der zweiten Stufe befinden, an die die Abableitung angeschlossen ist.

Vorteilhafterweise weist das Regenerierventil eine Heizung auf. Nach dem Durchtritt der kalten Flüssigkeiten und/oder Gase bewirkt die Heizung eine Erwärmung der beispielsweise mit einem Elastomer-Dichtring ausgerüsteten Dichtflächen, so daß nach der Regeneration ein vakuumdichtes Schließen des Regenerierventils sichergestellt ist. Um eine zu starke Beheizung des Ventils zu vermeiden, ist zweckmäßig ein Temperatursensor vorgesehen, mit dem die Heizleistung geregelt wird. Da eine Heizleistung nach der Beendigung der Regeneration und nach dem Schließen und Erwärmen des Ventils auf Umgebungstemperatur nicht mehr erforderlich ist, kann die vom Temperatursensor gelieferte Information dazu verwendet werden, die im Anschluß an die Regeneration notwendigen Schritte - Zuschalten der Vorvakuumpumpe, verzögertes Abschalten der Pumpflächenheizung, Inbetriebsetzen des Refrigerators o. dgl. - einzuleiten.

Bei Regenerationsversuchen mit zweistufigen Kryopumpen stellte sich immer wieder heraus, daß, obwohl nur die Pumpflächen der zweiten Stufe bei laufendem Refrigerator regeneriert werden sollten, auch die Temperatur der Pumpflächen der ersten Stufe auf relativ hohe Werte anstieg. Dadurch ergab es sich, daß sich an die durch das erfindungsgemäße Verfahren erreichte sehr kurze Zeit für die Entfernung der Niederschläge wegen der relativ hohen Wärmebelastung der ersten Stufe immer noch eine relativ lange Zeit zum Kaltfahren der Pumpe anschloß. Ursache dieser Wärmebelastung sind von der zweiten Stufe abdampfende Gase, die in den Zwischenraum zwischen Strahlungsschirm und äußerem Gehäuse

gelangen und dort eine Wärmebrücke bilden. Da der Druck im Innenraum der Pumpe während des Regenerierens relativ hoch, häufig sogar höher ist als der Atmosphärendruck, ist diese Wärmebrücke besonders wirksam. Die vom äußeren Gehäuse mit Umgebungstemperatur auf den kalten Strahlungsschirm übergehende Wärme stellt damit eine besonders hohe Wärmebelastung der ersten Stufe dar.

Eine zweckmäßige Weiterbildung einer Kryopumpe nach der Erfindung besteht deshalb darin, daß sie mit Mitteln ausgerüstet ist, die den geschilderten Wärmeübergang vom Gehäuse auf die in der Pumpe befindlichen Gase und damit auf die Pumpflächen der ersten Stufe weitestgehend unterbindet. Diese Wärmeisolierung kann von einem schlecht wärmeleitenden Werkstoff gebildet werden, der sich zwischen Gehäuse und Strahlungsschirm befindet. Eine besonders wirksame Lösung besteht darin, daß die Kryopumpe mit einer Vakuumisolierung ausgerüstet ist. Dazu kann die Wandung der Kryopumpe in an sich bekannter Weise doppelwandig ausgebildet sein. Bei einer anderen zweckmäßigen Lösung bildet der Strahlungsschirm selbst die Innenwand dieser Doppelwandung. Bei diesen Lösungen findet auch bei hohen Drücken im Pumpeninnenraum ein maßgeblicher Wärmeübergang vom äußeren Pumpengehäuse auf die Pumpflächen der ersten Stufe nicht mehr statt, so daß diese Pumpflächen im wesentlichen ihre tiefe Temperatur behalten. Die Zeit, die notwendig ist, um die Kryopumpe nach der Regeneration wieder kaltzufahren, ist wesentlich kürzer.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sollen anhand von in den Figuren 1 bis 7 dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert werden.

Es zeigen:

- Figur 1 schematisch eine Kryopumpe nach der Erfindung mit Steuer- und Versorgungseinrichtungen sowie die
- Figuren 2 bis 7 Schnitte durch Ausführungsbeispiele mit einer Vakuumisolierung.

In allen Figuren sind die Kryopumpe mit 1, ihr äußeres Gehäuse mit 2, der Refrigerator mit 3 und seine beiden Stufen mit 4 bzw. 5 bezeichnet. Zu den Pumpflächen der ersten Stufe 4 gehört der topfförmige, nach oben offene Strahlungsschirm 6, der mit seinem Boden 7 gut wärmeleitend und - sofern erforderlich - vakuumdicht an der ersten Stufe 4 befestigt ist, sowie das Baffle 8, das sich im Eintrittsbereich der Kryopumpe befindet und gemeinsam mit dem Strahlungsschirm 6 den Pumpeninnenraum 9 bildet. Das Baffle 8 ist in nicht näher dargestellter Weise am Strahlungsschirm 6 derart befestigt, daß es die Temperatur des Strahlungsschirmes 6 annimmt.

Im Pumpeninnenraum 9 befinden sich die Pumpflächen der zweiten Stufe, die generell mit 11 bezeichnet sind und z.B. von einem etwa U-förmigen Blechabschnitt gebildet werden. Der U-förmige Blechabschnitt ist mit seinem Verbindungsteil gut wärmeleitend an der zweiten Stufe 5 des Refrigerators 3 befestigt, so daß sich äußere Flächenbereiche 12 und innere Flächenbereiche 13 ergeben. Die äußeren Flächenbereiche 12 bilden die Kondensations-Pumpflächen der zweiten Stufe. Die innenliegenden Flächenbereiche 13 sind mit einem Adsorptionsmaterial belegt (Schraffur 14). In diesen Bereichen werden leichte Gase durch Kryosorption gebunden.

Um die mit Gasen belegten Pumpflächen 6 bis 8 und 11 bis 14 regenerieren zu können, sind Heizungen vorgesehen. Diese werden von Heizleitern 16 bis 18 gebildet. Die Heizleiter 16 für die Pumpflächen der ersten Stufe 4 befinden sich im Bereich des Bodens 7 des Strahlungsschirmes 6. Die Heizleiter 17 für die Pumpflächen der zweiten Stufe sind auf der äußeren Pumpfläche 12 aufgebracht. Zusätzlich besteht noch die Möglichkeit, auch die zweite Stufe 5 des Refrigerators 3 mit Heizleitern 18 auszurüsten (Figuren 2, 3, 5 und 7). Die Stromzuführungsleitungen für die Heizungen 16 bis 18 und auch die zu Temperaturfühlern 19, 20 führenden Leitungen sind in Figur 1 in nicht näher dargestellter Weise vakuumdicht durch den Strahlungsschirm 6 und durch einen Anschlußstutzen 21 am Gehäuse 2 herausgeführt. An dem Anschlußstutzen 21 ist eine Heizungsversorgung 22 befestigt, die von der Steuereinheit 23 gesteuert wird.

Die Ausführungsbeispiele nach den Figuren 1 bis 3 sind mit einer Vakuumisolierung ausgerüstet, bei der der Strahlungsschirm 6 miteinbezogen ist. Um den die Vakuumisolierung bewirkenden Zwischenraum 25 zwischen dem äußeren Gehäuse 2 und dem Strahlungsschirm 6 vom Pumpeninnenraum 9 abzutrennen, ist der Strahlungsschirm 6 vakuumdicht an der ersten Stufe des Refrigerators 3 befestigt. Weiterhin ist der obere Rand des Strahlungsschirms 6 über einen Faltenbalg 26 aus schlecht wärmeleitendem Material (z.B. Edelstahl) mit dem äußeren Gehäuse 2 verbunden. Bei den dargestellten Ausführungsbeispielen ist das äußere Gehäuse 2 mit einem Flansch 27 ausgerüstet. Der Faltenbalg 26 erstreckt sich zwischen dem Flansch 27 und der Befestigung des Strahlungsschirms 6. Seine Länge ist so gewählt, daß die vom äußeren Gehäuse 2 oder dem Flansch 27 über den Faltenbalg 26 auf den Strahlungsschirm 6 fließende Wärme vernachlässigbar ist.

Neben dem Anschlußstutzen 21 für die Durchführung der Heizleitungen sind die Ausführungsbeispiele mit weiteren bei einigen Figuren nicht dargestellten Anschlußstutzen 31, 32 ausgerüstet. Der Anschlußstutzen 31 mündet in den Zwischenraum 25. Der Anschlußstutzen 32 mündet in den Pumpeninnenraum 9. Bei den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 1 bis 3 ist er vakuumdicht durch den Zwischenraum 25 hindurchgeführt.

Beim schematisch dargestellten Ausführungsbeispiel nach Figur 1 ist die Kryopumpe 1 über das Ventil 33 an den Rezipienten 34 angeschlossen. Dieses Einlaßventil 33 und der Rezipient 34 sind nur in Figur 1 dargestellt. Zur Beobachtung und Messung des Druckes im Rezipienten 34 ist das Druckmeßgerät 35 vorgesehen. Auch an die Anschlußstutzen 31 und 32 sind Druckmeßgeräte 36 bzw. 37 angeschlossen.

Die Anschlußstutzen 31 und 32 stehen darüberhinaus über die Leitung 41 (Figuren 1 und 5) miteinander in Verbindung, die mit dem Ventil 42 ausgerüstet ist. Der Anschlußstutzen 32 ist darüberhinaus über die Leitung 43 mit dem Ventil 44 an den Einlaß der Vakuumpumpe 45 angeschlossen. Hierbei handelt es sich um eine

vorzugsweise ölfreie Vorvakuumpumpe, z.B. eine Membranvakuum-pumpe.

Um eine Pumpe der in Figur 1 dargestellten Art in Betrieb zu nehmen, werden zunächst der Pumpeninnenraum 9 und der Zwischenraum 25 bei geschlossenem Ventil 33 und geöffneten Ventilen 42, 44 mit Hilfe der Vakuumpumpe 45 evakuiert. Bei einem Druck von etwa 10^{-1} bis 10^{-2} mbar wird der Refrigerator 3 in Betrieb gesetzt, so daß die Pumpflächen kalt gefahren werden. Etwa gleichzeitig wird das Ventil 44 geschlossen. Während des Kaltfahrens und nach dem Erreichen der Betriebstemperatur binden die Pumpflächen der Kryopumpe die noch im Pumpeninnenraum 9 und im Zwischenraum 25 (Ventil 42 ist noch geöffnet) befindlichen Gase, so daß relativ schnell in diesen Räumen ein Druck von kleiner 10^{-5} mbar erreicht wird. Danach wird das Ventil 42 geschlossen, so daß der Zwischenraum 25 die Funktion einer äußerst wirksamen Vakuumisolierung hat.

Zweckmäßig ist es, das Ventil 42 als Regelventil auszubilden. Die Regelung erfolgt in Abhängigkeit von den Drücken im Zwischenraum 25, gemessen mit dem Meßgerät 36, und im Pumpeninnenraum 9, gemessen mit dem Meßgerät 37. Die Regelung erfolgt z.B. in der Weise, daß das Ventil 42 nur dann öffnet, wenn der Druck im Zwischenraum 25 auf etwa 10^{-3} ansteigt, und in Zeiträumen, in denen dieser Druck kleiner 10^{-3} mbar ist, geschlossen bleibt, so daß der Zwischenraum nachevakuiert wird. Dadurch ist sichergestellt, daß die Pumpe 1 stets selbst für die Aufrechterhalten des Isoliervakuums im Zwischenraum 25 sorgt.

Während des Kaltfahrens der Kryopumpe ist auch im Rezipienten 34 mit Hilfe einer Vorvakuumpumpe (z.B. der Vorvakuumpumpe 45) ein Vorvakuumdruck von etwa 10^{-1} mbar erzeugt worden. Bei kaltgefahr-ener Pumpe und nach dem Erreichen dieses Druckes im Rezipienten kann das Ventil 33 geöffnet und der gewünschte Pumpenbetrieb aufgenommen werden.

Bei den für Kryopumpen typischen Applikationen muß der Rezipient 34 immer wieder evakuiert werden, d.h. das Ventil 33 muß jeweils

geschlossen und wieder geöffnet werden. Diese Pumpzyklen können so oft wiederholt werden, bis die Pumpkapazität erreicht, d.h., bis die Pumpflächen regeneriert werden müssen. Dazu werden die zu regenerierenden Pumpflächen beheizt, und die sich lösenden Niederschläge über die Leitung 46 mit dem Regenerierventil 47 entfernt. Das Regenerierventil 47 ist mit einer Heizung 48 sowie mit einem Temperatursensor 49 ausgerüstet. Figur 1 zeigt, daß die Heizung 48 mit der Heizungsversorgung 22 verbunden ist. Das vom Temperatursensor gelieferte Signal wird der Steuereinrichtung 23 zugeführt. Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 1 erfolgt die Betätigung der Ventile 44 und 47 durch die Steuereinrichtung 23. Dazu werden der Steuereinrichtung 23 auch die von den Sensoren 19 und 20 an beiden Stufen 4, 5 des Refrigerators 3 gelieferten Signale zugeführt. Darüberhinaus ist zumindest das Druckmeßgerät 37, das den Druck im Pumpeninnenraum 9 anzeigt, mit der Steuereinrichtung 23 verbunden.

Bei den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 2 und 3 ist das Ventil 47 als Rückschlagventil ausgebildet. Es öffnet bei einem bestimmten Druck im Pumpeninnenraum 9. Führt das Regenerierventil 47 direkt in die Umgebung oder in eine weiterführende Leitung mit Umgebungsdruck, dann muß der Druck im Pumpeninnenraum 9 über dem Umgebungsdruck liegen, damit das Ventil 47 öffnet. Soll das Ventil 47 bereits bei einem unterhalb des Umgebungsdruckes liegenden Druck im Pumpeninnenraum 9 öffnen, dann muß in der weiterführenden Leitung ein geeignetes Gebläse 50 angeordnet sein (in Figur 2 gestrichelt eingezeichnet).

Wesentlich ist, daß auf den Strahlungsschirm 6 keine Wärme von außen fließen kann, auch nicht über die Wandung des Anschlußstutzens 32, der in den Pumpeninnenraum 9 mündet und deshalb bei den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 1, 2 und 3 vakuumdicht durch den Strahlungsschirm 6 hindurchgeführt werden muß. Eine zweckmäßige Ausführungsform der Ausbildung des Anschlußstutzens 32 ist in Figur 2 dargestellt. Der Anschlußstutzen 32 wird von zwei konzentrischen Rohrabschnitten 51, 52 gebildet. Das innere Rohr mündet in den Pumpeninnenraum und ist mit dem Strahlungsschirm 6 dicht verbunden, z.B. durch Schweißen. Im

Austrittsbereich ist das innere Rohr 51 mit dem äußeren Rohr 52 vakuumdicht verbunden, z.B. ebenfalls durch Schweißen. Das äußere Rohr 51 mündet in den Zwischenraum 25 und ist vakuumdicht mit dem äußeren Gehäuse 2 verbunden. Dadurch wird auch in dem Ringraum zwischen den beiden Rohren 51 und 52 das Isoliervakuum des Zwischenraumes 25 aufrechterhalten. Das innere Rohr 51 besteht aus schlecht wärmeleitendem Material, z.B. Edelstahl, und ist so lang gewählt, daß der Wärmeübergang von außen auf den Strahlungsschirm 6 vernachlässigbar ist.

Um bei verschiedenen Einbaulagen ein Abfließen des freiwerdenden Kondensats stets zu gewährleisten, sind Boden 7 und die seitliche Wandung des Strahlungsschirmes 6 gegenüber einer Horizontalen bzw. Vertikalen geneigt. Die Neigung ist jeweils so gewählt, daß die Mündung des Rohres 51 bei horizontaler und bei vertikaler Position der Pumpe stets die tiefste Stelle bildet. Während der Regeneration von den Pumpflächen der zweiten Stufe abtropfende Flüssigkeiten gelangen deshalb immer in das innere Rohr 51, an das sich die Abflußleitung 46 und - unabhängig davon - die zur Vorvakuumpumpe 45 führende Leitung 43 anschließen.

Figur 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Wärmeisolierung zwischen dem Strahlungsschirm 6 und nach außen geführten Anschlußstutzen (21, 32) durch Federbälge 53, 54 ausreichender Länge gebildet wird. Die Federbälge 53, 54 befinden sich innerhalb der Pumpe, so daß die jeweils außenliegende Abschnitte der Anschlußstutzen 21, 32 kurz gehalten werden können.

Zum Pumpeninnenraum 9 hin schließen sich an die Federbälge 53, 54 Rohrabschnitte 55, 56 an, die teilweise in den Pumpeninnenraum 9 hineinragen. Dadurch ist sichergestellt, daß während des Regenerierens der Pumpflächen der zweiten Stufe 5 in den flüssigen Zustand übergehende Niederschläge nicht in die Anschlußstutzen 21, 32 gelangen. Um eine schnelle Entfernung von flüssigen Gasen zu ermöglichen, ist die Abflußleitung 46 durch den Anschlußstutzen 32 hindurchgeführt. Diese mündet seitlich im Rohrstutzen 56, und zwar unmittelbar oberhalb des Bodens 7 des Strahlungsschirmes 6, und ist außerhalb der Kryopumpe 1 aus dem Anschlußstutzen 32

herausgeführt. Über die Leitung 46 können deshalb sich während der Regeneration der Pumpflächen der zweiten Stufe bildende und abtropfende Flüssigkeiten abströmen. Dadurch, daß sich die Heizung 16 im Bereich des Bodens des Strahlungsschirmes 6 befindet, können in noch gefrorenem Zustand ablösende Niederschläge schnell in den flüssigen Zustand überführt werden.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 3 ist noch die Unterseite des Bodens 7 des Strahlungsschirmes 6 mit Adsorptionsmaterial 58 belegt. Dieses Adsorptionsmaterial befindet sich also im Zwischenraum 25 und trägt zur Aufrechterhaltung des Isoliervakuum mit bei. Bei dieser Lösung besteht sogar (bei ausreichend dichter Ausbildung des Zwischenraumes 25) die Möglichkeit, auf die zeitweise Verbindung des Zwischenraumes 25 mit dem Innenraum 9 der Pumpe zu verzichten. Infolge des Vorhandenseins von Sorptionsmaterial auf Flächenbereichen, die bei laufendem Refrigerator 3 kalt sind, ist ein Isoliervakuum im Zwischenraum 25 während des Betriebs der Pumpe stets sichergestellt. Anstelle des Adsorptionsmaterials können auch Getterwerkstoffe vorgesehen sein.

Bei den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 3 und 4 mündet die Abblötleitung 46 in einen Flansch 61, der das als Rückschlagventil ausgebildete Regenerierventil 47 gemeinsam mit einem äußeren Rohrabschnitt 62 trägt. Der Flansch 61 ist auf beiden Seiten mit Rohrstutzen 63, 64 ausgerüstet (Figur 4), welche jeweils mit einem Gewinde 65 bzw. 66 versehen sind. Mit Hilfe des Gewindes 65 ist der Flansch 61 mit der Abblötleitung 46 verbunden. Auf das Gewinde 66 ist das im wesentlichen zylindrische Ventilgehäuse 67 aufgeschraubt. Die freie Stirnseite des Ventilkörpers 67 bildet den Ventilsitz 68, dem ein Ventilteller 69 und ein Dichtungsring 71 zugeordnet sind. In der stirnseitigen Öffnung des Ventilgehäuses 67 ist eine zentrale Hülse 72 gehalten, in der ein zentraler Stift 73 des Ventiltellers 69 geführt ist. Zwischen der Hülse 72 und einem Sprengring 74 am Stift 73 befindet sich eine Druckfeder 75, die die notwendige Schließkraft erzeugt. Übersteigt der Druck im Pumpeninnenraum 9 den auf dem Ventilteller 69 lastenden Druck sowie die Schließkraft der Feder 75, nimmt das Ventil 47 seine Offenstellung ein.

Das Ventilgehäuse 67 trägt auf seiner Außenseite die Heizung 48 sowie den Temperatursensor 49, vorzugsweise ein PT 100. Versorgungs- und Signalleitungen 76 sind gemeinsam durch eine im übrigen abgedichtete Öffnung 77 im Flansch 61 herausgeführt. Im Inneren des Ventilgehäuses befindet sich ein von den abzuführenden Niederschlägen durchströmtes Filter 78, damit Verunreinigungen vom Ventilsitz 68 ferngehalten werden können. Bei einer anderen Ausführungsform kann das Filter 78 auch an einer anderen Stelle der Ablaßleitung angeordnet sein. Der äußere Rohrabschnitt 62 ist mit Hilfe einer Klammer am Flansch 61 befestigt. An seine freie Stirnseite 79 können weitere Abführungsleitungen angeschlossen werden.

Die Ausführungsbeispiele nach den Figuren 5 bis 7 sind mit einer Vakuumisolierung 25 ausgerüstet, die unabhängig vom Strahlungsschirm 6 ist. Das Pumpengehäuse 2 ist doppelwandig ausgebildet. Einer relativ stabilen Außenwandung 81 steht eine möglichst dünne Innenwandung 82 gegenüber. Eine dünne, vorzugsweise aus Edelstahl bestehende Innenwandung 82 hat den Vorteil einer sehr kleinen Wärmeleitfähigkeit sowie kleinen Wärmekapazität. Während des Regenerierens der Pumpflächen, also bei einem hohen Druck im Pumpeninnenraum 9, bleibt die Innenwandung 82 kalt, so daß ein Wärmefluß vom Pumpengehäuse 2 auf den Strahlungsschirm 6 vernachlässigbar ist. Die gewünschte Wirkung kann noch dadurch unterstützt werden, daß die Innenwandung 82 auf ihrer dem Pumpeninnenraum 9 zugewandten Seite - zumindest teilweise - geschwärzt oder mit dem Strahlungsschirm 6 lokal thermisch verbunden ist.

Bei einer sehr dünnen Innenwandung 82 (beispielsweise ein Edelstahlblech mit einer Dicke von 0,5 mm und weniger) muß sichergestellt sein, daß der Druck im Isoliervakuum nicht wesentlich höher sein darf als im Pumpeninnenraum 9 und vorzugsweise im mbar-Bereich bleibt. Es ist deshalb zweckmäßig, wenn das Isoliervakuum 25 über die Leitung 41 mit dem Pumpeninnenraum 9 verbindbar ist. Ist das in der Leitung 41 befindliche Ventil 42 als geregeltes Ventil oder als Rückschlagventil ausgebildet, das seine Offenstellung einnimmt, wenn der Druck im Isoliervakuum beispielsweise um etwa 100 mbar höher ist als im Pumpeninnenraum

9, also die Verbindung zwischen dem Isoliervakuum 25 und dem Pumpeninnenraum 9 herstellt, wenn der Druck im Pumpeninnenraum 9 unter den Druck des Isoliervakuums 25 absinkt, dann ist ein zu hoher Druck des Isoliervakuums, welcher zu einer Deformierung der Innenwandung 82 führen könnte, vermieden. Die Evakuierung des Zwischenraumes 25 erfolgt über einen separaten Pumpstutzen 80, der mit einem Verschlußventil ausgerüstet ist.

Auch bei der Lösung nach den Figuren 5 bis 7 ist es vorteilhaft, wenn sich innerhalb des Isoliervakuums 25 ein Adsorptionsmaterial oder ein Getterwerkstoff 83 befindet (vgl. Fig. 6). Es dient der Aufrechterhaltung des Isoliervakuums, selbst wenn eine Verbindungsleitung 41 mit dem Ventil 42 nicht vorhanden ist. Die Wirkung von Adsorptionsmaterial 83 kann durch Abkühlung verstärkt werden. Dazu ist eine Kältebrücke 84 vorgesehen, die aus einer gut wärmeleitenden Litze besteht und die erste Stufe 4 des Refrigerators 3 mit dem Bereich der Innenwandung 82 verbindet, in dem sich das Adsorptionsmaterial 83 befindet. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Strahlungsschirm 6 auf seiner Außenseite - zumindest teilweise - zu schwärzen.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 7 haben die Pumpflächen 11 eine rotationssymmetrische Form. Unterhalb der Pumpflächen befindet sich eine kreisförmige Rinne 85. Die sich insbesondere von der Pumpfläche 12 flüssig oder in Eisform ablösenden Niederschläge gelangen in die Rinne 85, welche zur Beschleunigung des Auftauens der in Eisform sich ablösenden Niederschläge beheizt sein kann. Über die am tiefsten Punkt der Rinne 85 angeschlossene Abflußleitung 46 werden die Niederschläge in der weiter oben beschriebenen Weise entfernt.

PATENTANSPRÜCHE

1. Mit einem Refrigerator (3) betriebene Kryopumpe (1) mit einem Gehäuse (2), mit einem Einlaßventil (33), mit heizbaren Pumpflächen (11) sowie mit einer an den Pumpeninnenraum (9) angeschlossenen Vorvakuumpumpe (45), dadurch gekennzeichnet, daß sie mit einer mit einem Regenerierventil (47) versehenen Leitung (46) für die zu entfernenden Niederschläge ausgerüstet ist.
2. Kryopumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Regenerierventil (47) Bestandteil der Ablaßleitung (46) ist, in der sich - dem Regenerierventil nachgeordnet - eine Fördereinrichtung (50) befindet.
3. Kryopumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Eintrittsöffnung der Abgasleitung (46) im unteren Bereich des Strahlungsschirmes (6) befindet.
4. Kryopumpe nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Boden (7) und/oder die Wandung des Strahlungsschirmes (6) derart geneigt sind, daß sich die Eintrittsöffnung der Abgasleitung (47) jeweils an der tiefsten Stelle des Strahlungsschirmes (6) anschließt.

5. Kryopumpe nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich im Bodenbereich des Strahlungsschirmes (6) eine Heizung (16) befindet.
6. Kryopumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich unterhalb der Pumpflächen (11) der zweiten Stufe (5) - falls erforderlich beheizte - Trichter oder Rinnen (85) befinden, deren Abflüsse in die Abableitung (46) münden.
7. Kryopumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Regenerierventil (47) als Rückschlagventil ausgebildet ist.
8. Kryopumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Regenerierventil (47) mit einer Heizung (48) ausgerüstet ist.
9. Kryopumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Regenerierventil (47) mit einem Temperatursensor (49) ausgerüstet ist.
10. Kryopumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß den Dichtflächen (68, 71) des Regenerierventils (47) - in Strömungsrichtung gesehen - ein Filter (78) vorgelagert ist.
11. Kryopumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Regenerierventil (47) ein im wesentlichen zylindrisches Ventilgehäuse (67) aufweist, dessen eine Stirnseite den Ventilsitz (68) bildet, und daß ein Ventilteller (69) vorgesehen ist, der über einem zentralen Stift (73) in einer zentral in der stirnseitigen Öffnung des Ventilgehäuses (67) gehaltenen Hülse (72) geführt ist.
12. Kryopumpe nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventilgehäuse (67) gemeinsam mit einem Rohrabschnitt (62) an

einem Flansch (61) befestigt ist, in den die Ablaßleitung (46) mündet.

13. Kryopumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Regenerationsventil (47) ein aktiv von Sensoren gesteuertes Ventil ist.
14. Kryopumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß sie mit Mitteln (25, 81, 82) ausgerüstet ist, die eine über Gas im Pumpeninneren (9) stattfindende Wärmübertragung vom Pumpengehäuse (2) auf die Pumpflächen (6, 8) verhindern.
15. Kryopumpe nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen dem äußeren Gehäuse (2) und dem Strahlungsschirm (6, 7) ein schlecht wärmeleitender Werkstoff befindet.
16. Kryopumpe nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß ihr äußeres Gehäuse (2) zumindest abschnittsweise doppelwandig (Wandungen 81, 82) ausgebildet ist und einen abgeschlossenen evakuierbaren Zwischenraum (25) bildet.
17. Kryopumpe nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die innere Wandung (82) aus Edelstahl besteht.
18. Kryopumpe nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Innenwandung (82) kleiner ist als 1 mm, vorzugsweise 0,5 mm.
19. Kryopumpe (1) nach Anspruch 14 mit einem äußeren Gehäuse (2), mit mehrstufiger Kältequelle (3) und mit einem mit der ersten Stufe (5) der Kältequelle (3) in wärmeleitender Verbindung stehendem Strahlungsschirm (6), bei welcher der Strahlungsschirm
 - mit äußeren Gehäuse (2) einen Zwischenraum (25) bildet,
 - mit der ersten Stufe (4) der Kältequelle (3) in wärmeleitender Verbindung steht und

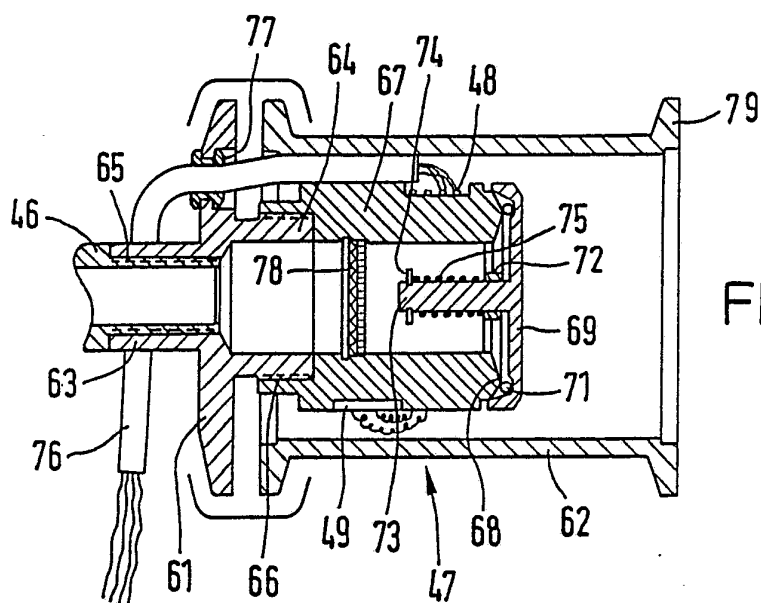
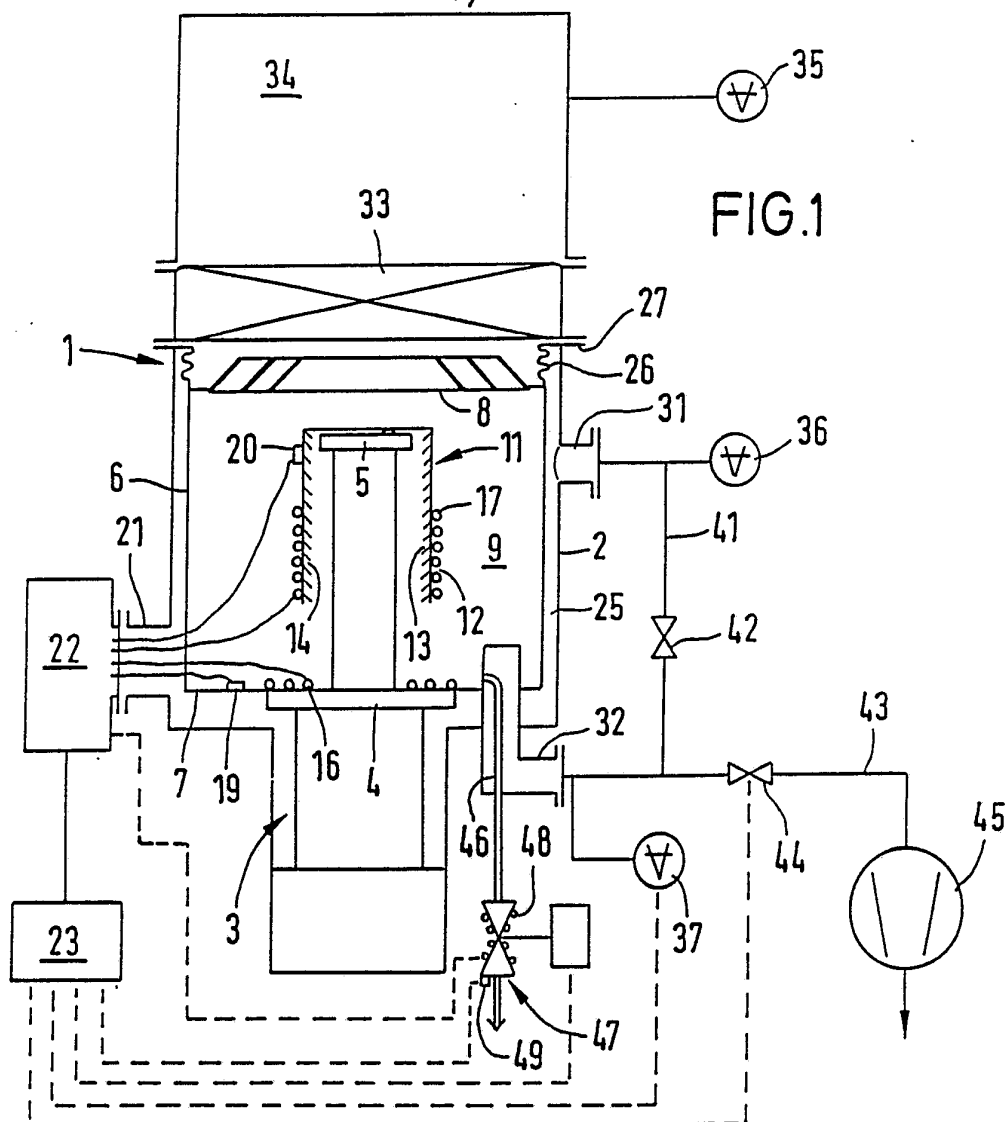
- einen Innenraum (Pumpenraum 9) bildet, in dem sich Tieftemperatur-Pumpflächen (12, 13) befinden, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenraum (25) ein vakuumdicht ausgebildeter Raum ist.
20. Kryopumpe nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlungsschirm (6) vakuumdicht mit der ersten Stufe (4) des Refrigerators (3) verbunden ist und daß der obere Rand des Strahlungsschirms (6) mit dem äußeren Gehäuse (2) oder mit einem am äußeren Gehäuse (2) vorgesehenen Eintrittsflansch (27) über ein schlechtwärmeleitendes, vakuumdichtes, thermische Bewegungen ausgleichendes Bauteil, vorzugsweise ein Faltenbalg (26) in Verbindung steht.
21. Kryopumpe nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß sie mit Anschlußstutzen (31, 32) ausgerüstet ist, von denen der eine in den Zwischenraum (25) und der andere in den Pumpeninnenraum (9) mündet, und daß die Anschlußstutzen über ein Ventil (42) miteinander verbunden sind.
22. Kryopumpe nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil (42) als Regelventil oder als Rückschlagventil ausgebildet ist.
23. Kryopumpe nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung zwischen dem Innenraum (9) und dem Zwischenraum (25) bei einem Druck p im Innenraum von etwa 10^{-3} mbar und kleiner offen und bei einem Druck p größer 10^{-3} mbar geschlossen ist.
24. Kryopumpe nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil (42) seine Offenstellung einnimmt, wenn der Druck im Isoliervakuum (25) um etwa 100 mbar höher ist als im Pumpeninnenraum (9).
25. Kryopumpe nach einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß durch das Isoliervakuum (25)

- hindurchgeführte Anschlußstutzen (21 und/oder 32) als Doppelrohr (51, 52) ausgeführt sind.
26. Kryopumpe nach einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß durch das Isoliervakuum (25) hindurchgeführte Anschlußstutzen (21 und/oder 32) mit im Isoliervakuum (25) angeordneten Federbälgen (53, 54) aus schlecht wärmeleitendem Werkstoff, vorzugsweise Edelstahl, ausgerüstet sind.
27. Kryopumpe nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß durch den Bodenbereich (7) des Strahlungsschirmes (6) hindurchgeführte Anschlußstutzen (21 und/oder 32) mit einem in den Pumpeninnenraum (9) hineinragenden Rand (55, 56) ausgerüstet sind.
28. Kryopumpe nach Anspruch 25, 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Abflußleitung (46) durch einen Anschlußstutzen (21, 32) hindurchgeführt ist.
29. Kryopumpe nach einem der Ansprüche 16 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenraum (25) ein vakuumdicht ausgebildeter Raum ist, in dem sich Getter oder auf kühlbare Flächenbereiche aufgebracht Sorptionsmaterial (58, 83) befinden.
30. Kryopumpe nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß bei doppelwandig ausgebildetem Gehäuse (2) ein dem Isoliervakuum (25) zugewandter Bereich der inneren Wandung (82) das Sorptionsmaterial (83) trägt und daß die dem Pumpeninnenraum (9) zugewandte Seite dieses Bereiches über eine Kältebrücke (84) mit der ersten Stufe (4) des Refrigerators (3) in Verbindung steht.
31. Kryopumpe nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Isoliervakuum (25), bei dem der Strahlungsschirm (6) die innere Wandung bildet, auf der Außenseite des

Strahlungsschirmes (6), vorzugsweise im Bereich seines Bodens (7), das Sorptionsmaterial (58) vorgesehen ist.

32. Kryopumpe nach einem der Ansprüche 16 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenseite des Strahlungsschirmes (6) zumindest teilweise geschwärzt ist.

-1/3-



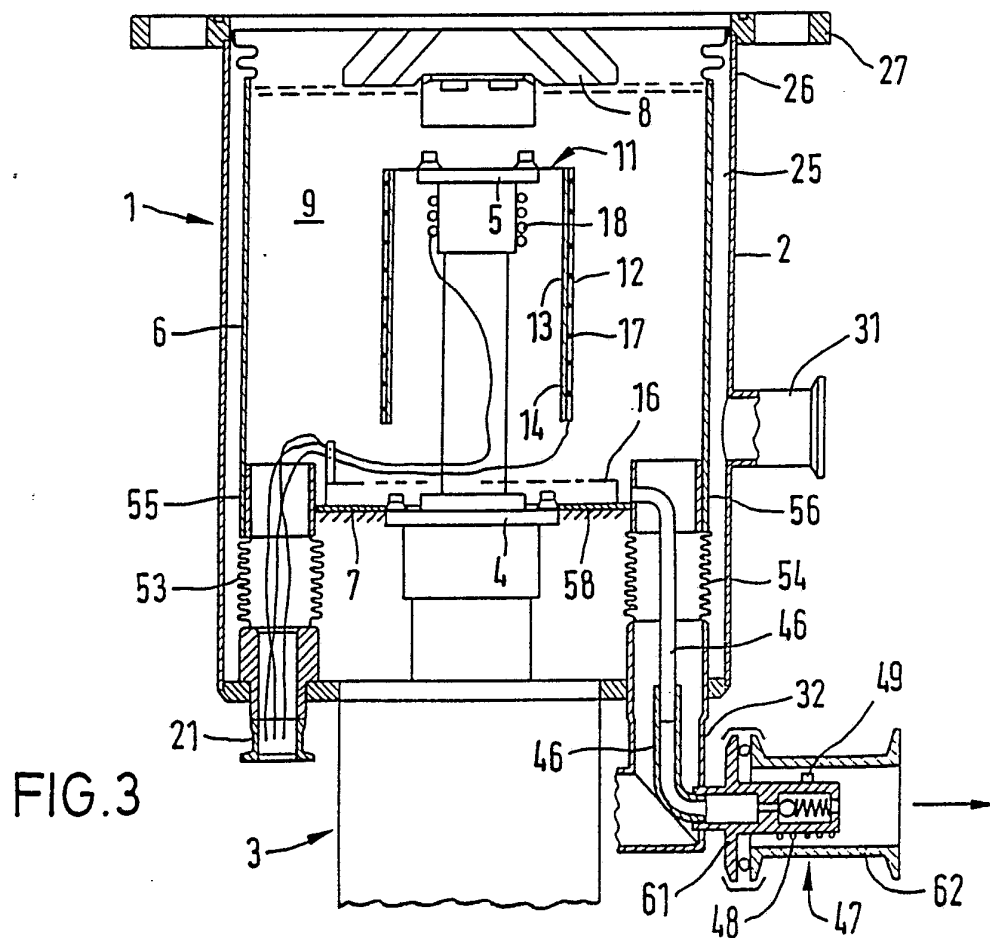
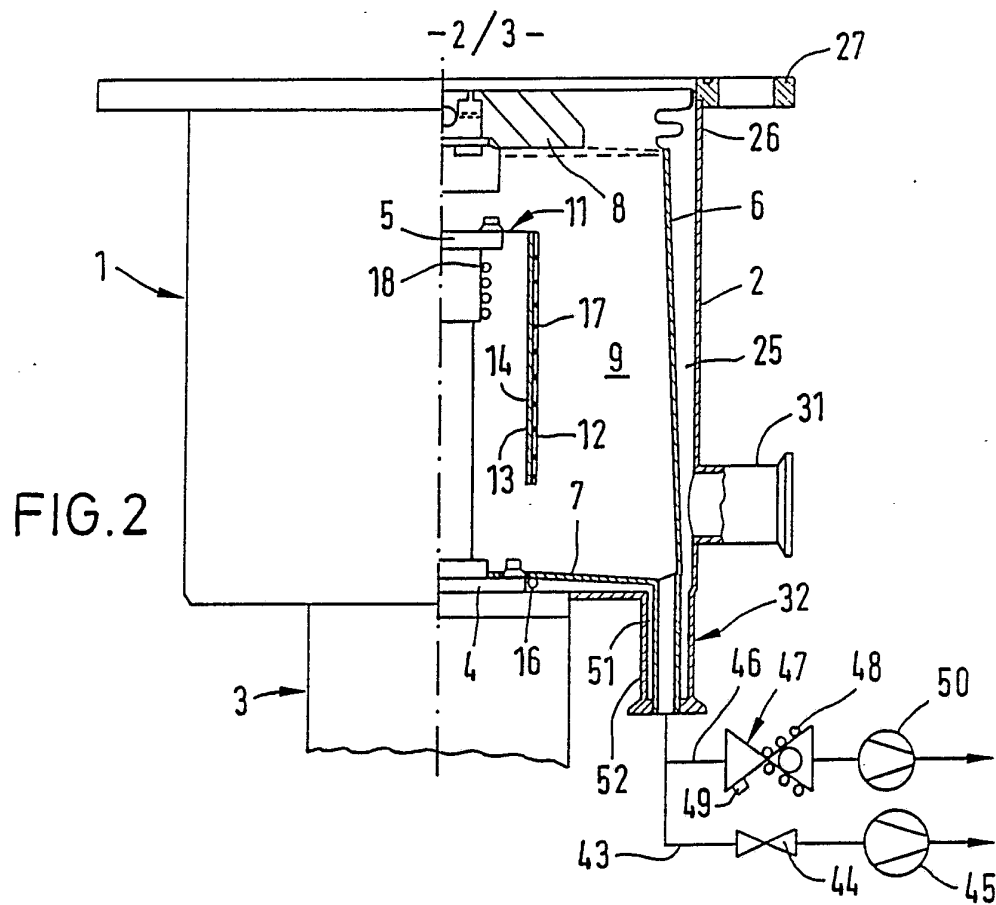


FIG. 5

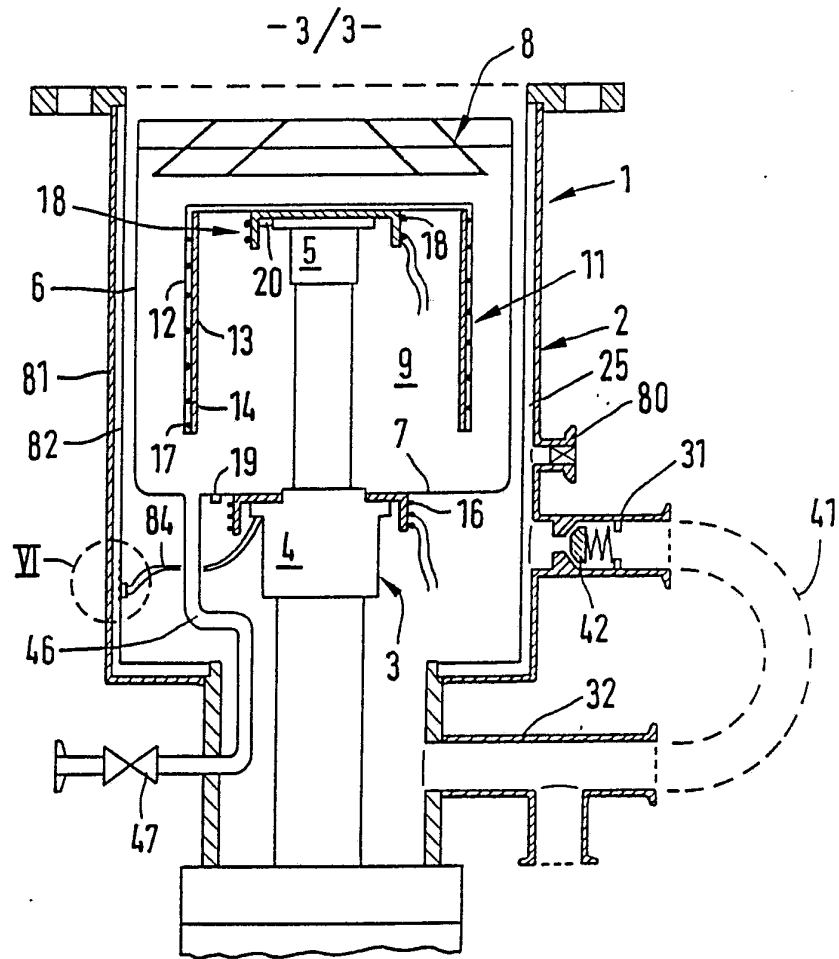


FIG. 6

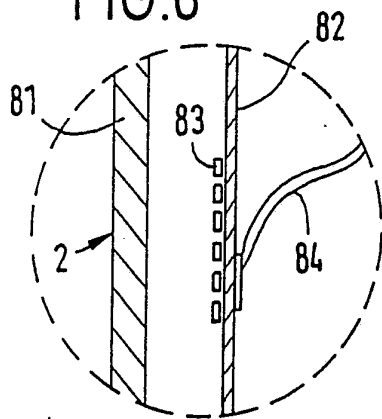
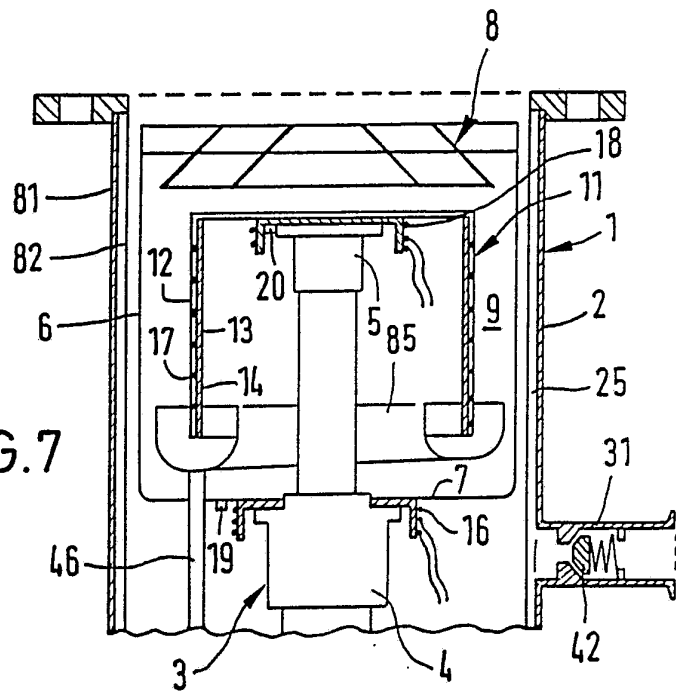


FIG. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP 92/00865

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁵ F04B37/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁵ F04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E,X	WO,A,9 208 894 (LEYBOLD AG.) 29 May 1992 see the whole document	1-32
X	DE,U,8 804 218 (LEYBOLD AG.) 11 May 1988 see page 7, paragraph 1; figure	1
X	DE,A,1 937 821 (L'AIR LIQUIDE) 12 February 1970 see page 8, paragraph 1 - page 10, paragraph 2; figures	1-4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Vol. 9, No. 231 (M-414)(1954) 18 September 1985 & JP,60 088 881 (TOKUDA SEISAKUSHO K.K.) 18 May 1986 see abstract	1-4,6
A	CH,A,652 804 (BALZERS AG.) 29 November 1985 see page 4, right-hand column, line 30 - line 41; figure 1	16,17,29

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
4 September 1992 (04.09.92)

Date of mailing of the international search report
14 September 1992 (14.09.92)

Name and mailing address of the ISA/
EUROPEAN PATENT OFFICE

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP 92/00865

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB,A,1 170 824 (500 INC.) 19 November 1969 see page 3, line 53 - page 4, line 79; figures 1-3	1,15,19, 31
A	US,A,4 697 617 (BOURKE) 6 October 1987 see column 2, line 54 - column 3, line 57; figures	7,10-12
A	EP,A,0 250 613 (LEYBOLD AG.) 7 January 1988 see the whole document	1,5

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. EP 9200865
SA 59022**

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 04/09/92

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9208894	29-05-92	None	
DE-U-8804218	11-05-88	None	
DE-A-1937821	12-02-70	BE-A- 736646	28-01-70
		CH-A- 512675	15-09-71
		FR-A- 1584067	12-12-69
		GB-A- 1216448	23-12-70
		LU-A- 59124	25-11-69
		NL-A- 6911437	03-02-70
		SE-B- 353944	19-02-73
		US-A- 3579997	25-05-71
CH-A-652804	29-11-85	None	
GB-A-1170824	19-11-69	DE-A- 1628440	19-08-71
		US-A- 3485054	23-12-69
US-A-4697617	06-10-87	US-A- 4834136	30-05-89
EP-A-0250613	07-01-88	US-A- 4757689	19-07-88

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben)⁶

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC
Int.Kl. 5 F04B37/08

II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETERecherchierter Mindestprüfstoff ⁷

Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
Int.Kl. 5	F04B

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸

III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN ⁹

Art. ⁹	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
E,X	WO,A,9 208 894 (LEYBOLD AG.) 29. Mai 1992 siehe das ganze Dokument ---	1-32
X	DE,U,8 804 218 (LEYBOLD AG.) 11. Mai 1988 siehe Seite 7, Absatz 1; Abbildung ---	1
X	DE,A,1 937 821 (L'AIR LIQUIDE) 12. Februar 1970 siehe Seite 8, Absatz 1 - Seite 10, Absatz 2; Abbildungen ---	1-4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 231 (M-414)(1954) 18. September 1985 & JP,60 088 881 (TOKUDA SEISAKUSHO K.K.) 18. Mai 1986 siehe Zusammenfassung ---	1-4,6
A	CH,A,652 804 (BALZERS AG.) 29. November 1985 siehe Seite 4, rechte Spalte, Zeile 30 - Zeile 41; Abbildung 1	16,17,29

⁹ Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen ¹⁰ ---

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "T" ~~Spätere~~ Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

IV. BESCHEINIGUNG

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
04. SEPTEMBER 1992	14. 09. 92
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten
EUROPAISCHES PATENTAMT	VON ARX H.P.

III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art °	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	GB,A,1 170 824 (500 INC.) 19. November 1969 siehe Seite 3, Zeile 53 - Seite 4, Zeile 79; Abbildungen 1-3 ---	1,15,19, 31
A	US,A,4 697 617 (BOURKE) 6. Oktober 1987 siehe Spalte 2, Zeile 54 - Spalte 3, Zeile 57; Abbildungen ---	7,10-12
A	EP,A,0 250 613 (LEYBOLD AG.) 7. Januar 1988 siehe das ganze Dokument ---	1,5

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 9200865
SA 59022

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

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

04/09/92

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO-A-9208894	29-05-92	Keine	
DE-U-8804218	11-05-88	Keine	
DE-A-1937821	12-02-70	BE-A- 736646	28-01-70
		CH-A- 512675	15-09-71
		FR-A- 1584067	12-12-69
		GB-A- 1216448	23-12-70
		LU-A- 59124	25-11-69
		NL-A- 6911437	03-02-70
		SE-B- 353944	19-02-73
		US-A- 3579997	25-05-71
CH-A-652804	29-11-85	Keine	
GB-A-1170824	19-11-69	DE-A- 1628440	19-08-71
		US-A- 3485054	23-12-69
US-A-4697617	06-10-87	US-A- 4834136	30-05-89
EP-A-0250613	07-01-88	US-A- 4757689	19-07-88

EPO FORM P0473