



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 697 27 219 T2 2004.12.02

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 902 870 B1

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: F25C 5/02

(21) Deutsches Aktenzeichen: 697 27 219.2

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US97/10070

(96) Europäisches Aktenzeichen: 97 929 910.4

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 97/46838

(86) PCT-Anmeldetag: 05.06.1997

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 11.12.1997

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 24.03.1999

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 14.01.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 02.12.2004

(30) Unionspriorität:

660905 07.06.1996 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,  
LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:

Universal Ice Blast Inc., Kirkland, Wash., US

(72) Erfinder:

Visaisouk, Sam, Mercer Island, US

(74) Vertreter:

Sonnenschein & Porada, 47249 Duisburg

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM SCHLEUDERSTRAHLEN MIT EIS

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung****Technisches Gebiet**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Produktion eines Eispartikelstroms.

**Allgemeiner Stand der Technik**

**[0002]** In den letzten Jahren hat das Interesse an der Verwendung von Verfahren zum Schleuderstrahlen mit Eis zur Oberflächenbehandlung zugenommen. Für bestimmte Anwendungen liefert Schleuderstrahlen mit Eis beträchtliche Vorteile gegenüber chemischer Oberflächenbehandlung, Strahlen mit Sand oder anderen abrasiven Materialien, Nassstrahlen und Strahlen mit Dampf oder Trockeneis. Das Verfahren kann zur Entfernung von losen Materialien, Zacken und Grat von Produktionsmetallkomponenten, wie zum Beispiel Übertragungskanalplatten, nach der maschinellen Bearbeitung, und sogar weicherer Materialien, wie zum Beispiel organischer Polymermaterialien, einschließlich Kunststoff- und Kautschukkomponenten, verwendet werden. Da Wasser sowohl in gefrorener als auch in flüssiger Form für die Umwelt unbedenklich und auch kostengünstig ist, stellt Schleuderstrahlen mit Eis hinsichtlich der Abfallsorgung kein Problem da. Des Weiteren kann das Verfahren zur Reinigung von Oberflächen, Entfernung von Farbe oder Strippen von Verunreinigungen von einer Oberfläche ohne Verwendung von Chemikalien, abrasiven Materialien, hohen Temperaturen oder Dampf verwendet werden.

**[0003]** Aufgrund dieser offensichtlichen Vorteile hat Schleuderstrahlen mit Eis ein großes kommerzielles Interesse erweckt, das zur Entwicklung der verschiedensten Technologien führt, die zur Lieferung eines Eispartikel enthaltenden Hochdrucksprays zur Durchführung bestimmter Oberflächenbehandlungs-Prozeduren führen. Einige dieser Technologien werden zum Beispiel in den US-Patenten Nr. 2,699,403; 4,389,820; 4,617,084; 4,703,590; 4,744,181; 4,965,968; 5,203,794 und 5,367,838 gezeigt. Insbesondere Schrift Nr. -A-9 416 861 zeigt ein Verfahren zur kontinuierlichen Produktion eines Eispartikelstroms, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

- (a) kontinuierliches Gefrieren von Wasser auf einer gekrümmten Oberfläche in eine dünne, gekrümmte Eisschicht;
- (b) kontinuierliches Zerstückeln der gekrümmten Eisschicht, um Eispartikel zu bilden;
- (c) kontinuierliches Abtrennen zerstückelter Eispartikel von der gekrümmten Oberfläche, indem die Eispartikel kontinuierlich veranlasst werden, während sie gebildet werden, direkt in einen Luftstrom mit ausreichender Geschwindigkeit einzufließen, um die Partikel zu fluidisieren;
- (d) Aufrechterhalten der Eispartikel in einem fluidi-

sierten Zustand; und

- (e) kontinuierliches Ausstoßen der fluidisierten Eispartikel unter kontrollierter Geschwindigkeit aus einer Düse.

**[0004]** Trotz aller der Ausrüstung für Schleuderstrahlen mit Eis gewidmeten Anstrengung weist die derzeit verwendete Ausrüstung noch immer große Nachteile auf, die zu Jobunterbrechungen und Stillstandzeit für die Ausrüstungswartung führen. Dies ist besonders bei Verwendung von Schleuderstrahlen mit Eis in einer kontinuierlichen automatisierten Produktionsstraße zur Oberflächenbehandlung maschinell bearbeiteter Teile von Nachteil.

**[0005]** Im Allgemeinen werden bei der Ausrüstung nach dem Stand der Technik die Eispartikel mechanisch dimensioniert, ein Vorgang, der zu einem teilweise Tauen von Eispartikeln führen kann, so dass sie aneinander haften und so größere Partikel bilden. Infolgedessen gibt es nicht nur die verschiedensten Größen von erzeugten Eispartikeln und die verschiedenen Geschwindigkeiten, mit der diese Partikel aus einer Düse auf die zu behandelnde Oberfläche ausgestoßen werden, sondern es kommt auch häufig zu Blockierungen, die eine Ausrüstungsstillstandzeit zur Säuberung des blockierten Bereichs erfordern. Darüber hinaus werden die Eispartikel in der zur Verfügung stehenden Ausrüstung in Lagerungstrichter aufbewahrt, wo sie sich physikalisch in Ruhe befinden, während sie miteinander in Kontakt sind. Dies führt dazu, dass die Eispartikel aneinander haften und so größere Eisblöcke bilden, die letztendlich aufgrund einer ungenügenden Zuführung von Eispartikeln zur Strahldüse zu Blockierungen mit daraus resultierendem Anhalten des Schleuderstrahlens mit Eis führen. Bei anderen Ausrüstungen strömen die Eispartikel entlang einem Weg mit sich abrupt ändernder Strömungsquerschnittsfläche. Dies verursacht häufig die Ansammlung feiner Eispartikel in bestimmten Niederdruckbereichen. Diese Ansammlung führt letztendlich zu einer Blockierung in der Vorrichtung, wodurch verursacht wird, dass das Schleuderstrahlen mit Eis zu einem nicht planmäßigen Stopp kommt.

**[0006]** Deshalb besteht Bedarf an einer Vorrichtung und einem Verfahren zum Schleuderstrahlen mit Eis, das unter minimaler Gefahr nicht planmäßiger Stopps aufgrund von in der Vorrichtung entstehenden Eisblockierungen kontinuierlich durchgeführt werden kann. Solch eine Vorrichtung und solch ein Verfahren zu ihrem Betrieb gestattet effizienteres Schleuderstrahlen mit Eis, wodurch durch unplanmäßige Stillstände entstehende Arbeitskosten und durch das Säubern der Ausrüstung von Blockierungen entstehende Arbeitskosten reduziert werden und eine leichtere Integration des Schleuderstrahlens mit Eis in eine automatisierte Produktionsstraße gestattet wird.

## Kurze Darstellung der Erfindung

**[0007]** Die Erfindung stellt ein Verfahren zur kontinuierlichen Produktion eines Eispartikelstroms bereit, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

- (a) kontinuierliches Gefrieren von Wasser auf einer gekrümmten Oberfläche in eine dünne, gekrümmte Eisschicht, wobei eine Krümmung der gekrümmten Schicht und ein Temperaturgradient durch die gekrümmte Schicht Spannungsrisse hervorrufen, wodurch die gekrümmte Schicht prädisponiert ist, in Partikel zerstückelt zu werden;
- (b) kontinuierliches Zerstückeln der gekrümmten Eisschicht, um Eispartikel zu bilden;
- (c) kontinuierliches Abtrennen zerstückelter Eispartikel von der gekrümmten Oberfläche, indem die Eispartikel kontinuierlich veranlasst werden, während sie gebildet werden, direkt in einen Luftstrom mit ausreichender Geschwindigkeit einzufließen, um die Partikel zu fluidisieren;
- (d) Aufrechterhalten der Eispartikel in einem fluidisierten Zustand; und
- (e) kontinuierliches Ausstoßen der fluidisierten Eispartikel unter kontrollierter Geschwindigkeit aus einer Düse.

**[0008]** Im Allgemeinen kann die Erfindung unter Verwendung einer Eiserzeugungsvorrichtung durchgeführt werden, die eine gekrümmte, gekühlte Oberfläche aufweist, auf der eine dünne Eisschicht gebildet wird, die dann zu Eispartikeln zerstückelt wird, welche fluidisiert und in einer Luftströmungsleitung befördert werden, um auf die zu behandelnde Oberfläche aufzutreffen. Die Leitung ist vorzugsweise glatt und weist eine im Wesentlichen gleichmäßige Strömungsquerschnittsfläche auf, um eine Agglomeration von Eisteilchen und eine sich draus ergebende Verstopfung der Vorrichtung auf ein Minimum zu reduzieren.

**[0009]** Die Vorrichtung enthält eine gekühlte Einrichtung mit einer gekrümmten Oberfläche, wie zum Beispiel eine zylindrische Trommel, die vorzugsweise drehbar angebracht ist, wobei die Außenflächen zur Bildung einer dünnen Eisschicht ausgeführt sind. Bei einer Ausführungsform ist die Trommel horizontal in einem Wasserbecken montiert. Da sich die auf eine Oberflächentemperatur von mindestens 0°C gekühlte Trommel in dem Becken dreht, bildet sich auf den zylindrischen Außenflächen der Trommel eine dünne, gekrümmte Eisschicht. Ein Eisbrechwerkzeug, wie zum Beispiel ein Schabermesser, ist in der Nähe der mit Eis beschichteten Fläche der Trommel angebracht und erstreckt sich entlang der Länge der Trommel. Das Messer ist zum Auffangen einer Vorderkante der Eisschicht und ihrer Zerstückelung zu Eispartikeln beim Drehen der Trommel ausgerichtet. Ein Eisaufnahmerohr befindet sich neben der Länge des Schabermessers und erstreckt daran entlang und ist so ausgerichtet, dass ein Längsschlitz im

Rohr die gebildeten Eispartikel aufnehmen kann. Ein Ende des Rohrs ist mit einem Kaltluftversorgungsschlauch und das andere Ende mit einem Eiszufuhrschlauch verbunden, der den Innenraum des Rohrs mit Saugwirkung beaufschlagt. Der Zufuhrschauch endet in einer Eisschleuderstrahldüse. Wenn Eispartikel in das Eisaufnahmerohr eintreten, werden die Partikel durch einen kontinuierlichen Kaltluftstrom in den Zufuhrschauch und somit in die Eisschleuderstrahldüse befördert. Die Strömungsleitung der Eispartikel (Rohr und Schläuche) weist eine im Wesentlichen glatte Innenfläche (das heißt, die keine Hindernisse und Oberflächenunregelmäßigkeiten aufweist) und eine im Wesentlichen gleiche Strömungsquerschnittsfläche auf, wodurch Niedergeschwindigkeitsstellen, an denen sich Eispartikel absetzen und anammeln und Blockierungen verursachen können, vermieden werden.

**[0010]** Die gekühlte Trommel wird mit Wasser besprührt, um die dünne Eisschicht zu bilden. Die Trommel kann, wie bevorzugt, horizontal angeordnet sein, um eine gleichmäßige Eisschicht zu bilden, oder sie kann in einem Winkel geneigt sein. Bei einer solchen Ausführungsform der Erfindung ist die gekühlte Trommel vertikal ausgerichtet, und Wasser wird auf die Trommel gesprüht, um eine dünne, gekrümmte Eisschicht zu bilden. Wie oben erläutert, erstreckt sich ein Schabermesser entlang der Länge der Trommel, um Eispartikel von der Schicht in ein benachbartes sich dran entlang erstreckendes Aufnahmerohr zu zerstückeln.

**[0011]** Die gekühlte zylindrische Fläche ist die Innenfläche eines Rings. Mindestens eine Sprühdüse ist zum Leiten von Wasser auf die zylindrischen Wände des Rings zwecks Bildung einer dünnen Eisschicht angebracht. Wie zuvor, wird ein sich entlang der Länge der zylindrischen Wand erstreckendes Schabermesser dazu verwendet, Eispartikel mit einer engen Größenverteilung von der Eisschicht in einen Schlitz in einem Eisaufnahmerohr zu zerstückeln, das sich neben dem Messer und daran entlang erstreckt.

**[0012]** Die gesamte Vorrichtung zur Erzeugung von Eispartikeln ist in einem Druckbehälter eingeschlossen. Der Behälter kann auf einem Druck in einem Bereich von ca. 20 bis ca. 150 psig gehalten werden. Darüber hinaus wird bei dieser Ausführungsform der Vorrichtung druckbeaufschlagte Luft oder ein anderes druckbeaufschlagtes Gas zugeführt, die bzw. das die Eispartikel zu einer oder mehreren Düsen zum Schleuderstrahlen auf eine Oberfläche zuführt.

**[0013]** Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren werden Eispartikel durch Gefrieren von Wasser zu einer dünnen, gekrümmten Eisschicht hergestellt. Diese dünne, gekrümmte Eisschicht, die aufgrund der Krümmung bereits Spannungen ausgesetzt ist, lässt

sich relativ leicht zu Eispartikel zerstückeln, deren Größe von der Dicke der Eisschicht und dem Krümmungsradius abhängt. Diese Eispartikel werden durch Saugdruck in einen Strom kalter, trockener Luft gesaugt, die die Partikel fluidisiert und sie in eine glatte Flächen aufweisende Strömungsleitung mitreißt, die eine im Wesentlichen konstante Strömungsquerschnittsfläche aufweist. Am Abschlussende der Strömungsleitung werden die Eispartikel durch eine Düse mit hoher Geschwindigkeit auf eine Oberfläche eines Substrats ausgestoßen, um je nach Geschwindigkeit der Eispartikel und des Luftstroms Entgraten, Reinigen oder andere Vorgänge durchzuführen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0014]** Die vorhergehenden Aspekte und viele der zugehörigen Vorteile der vorliegenden Erfindung werden bei Verständnis der Erfindung unter Bezugnahme auf die folgende ausführliche Beschreibung in Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen deutlicher; es zeigen darin:

**[0015]** Fig. 1 eine Darstellung eines Arbeiters, der eine Oberfläche mit Eispartikeln aus einer Einrichtung zum Schleuderstrahlen mit Eis strahlt;

**[0016]** Fig. 2 eine vereinfachte schematische Darstellung der Eispartikelerzeugungsausrüstung;

**[0017]** Fig. 3 eine schematische perspektivische Ansicht einer Ausführungsform einer Vorrichtung zum Schleuderstrahlen mit Eis;

**[0018]** Fig. 4A eine Endansicht einer Ausführungsform, die Details des Eisentfernungswerkzeugs und des Eisaufnahmehrohrs zeigt;

**[0019]** Fig. 4B eine Endansicht einer Ausführungsform, die Wassersprühdüsen zur Bildung einer Eisschicht auf einer zylindrischen Fläche einer sich drehenden gekühlten Trommel enthält;

**[0020]** Fig. 4C eine schematische perspektivische Ansicht einer Ausführungsform des mit einem optionalen Fenster versehenen Eisaufnahmehrohrs;

**[0021]** Fig. 5 ein Schema, das eine andere Ausführungsform der Eispartikelerzeugungsvorrichtung zeigt, wobei die sich drehende gekühlte Trommel vertikal ausgerichtet ist und einen Wasserstrahl zur Bildung einer Eisschicht auf den Außenflächen der Trommel empfängt;

**[0022]** Fig. 6 noch eine andere bevorzugte Ausführungsform der Eispartikelerzeugungsvorrichtung, bei der die sich drehende Trommel eine zylindrische Innenfläche aufweist, auf der eine dünne Eisschicht gebildet und in ein Eisaufnahmehrohr zerstückelt wird;

**[0023]** Fig. 7 eine schematische Querschnittsdarstellung eines Eispartikelaufnahmehrohrs, das in zwei Abschnitte zur Lieferung zweier Ströme aus fluidisierten Eispartikeln unterteilt ist;

**[0024]** Fig. 8 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der in einem Druckbehälter eingeschlossenen und mit Druckluft versorgten Vorrichtung.

#### Ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

**[0025]** Die Erfindung stellt ein Verfahren zur kontinuierlichen Erzeugung von Eispartikeln und zum kontinuierlichen Zuführen dieser Eispartikel mit einer kontrollierten hohen Geschwindigkeit auf ein Substrat dar. Die Eispartikel werden durch Zerstückeln einer „dünnen, gekrümmten Schicht“ aus Eis gebildet. In der Beschreibung und in den Ansprüchen bedeutet dies eine Schicht mit einer solchen Krümmung und Dicke, dass die Schicht infolgedessen Restspannungen und einen Temperaturgradienten aufweist, so dass sie zur leichten Zerstückelung prädisponiert ist. Ein Beispiel für eine solche zylindrische Schicht ist eine Schicht mit einer Dicke von 1,5 mm und einem Krümmungsradius von ca. 100 mm. Vorzugsweise weist diese Schicht eine Dicke von ca. 1,0 bis ca. 2,0 mm und einen Krümmungsradius von ca. 50 mm bis ca. 150 mm auf. Natürlich können auch größere oder kleinere Vorrichtungen verwendet werden.

**[0026]** Die Eispartikel werden gemäß der Erfindung in konstanter Bewegung gehalten (und „fluidisiert“), so dass sie nicht bezüglich irgend eines Teils der Vorrichtung zum Stillstand kommen und nicht miteinander in stationären Kontakt kommen, um nicht aneinander zu haften und große Eispartikelblöcke zu bilden, die Blockierungen in der Vorrichtung verursachen können. Des Weiteren ist der Strömungsweg, entlang dem die Eispartikel durch ein Fluidisiergas, wie zum Beispiel Kaltluft, befördert werden, glatt und weist keine abrupten Strömungsquerschnittsänderungen auf, die zur Ablagerung und anschließenden Akkumulation von Eispartikeln zur Bildung von Blockierungen führen können. Vorzugsweise weist die Strömungsleitung einen Durchmesser von ca. 25 bis ca. 50 mm auf. Zur Minimierung jeglichen Schmelzens von Eispartikeln, das zum anschließenden Aneinanderhaften oder Ankleben und zu Blockierungen führen kann, werden Komponenten der Vorrichtung, die mit Eispartikeln in Kontakt kommen, vorzugsweise aus Materialien hergestellt, die glatt sind und eine geringe Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Es werden Kunststoffe bevorzugt, insbesondere Antihaftkunststoffe, wie zum Beispiel TEFLON, die als eine Innenbeschichtung verwendet werden können.

**[0027]** Die Vorrichtung wird durch Bezugnahme auf die beigefügten Figuren, die bevorzugte Ausfüh-

rungsformen der Vorrichtung zur Erzeugung von Eispartikeln und zu ihrer Zuführung durch eine Düse auf die Fläche eines Substrats schematisch darstellen, besser verständlich. Durch Bezugnahme auf die Ausführungsformen der Figuren wird eine Erläuterung der Aspekte der Erfindung vereinfacht.

**[0028]** Fig. 1 zeigt schematisch den Vorgang des Schleuderstrahlens mit Eis. Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung führt ein einziger Eiserzeuger 10, der Eispartikel mit kontrollierten Abmessungen erzeugt, wie später beschrieben, fluidisierte Eispartikel in einen Eis- und Luftmediumzuführschlauch 52, mit dem eine an einen Hochdruckschlauch 56, der Druckluft aus der Vorrichtung 58, entweder einem Kompressor oder einem Druckluftzylinder, empfängt, befestigte Düse 54 verbunden ist. Die Hochdruckluft wird der Düse 54 durch den Schlauch 56 zugeführt und erzeugt hinter ihrem Eintrittspunkt in die Düse eine Saugwirkung, die Eispartikel in den Zuführschlauch 52 saugt, wie später erläutert, und die Bewegungsgeschwindigkeit der Eispartikel erhöht, so dass sie unter der Steuerung eines Bedieners (oder unter automatischer Steuerung) aus der Düse 54 auf eine durch Schleuderstrahlen mit Eis zu behandelnde Oberfläche 80 ausgestoßen werden können. Wie später noch ersichtlich wird, wird der einzige Eiserzeuger 10 nicht unbedingt selbst mit Druck beaufschlagt (obgleich dies bei einigen Ausführungsformen der Fall sein kann), sondern bei der dargestellten Ausführungsform wird Luft durch einen Schlauch 50 dort hinein gesaugt, und es wird ein Luft-Eis-Teilchengemisch aus ihm durch den Zuführschlauch 52 der Düse 54 zugeführt. Es ist wichtig, zwischen dem Lufteinlass 30a des Rohrs 30 und dem Luftauslass 30b einen ausreichenden Druckabfall aufrechtzuerhalten, um einen ausreichenden Luftstrom zur Fluidisierung der gebildeten Eispartikel und Beschleunigung der Partikel zu verursachen (siehe Fig. 2).

**[0029]** Auf die Ausführungsform nach den Fig. 2, 3, 4A und 4B Bezug nehmend, enthält ein Eiserzeuger 10 ein Gehäuse 12, das teilweise mit Wasser 13 gefüllt ist. Eine zylindrische Trommel 14 mit einer Axialwelle 16 ist drehbar so angebracht, dass ein Teil ihrer zylindrischen Außenfläche 15 mit Wasser bedeckt ist, wenn das Gehäuse eine Wasserarbeitsmenge enthält. Die Trommel wird in der Regel durch mehrere Kanäle im Inneren der zylindrischen Trommel gekühlt, die ein Kühlmittel befördern (nicht gezeigt). Wie dargestellt, dreht sich die Trommel 14 entgegen dem Uhrzeigersinn um ihre mit einem elektrischen Antriebsmotor 18 verbundene Axialwelle 16 mit einer Geschwindigkeit, die die Bildung einer ausreichend dicken Eislage auf ihrer Oberfläche gestattet. Während sich die Kühltrömmel dreht, gefriert mit ihrer zylindrischen Außenfläche in Kontakt stehendes Wasser zur Bildung einer dünnen Eisschicht 20. Diese Eisschicht wird zu einer anderen Seite der Trommel

um diese herum befördert, wo sie als Eispartikel 20a entfernt werden kann. Dann dreht sich die von Eis gesäuberte Trommeloberfläche weiter und tritt wieder in das Wasser ein, um eine Eisschicht zu bilden.

**[0030]** Es sei darauf hingewiesen, dass die dünne, gekrümmte Eisschicht infolge ihrer Form und eines durch ihre Dicke verlaufenden Temperaturgradienten Spannungen ausgesetzt ist, so dass sie prädisponiert ist, in Eispartikel zerstückelt zu werden. Die Größenverteilung dieser Eispartikel hängt von der Dicke, der Temperatur und dem Krümmungsradius der Eisschicht ab, die wiederum von der Drehgeschwindigkeit und der Temperatur der Trommel und dem Radius der Trommel 14 abhängen.

**[0031]** Die Komponenten der Vorrichtung, die die Eisschicht zerstücken, werden in den Fig. 4A und 4B näher gezeigt. Ein Eisentfernungswerkzeug oder Schabermesser 22 ist an einem Träger 24 so angebracht, dass sich die Spitze des Werkzeugs in einem Winkel von ca. 45° erstreckt, um eine Vorderkante der Eisschicht 20 abzufangen. Das Schabermesser 22 und sein Träger 24 erstrecken sich im Wesentlichen entlang der ganzen Länge der zylindrischen Trommel 14, wie in den Fig. 2 und 3 gezeigt. Wenn die Vorderkante der Eisschicht auf die Spitze des Schabermessers 22 trifft, wird somit die unter Spannung stehende Eisschicht in Eispartikel 20a erstückelt. Dann gelangen die Eispartikel 20a in ein Rohr mit im Wesentlichen gleichmäßiger Innenströmungsquerschnittsfläche, wobei die Innenfläche glatt ist, wie in den Fig. 4A und 4C gezeigt. Innerhalb dieser Zwänge kann das Rohr eine beliebige vieler möglicher Ausführungen aufweisen, die für einen Fachmann, der die Offenbarung gelesen hat, auf der Hand liegen. Bei der dargestellten Ausführungsform treten diese Eispartikel in einen Schlitz 28 eines Eisaufnahmerohrs 30 ein, der im Wesentlichen über die ganze Länge der Trommel 14 verläuft. Das in Fig. 4C gezeigte Rohr 30 mit der glatten Innenfläche ist so angebracht, dass ein Längsrand 26 des Längsschlitzes durch mechanischen Druck mit einem oberen Ende des Schabermessers 22 in Kontakt steht und dagegen abgedichtet ist. Der andere Längsrand 27 des Schlitzes 28 krümmt sich über die Eisschicht und nach hinten zur Vorderkante der Eisschicht, während er sich nach unten in eine mit der Eisschicht 20 in berührender Beziehung stehende Position erstreckt. Deshalb wird der Rand 27 gegen die Oberfläche der Eisschicht abgedichtet. Somit werden die Eispartikel 20a in dem Schlitz aufgenommen und treten in das Eisaufnahmerohr 30 ein, wo sie sofort fluidisiert und wegbefördert werden, wie später erläutert wird. Um eine Inspektion des Inneren des Eisaufnahmerohrs 30 zu gestatten, ist das Rohr wahlweise mit einem in einem Rahmen 35 festgehaltenen Längsglasfenster 34 versehen. Das optionale Glasfenster 34 erstreckt sich entlang einer wesentlichen Länge der Oberseite des Eisaufnahmerohrs 30, wo ein entsprechender

Abschnitt des Rohrs entfernt worden ist. Das Eisaufnahmerohr ist an einem Halter **40** befestigt, der sich entlang seiner oberen Außenseite erstreckt. Der Halter **40** ist am Gehäuse **12** angebracht und mit einem unten beschriebenen optionalen Warnsystem verbunden.

**[0032]** Die Vorrichtung weist vorzugsweise ein Warnsystem auf, das erfassen soll, wenn das Eisaufnahmerohr überladen worden ist oder blockiert wird. Unter diesen Umständen bewirkt die kontinuierliche Drehung der Trommel, die zusätzliche Partikel in ein bereits volles Rohr drückt, dass das Rohr **30** von der Trommel **14** abgehoben wird, wodurch der Halter **40** nach oben gedrückt wird. Dieser Halter wird durch eine Reihe von Paaren von Druckhalteschrauben **42** bündig mit der Oberseite des Gehäuses **12** festgehalten. Jede dieser Schrauben weist eine sie umgebende Schraubenfeder **44** auf, die sie zwischen einer Oberseite des Halters **40** und einer Unterlegscheibe in der Nähe des oberen Endes der Halteschraube **42** unter Druck hält. Wenn der Halter nach oben gedrückt wird, werden die Federn somit komprimiert. Diese Komprimierung wird durch einen Sensor **45** erfasst und löst automatisch einen Alarm aus. Dank dieses Systems kann eine potentielle oder tatsächliche Blockierung frühzeitig erfasst werden, so dass eine erforderliche Instandhaltung durchgeführt werden kann. Wie erläutert, sollte es jedoch nur äußerst selten zu einer solchen Blockierung kommen, da die gebildeten Eispartikel in einem fluidisierten Zustand und in konstanter Bewegung gehalten werden und sich nicht absetzen und aneinander haften können, so dass sich in der Regel keine Blockierungen bilden können. Blockierungen können jedoch durch nicht ausreichende Versorgung mit fluidisierter Luft oder ein fehl ausgerichtetes Schabermesser entstehen, was zu einem nicht ausreichenden Zerstückeln der Eisschicht führt.

**[0033]** Erneut auf die **Fig. 2, 3 und 4** Bezug nehmend, ist ein Luftschauch **50** mit einem Lufteinlassende **30a** des Eisaufnahmerohrs **30** verbunden, und ein Medienzuführschlauch **52** (für Eis und Luft) ist mit dem anderen Ende **30b** des Rohrs verbunden. Somit fluidisiert im Schlauch **50** zugeführte kalte Druckluft die Eispartikel **20a**, die in das Rohr **30** zerstückelt werden, und befördert diese Partikel in den Medienzuführschlauch **52**. Wie unten erläutert, ist das Eisaufnahmerohr **30** zwischen seiner Innenseite und der Umgebung keinem hohen Druckdifferential ausgesetzt, befindet sich aber bei einigen Ausführungsformen nahe Atmosphärendruck. Bei anderen Ausführungsformen kann die ganze Vorrichtung, wie unten erläutert, in einem Druckbehälter eingeschlossen sein. Von größerer Bedeutung ist der Druckunterschied zwischen Lufteinlass des Rohrs und dem Luftauslass.

**[0034]** Vorzugsweise besteht ein stufenloser Über-

gang vom Rohr **30** zum Zuführschlauch **52**, so dass dem Eisstrom keine inneren Hindernisse im Wege sind, die verursachen könnten, dass Eispartikel sich absetzen, anhaften und ankleben und Blockierungen bilden. Der Zuführschlauch, der vorzugsweise eine glatte Innenauskleidung aufweist, endet in einer Schleuderstrahldüse **54**, die von einem Bediener manuell gesteuert oder automatisch betrieben werden kann. Wenn die Düse abgestellt ist, leitet ein Umleitventil **62** das Medium durch den Schlauch **64** zur Abfallentsorgung. Somit kann die Eiserzeugungsvorrichtung kontinuierlich arbeiten, ohne dass sich Partikel **20a** ansammeln, wenn die Schleuderstrahlvorgänge vorübergehend unterbrochen sind. Dies vermeidet das Erfordernis eines Neustartens der Vorrichtung und den mit dem Anfahren verbundenen instabilen Betrieb und erleichtert den Neubeginn von Schleuderstrahlvorgängen.

**[0035]** Bei der dargestellten Ausführungsform ist ein Hochdruckluftschlauch **56** mit dem hinteren Teil der Düse **54** verbunden, um durch Saugwirkung Eis in die Düse anzusaugen und die Partikel mit einer kontrollierten Geschwindigkeit durch die Düse **54** auszutreiben. Die Verbindung mit dem hinteren Teil der Düse mit zur Düsenspitze gerichteter Luft erzeugt hinter der Düse eine Saugwirkung, so dass Eispartikel von dem Eisaufnahmerohr **30** angezogen und zur Düse **54** ausgetrieben werden. Somit wird das Rohr **30** durch den Schlauch **50** eintretende Luft nicht mit Druck beaufschlagt, sondern Luft wird durch den Luftschauch **50** angesaugt, und diese Luft hält die Eispartikel in konstanter Bewegung in einem fluidisierten Zustand.

**[0036]** Bei einer alternativen Ausführungsform, die in **Fig. 4B** dargestellt wird, dreht sich die Trommel **14** nicht in einem Wasserbehälter. Stattdessen ist die Trommel **14** zusammen mit mindestens einer Sprühdüse, die zum Sprühen von Wasser auf zylindrische Flächen der Trommel ausgerichtet ist, in einem Behälter angebracht und bildet dadurch eine Eisschicht auf der gekühlten Oberfläche. Wie in **Fig. 4B** gezeigt, erstrecken sich Wasserverteiler **72** in Längsrichtung entlang der Länge der horizontal ausgerichteten Trommel **14** und sprühen Wasser von der Düse **70** auf die Außenfläche der Trommel. Jegliches überschüssige Wasser sammelt sich im Boden des Behälters und kann abgelassen und zu den Düsen **70** zurückgeführt werden. Obgleich eine horizontale Ausrichtung der Trommel **14** bevorzugt wird, sind zur Bildung einer dünnen Eisschicht natürlich auch andere Ausrichtungen möglich.

**[0037]** Eine alternative Ausführungsform der Eiserzeugungsvorrichtung wird in **Fig. 5** gezeigt. Bei dieser Ausführungsform ist die Trommel **14** vertikal ausgerichtet und dreht sich um eine mittlere Welle **16**. Mindestens eine in der Nähe der zylindrischen Trommel angebrachte Sprühdüse **70** leitet einen Wasser-

strahl auf die kalten zylindrischen Außenflächen **15** (von mindestens 0°C) der Trommel. Dieser Wasserstrahl gefriert bei Kontakt mit den Oberflächen zu einer Eisschicht. Die gekrümmte Eisschicht wird wieder in Eispartikel zerbrochen, wenn eine Vorderkante der Schicht an eine Vorderkante eines Schabermessers stößt. Das Messer ist an einem Träger angebracht (nicht gezeigt) und erstreckt sich vorzugsweise im Wesentlichen entlang der Länge der zylindrischen Fläche parallel zur Axialwelle der Trommel. Ein Eisauftahmerohr **30** erstreckt sich entlang der Länge des Schabermessers, und ein Längsschlitz des Rohrs fängt Eispartikel auf und leitet diese in den Raum im Rohr **30**, wie oben erläutert.

**[0038]** Wie zuvor ist ein Luftschauch **50** an einem oberen offenen Ende **30a** des Rohrs **30** befestigt, während ein Medienzuführschlauch **52** mit dem unteren offenen Ende **30b** des Aufnahmerohrs **30** verbunden ist. Somit fluidisiert durch den Schlauch **50** angezogene Luft Eispartikel im Rohr **30** und befördert die fluidisierten Partikel in den Zuführschlauch **52** und von dort zu einer Zuförddüse **54**, wie oben erläutert.

**[0039]** Bei noch einer anderen Ausführungsform, die in **Fig. 6** gezeigt wird, wird die Eisschicht auf einer zylindrischen Innenfläche eines gekühlten zylindrischen Rings **17** gebildet. Bei dieser Ausführungsform weist der gekühlte Ring **17** einen zylindrischen Innenraum **75** auf, der von zylindrischen Wänden umgeben ist. Der Ring wird zwischen drei sich drehenden Wellen **80**, die in einer dreieckigen Anordnung angebracht sind, durch Reibung gegen seine Außenflächen festgehalten, so dass er sich mit einer kontrollierten Geschwindigkeit dreht, wenn sich die Wellen drehen. Wasser, vorzugsweise von den Düsen an einem Verteiler **76**, der sich parallel zur mittleren Achse des Rings **17** erstreckt, wird auf die umgebenden kalten zylindrischen Innenwände des Rings **17** gesprührt. Dieses Wasser gefriert zu einer Eisschicht, die durch ein sich in Längsrichtung erstreckendes Schabermesserwerkzeug zerstückelt wird, das zum Abfangen der Vorderkante der Eisschicht innerhalb des zylindrischen Innenraums angebracht ist. Wie oben erläutert, werden die Eispartikel durch einen sich in Längsrichtung und im Wesentlichen entlang der gesamten Länge der zylindrischen Umgebungsfläche im Rohr erstreckenden Schlitz in einem Eisauftahmerohr **30** aufgenommen. Ein oberes Ende **30a** des Rohrs **30** steht mit einem Luftschauch **50** in Strömungsverbindung, während ein unteres Ende **30b** des Rohrs mit einem Medienzuführschlauch **56** in Strömungsverbindung steht. So mit fluidisiert in das obere offene Ende des Rohrs gesaugte Luft Eispartikel im Rohr und befördert die fluidisierten Eispartikel in den Zuführschlauch **52** zu einer Eisschleuderstrahldüse **54**.

**[0040]** Des Weiteren enthält die Vorrichtung wahlweise ein Umleitventil **62** zum Umleiten von Eispar-

keln in einen Schlauch **64**, wenn die Düse **54** abgestellt ist, so dass der Eiserzeugungsprozess kontinuierlich ist.

**[0041]** Es kann eine Reihe von Rohren verwendet werden, so dass jedes Rohr einen kontinuierlichen Strom von Eispartikeln zum Schleuderstrahlen mit Eis zuführen kann, oder ein einziges Rohr kann in mindestens zwei oder möglicherweise mehr Rohrabschnitte unterteilt sein, die jeweils relativ unabhängig betrieben werden können.

**[0042]** Wenn zum Beispiel die Vorder- und die Rückseite eines Substrats durch Schleuderstrahlen mit Eis behandelt werden muss, gestattet somit diese Ausführungsform der Erfindung das gleichzeitige Strahlen beider Seiten. Bei bestimmten Ausführungsformen können Düsen auf beiden Seiten des Substrats angebracht sein, um beide Flächen automatisch zu überqueren, wodurch sowohl die Vorder- als auch die Rückseite des Substrats behandelt wird.

**[0043]** Bei der in **Fig. 7** gezeigten Ausführungsform ist ein Eispartikelaufnahmerohr **30** durch eine mittlere Trennwand **30c** in zwei Rohrabschnitte **31** bzw. **33** unterteilt. Somit tritt ein Luftversorgungsschlauch **55a** in der Nähe der Trennwand **30c** in den Einlass **31a** des Rohrabschnitts **31** ein. Vorzugsweise ist der Schlauch **55a** mit einem Steuerventil **57a** ausgestattet, um die Steuerung des Luftstroms durch den Rohrabschnitt **31** zu unterstützen. Wie oben erläutert, ist ein Eispartikelabföhrrschlauch **52b** mit dem offenen Ende **31b** des Rohrabschnitts **31** verbunden, so dass kontinuierlich Eispartikel aus dem Rohrabschnitt **31** in den Schlauch **52b** gesaugt und durch die Düse ausgetrieben werden. Ebenso weist der Rohrabschnitt **33** einen Lufteinlassschlauch **55b** auf, der an seinem Einlass **33a** befestigt ist. Der Auslass des Rohrabschnitts **33b** ist mit einem Eispartikelzuführschlauch **52a** verbunden, der fluidisierte Eispartikel zum Schleuderstrahlen mit Eis zur Düse saugt. Somit kann der Aufnahmeschlauch **30** natürlich in eine Reihe von Abschnitten zur Versorgung einer Reihe von Düsen mit Eispartikeln unterteilt werden. Da die Luftzufuhr zu jeder Düse individuell gesteuert werden kann, lässt sich des Weiteren die Geschwindigkeit der aus der mit einem Eisrohrabschnitt verbundenen Düse austretenden Eispartikel individuell steuern.

**[0044]** Wie oben angedeutet, können die Düsen mit mechanischen/elektronischen Systemen zum automatischen Überqueren von Oberflächen eines statio-nären oder sich bewegenden Substrats angeschlos-sen werden. Somit sind das Verfahren und die Vor-richtung der Erfindung nicht auf eine manuelle Betä-tigung einer Eisschleuderstrahldüse zur Behandlung einer Oberfläche beschränkt. Stattdessen eignet sich die Vorrichtung optimal zur automatischen Reinigung einer durchgehenden Reihe von auf einer Ferti-gungsstraße hergestellten Teilen, wie dies zum Bei-

spiel in der Kraftfahrzeugindustrie üblich ist, wo die erfundungsgemäße Vorrichtung zum Schleuderstrahlen mit Eis zum Entgraten oder zur sonstigen Behandlung von Oberflächen von Teilen verwendet werden kann. Die Erfindung bietet den wesentlichen Vorteil eines kontinuierlichen Betriebs für längere Zeitspannen, wodurch ein bei Verfahren nach dem Stand der Technik auftretendes großes Problem gelöst wird.

**[0045]** Wie oben angedeutet, hängt die Fluidisierung der Eispartikel von der Aufrechterhaltung des Druckverlustes vom Lufteinlass zum Luftauslass des Rohrs **30** ab. Im Allgemeinen gilt für eine gegebene Rohrströmungsquerschnittsfläche: Je größer der Druckabfall, desto größer die Zufuhr der fluidisierten Luft. Des Weiteren, je größer die Menge an fluidisiertem Luft pro Strömungsquerschnittsfläche, desto höher der Druck, bei dem die Eispartikel das Rohr **30** verlassen und desto höher der Druck an der Zufuhrdüse **54** (für eine gegebene Länge Zuführschlauch **52**).

**[0046]** Gemäß der Ausführungsform von **Fig. 8** wird eine Vorrichtung im Wesentlichen wie oben beschrieben in einem mit einem Druckmesser **74** ausgestatteten Druckbehälter **72** offenbart. In diesem Beispiel wird die Luft jedoch dem Rohr **30** durch einen Schlauch **70** zugeführt, der kaltes Druckfluid, wie zum Beispiel Luft, befördert. Während das Rohr **30** mit Druck beaufschlagt ist, ist die Vorrichtung in einem Druckbehälter **72** eingeschlossen, so dass der Differenzdruck zwischen dem Inneren und dem Äußeren des Rohrs **30** auf einer Höhe gehalten wird, die das Rohr ohne Bruch tolerieren kann. Wenn die kalte Druckluft in das Einlassende des Rohrs eingeleitet wird, fluidisiert sie und befördert die Eispartikel von dem Auslassende **30b** des Rohrs, das mit dem Zuführschlauch **52** und somit mit der Düse **54** in Strömungsverbindung steht.

**[0047]** Diese besondere Ausführungsform eignet sich insbesondere für große industrielle Anwendungen. In diesem Fall führt das Abführende eines Kompressors dem Schlauch **70** Druckluft zu und kann auch mit einem Steuersystem und einem Druckmesser **74** zur Regelung und Aufrechterhaltung des Drucks des Druckbehälters **72** verwendet werden.

**[0048]** Die Erfindung stellt ein Verfahren zum Eis-Schleuderstrahlen von Oberflächen mit Eispartikeln bereit. Gemäß dem Verfahren wird Wasser vorzugsweise durch Gefrieren des Wassers auf einer zylindrischen Fläche zu einer dünnen, gekrümmten Eisschicht gefroren. Die Eisschicht weist eine solche Dicke auf, dass Temperaturunterschiede zwischen ihren gegenüberliegenden gekrümmten Seiten zu Spannungen führen, die die Eisschicht prädisponieren, zu Eispartikeln zerstückelt zu werden. Diese Spannungsrisse aufweisende Eisschicht wird durch

Aufschlägen auf eine Vorderkante der Eisschicht durch eine Vorrichtung, wie zum Beispiel ein Schabermeißel, das sich entlang der Vorderkante der Eisschicht erstreckt, zerstückelt. Die Vorderkante der Eisschicht weist zum Erhalt von Eispartikeln mit gleichmäßigerer Größe vorzugsweise entlang ihrer Länge eine im Wesentlichen gleichförmige Dicke auf. Die zerstückelten Eispartikel werden durch Saugwirkung in ein Rohr gesaugt, wo die Eispartikel in Kaltluft oder in einem anderen Gas, ohne zu schmelzen, fluidisiert werden. Dann werden die fluidisierten Eispartikel in einen Zuführschlauch befördert, von dem die Eispartikel durch eine Düse auf eine gerade mit Schleuderstrahlen mit Eis behandelte Oberfläche ausgestoßen werden. Um die in das Rohr eintretenden Eispartikel zu fluidisieren, zu befördern und zu beschleunigen, wird bei einer Ausführungsform Hochdruckluft in die Düse eingeleitet, wodurch hinter ihrem Eintrittspunkt in die Düse ein Niederdruckbereich erzeugt wird. Der Niederdruckbereich steht mit dem Zuführschlauch in Strömungsverbindung und saugt Eispartikel aus dem Zerstückelungsschritt in das Rohr und somit in den Zuführschlauch. Der höhere Druck in der Umgebung der Düsen spitze vor der Eintrittsstelle der Hochdruckluft beschleunigt die Eispartikel für das Schleuderstrahlen mit Eis. Bei einer anderen Ausführungsform wird Druckluft-/gas zur Fluidisierung der Eispartikel im Rohr und Beförderung der Partikel zu einer Düsen spitze verwendet.

### Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur kontinuierlichen Produktion eines Eispartikelstroms, wobei das Verfahren umfasst:
  - (a) kontinuierliches Gefrieren von Wasser (**13**) auf einer gekrümmten Oberfläche (**14**) in eine dünne, gekrümmte Eisschicht (**20**), wobei eine Krümmung der gekrümmten Schicht und ein Temperaturgradient durch die gekrümmte Schicht Spannungsrisse hervorrufen, wodurch die gekrümmte Schicht prädisponiert ist, in Partikel zerstückelt zu werden;
  - (b) kontinuierliches Zerstückeln der gekrümmten Eisschicht, um Eispartikel zu bilden;
  - (c) kontinuierliches Abtrennen zerstückelter Eispartikel von der gekrümmten Oberfläche, indem die Eispartikel kontinuierlich veranlasst werden, während sie gebildet werden, direkt in einem Luftstrom mit ausreichender Geschwindigkeit einzufließen, um die Partikel zu fluidisieren;
  - (d) Aufrechterhalten der Eispartikel in einem fluidisierten Zustand; und
  - (e) kontinuierliches Ausstoßen der fluidisierten Eispartikel unter kontrollierter Geschwindigkeit aus einer Düse (**54**).

2. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt kontinuierlichen Gefrierens Gefrieren in eine zylindrisch gekrümmte Schicht umfasst.

3. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Veranlassens der Eispartikel in den Luftstrom einzufließen, Einziehen der Eispartikel in einen Luftstrom durch Unterdruck umfasst.

4. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei Schritt (c) und Schritt (d) ohne Schmelzen der Eispartikel ausgeführt werden und dadurch eine signifikante Kohärenz der Eispartikel bewirkt wird.

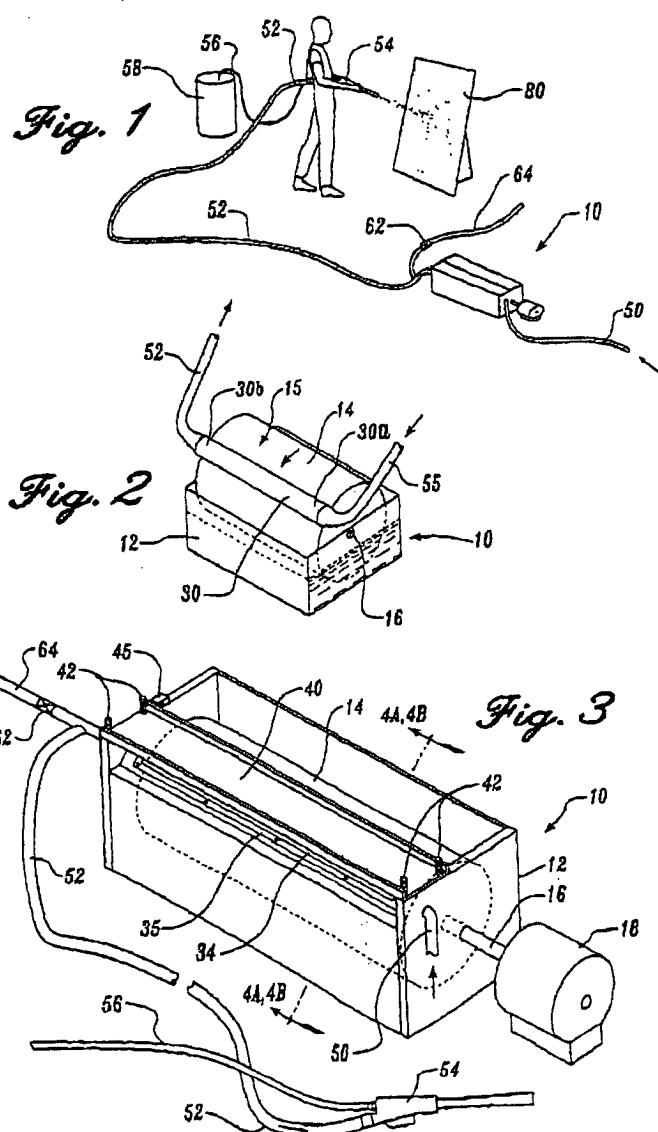
5. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Zerstückeln der gekrümmten Eisschicht Zusammenpressen einer Vorderkante der Eisschicht mit einer Messerschneide (**22**) umfasst, um die Eispartikel von der Eisschicht abzutrennen.

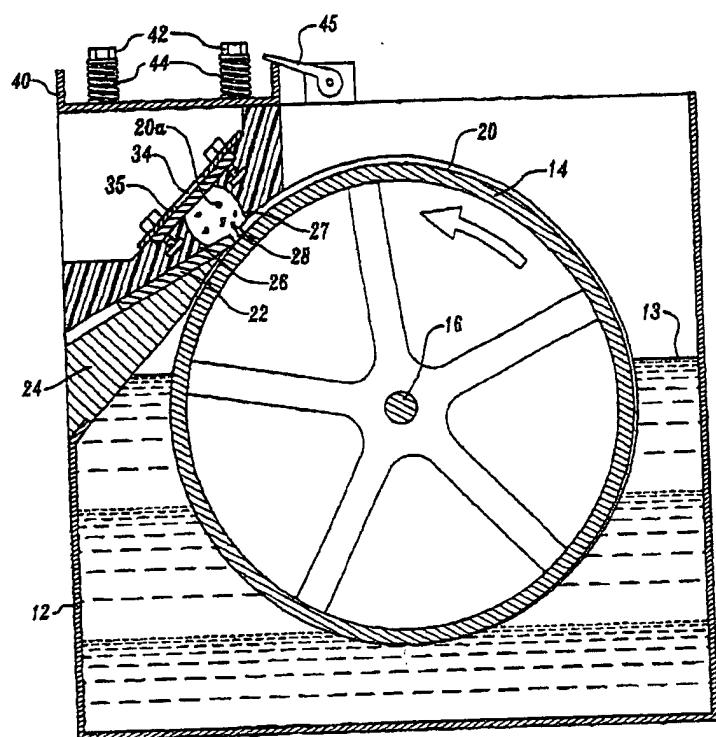
6. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei die gekrümmte Oberfläche eine Trommel (**14**) umfasst, welche horizontal in einem Behälter (**12**) montiert ist, der teilweise mit dem Wasser gefüllt ist.

7. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei die gekrümmte Eisschicht durch Sprühen des Wassers auf die gekrümmte Oberfläche gebildet wird, wobei die gekrümmte Oberfläche eine zylindrische, vertikal montierte Trommel (**14**) umfasst.

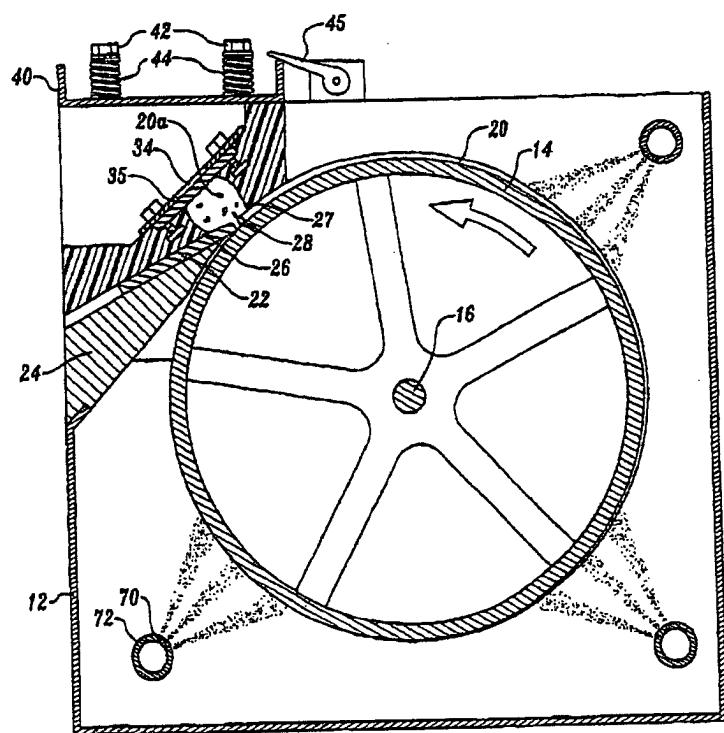
Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen





*Fig. 4.d*



*Fig. 4B*

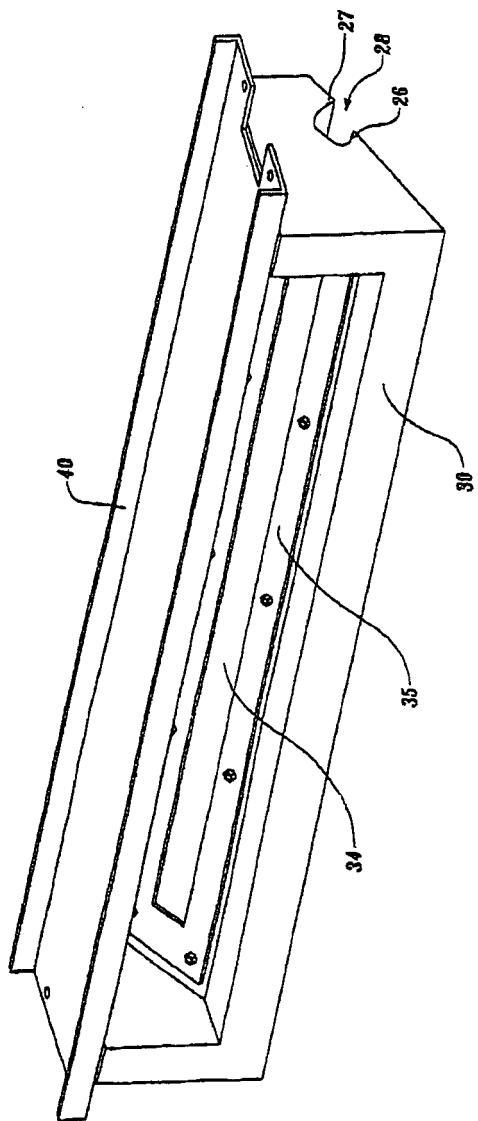


Fig. 46

