



(11)

EP 2 232 171 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
27.03.2019 Patentblatt 2019/13

(51) Int Cl.:
F25C 3/04 ^(2006.01) **B05B 1/00** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08785977.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/058863

(22) Anmeldetag: **08.07.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/077211 (25.06.2009 Gazette 2009/26)

(54) **SCHNEILANZE UND VERFAHREN ZUM ERZEUGEN VON KÜNSTLICHEM SCHNEE**

SNOW LANCE AND METHOD FOR PRODUCING ARTIFICIAL SNOW

CANON À NEIGE ET PROCÉDÉ DE PRODUCTION DE NEIGE ARTIFICIELLE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

- **KOCH, Bruno**
CH-6020 Emmenbrücke (CH)
- **DANGEL, Claus**
CH-6373 Ennetbürgen (CH)

(30) Priorität: **14.12.2007 EP 07123230**

(74) Vertreter: **Hepp Wenger Ryffel AG**
Friedtalweg 5
9500 Wil (CH)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.09.2010 Patentblatt 2010/39

(73) Patentinhaber: **Bächler Top Track AG**
6020 Emmenbrücke (CH)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 787 959	CA-C- 2 015 646
DE-A1- 2 941 052	DE-A1- 19 819 982
JP-A- 2005 127 577	US-A- 4 353 504
US-A- 5 090 619	US-A- 5 520 331
US-A- 6 119 956	US-A- 6 152 380
US-A1- 2004 046 041	

(72) Erfinder:

- **LEHNER, Daniela**
CH-5722 Gränichen (CH)
- **FAUVE, Mathieu**
CH-7270 Davos Platz (CH)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 232 171 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schneilanze und ein Verfahren zum Erzeugen von Eiskeimen bzw. von künstlichem Schnee gemäss dem Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche.

[0002] Die Erzeugung von künstlichem Schnee ist seit langem bekannt. Schneekanonen oder Schneilanzen werden heute in einer Vielzahl von Formen insbesondere in Wintersportgebieten eingesetzt. Gemäss einem bekannten Verfahren wird dabei in einer sogenannten Nukleatordüse ein Strahl von Eiskeimen erzeugt, der mit einem Strahl aus Wassertropfen in Kontakt gebracht wird. Durch dieses sogenannte Einkeimen entsteht aus den sich abkühlenden Wassertropfen Schnee.

[0003] Zur Erzeugung der Eiskeime wird Wasser unter Verwendung von Druckluft gekühlt und zerstäubt. Ein wesentlicher Parameter für einen wirtschaftlichen Betrieb von solchen Nukleatordüsen ist die Menge Druckluft, die zur Erreichung des gewünschten Effekts eingesetzt werden muss. Die Druckluftmenge bestimmt den Energieeintrag und letztendlich die Betriebskosten. Ein weiterer wesentlicher Betriebsparameter betrifft die Feuchtkugelttemperatur der Umgebung. Mit bekannten Schneilanzen lässt sich künstlicher Schnee bis ca. minus 3 bis minus 4 Grad erzeugen. Es wird angestrebt, wenn möglich auch bei höheren Temperaturen ohne grösseren Energieeintrag künstlichen Schnee herstellen zu können.

[0004] Zum Erzeugen von Eiskeimen sind beispielsweise konvergente Nukleatordüsen bekannt, bei denen sich der Querschnitt im Düsenkanal in Richtung des Austritts kontinuierlich verengt: Entsprechende Düsen sind beispielsweise aus FR 2 617 273, US 4,145,000, US 4,516,722, US 3,908,903 oder FR 2 594 528 bekannt. Es sind ausserdem auch konvergent-divergente Nukleatordüsen nach dem Laval-Prinzip bekannt. Solche Nukleatordüsen sind beispielsweise in US 6,152,380, CA2015646C, US 4,903,895, US 3,716,190, US 4,793,554 oder in US 4,383,646 gezeigt. Alle diese bekannten Nukleatordüsen erfordern allerdings einen verhältnismässig grossen Energieeintrag zum Erzeugen der Keime.

[0005] Zum Erzeugen von künstlichem Schnee sind ausserdem Düsenbauformen bekannt, welche direkt mit Wasserdüsen kombiniert sind. Entsprechende Lösungen sind aus US 2006/0071091, US 5,090,619, US 5,909,844, WO94/19655 oder US 5,529,242 sowie WO90/12264 bekannt. So erzeugt beispielsweise die Düse gemäss US 5,090,619 eine Blasenströmung, weshalb in der Praxis beim Düsenaustritt nur ein sehr geringer Anteil des durch die Düse geführten Wassers in Eis umgewandelt werden kann. Das Massenstromverhältnis (ALR; Verhältnis der Massenströme von Luft zu Wasser) beträgt nach Einschätzung der Anmelderin lediglich ca. 0,01. Diese Düse eignet sich somit nicht als Nukleatordüse zum Erzeugen von Eiskeimen.

[0006] US 5,593,090 zeigt eine Anordnung, bei der ei-

ne Vielzahl von Wasserdüsen nebeneinander angeordnet sind.

[0007] Allgemein gebräuchlich sind Schneilanzen, bei denen an einem Lanzenkörper Nukleatordüsen und Wasserdüsen benachbart zueinander angeordnet sind, sodass die erzeugten Eiskeime und Wassertropfen in einer zum Lanzenkörper benachbarten Einkeimungszone miteinander in Kontakt gebracht werden. Solche Lösungen sind beispielsweise in DE 10 2004 053 984 B3, US 6,508,412, US 6,182,905, US 6,032,872, US 7,114,662, US 5,810,251 gezeigt. Weitere Schneilanzen sind in US 5,004,151, US 5,810,251 oder FR 2 877 076 beschrieben.

[0008] Die bekannten Nukleatordüsen und Schneilanzen sind aber mit Nachteilen behaftet. Insbesondere sind sie nur bei verhältnismässig tiefen Aussentemperaturen bzw. Wassertemperaturen einsetzbar.

[0009] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile des Bekannten zu vermeiden, insbesondere also eine Anordnung, eine Vorrichtung, eine Schneilanze sowie ein Verfahren zum Erzeugen von Eiskeimen bzw. von künstlichem Schnee zu schaffen, welche die Erzeugung von künstlichem Schnee mit möglichst geringem Energieeintrag und bei möglichst hohen Aussen- bzw. Wassertemperaturen erlauben.

[0010] Erfindungsgemäss werden diese und andere Aufgaben gemäss dem kennzeichnenden Teil der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

[0011] Die Nukleatordüse dient zum Erzeugen von Eiskeimen. Die Nukleatordüse weist einen Düsenkanal auf, der mit wenigstens einer Drucklufteintrittsöffnung und mit wenigstens einer Wassereintrittsöffnung versehen ist. Das durch die Wassereintrittsöffnung in den Düsenkanal eingebrachte Wasser wird mit der Druckluft beschleunigt und über eine Austrittsöffnung der Nukleatordüse abgegeben und dabei zerstäubt.

[0012] Der Querschnitt des Düsenkanals verjüngt sich in einem ersten Abschnitt in Richtung der Austrittsöffnung bis auf einen Kerndurchmesser. Anschliessend weitet sich der Querschnitt des Düsenkanals in einem zweiten Abschnitt in Richtung der Austrittsöffnung wieder auf. Es handelt sich bei der Nukleatordüse also um eine konvergent-divergente Düse.

[0013] Erfindungsgemäss ist das Verhältnis zwischen der Querschnittsfläche der Austrittsöffnung und der Querschnittsfläche des Düsenkanals im Bereich des Kerndurchmessers mindestens etwa 4:1, vorzugsweise etwa 9:1. Es hat sich gezeigt, dass mit einer solchen Düsengeometrie die Effektivität der Nukleatordüse deutlich gesteigert bzw. der notwendige Energieeintrag deutlich verringert werden kann. Die Geometrie der Düse ist im sich aufweitenden zweiten Abschnitt so gewählt, dass sich im Betrieb in diesem Abschnitt ein Unterdruck einstellt. Dadurch wird eine tiefere Temperatur der Druckluft in der Düse erreicht, womit auch die Wassertemperatur weiter abgesenkt werden kann. Dies hat den Vorteil, dass auch bei hohen Wassertemperaturen bis zu 10° C noch genügend Kühlung in der Düse erreicht wird, ohne dass

das Verhältnis von Luft- zu Wassermassenstrom erhöht werden müsste. Gleichzeitig führt die Geometrie dazu, dass sich nach der Austrittsöffnung im austretenden Medium aufgrund des Drucksausgleichs Stösse bilden. Stösse treten immer auf, wenn der Austrittsdruck der Düse nicht exakt dem Umgebungsdruck entspricht. Mit dem hohen Flächenverhältnis wird dafür gesorgt, dass die Stösse erst dann auftreten, wenn die Druckluft optimal ausgenutzt ist.

[0014] Es wird vermutet, dass mit der Nukleatordüse die Umwandlungsenergie zum Erzeugen der Eiskeime nur aus einer leichten Unterkühlung entsteht. Gleichzeitig dienen die nach der Austrittsöffnung gezielt gebildeten Stösse dazu, die Erstarrung der Eiskeime auszulösen.

[0015] Nukleatordüsen mit verschiedenen Flächenverhältnissen wurden im Klimakanal extremen Bedingungen ausgesetzt, d.h. hohen Umgebungstemperaturen, sehr hohen Wassertemperaturen und einem grossen Wasseranteil in der Nukleatordüse. Bei Nukleatordüsen mit hohem Flächenverhältnis war bei solchen Bedingungen noch ein Eiskeimhagel spürbar.

[0016] Der volle Winkel des Düsenkanals beträgt höchstens 30 Grad, bevorzugt etwa 10 bis 20 Grad.

[0017] Es hat sich gezeigt, dass bei einer solchen Aufweitung und Länge des Düsenkanals optimale Ergebnisse erzeugt werden. Insbesondere ist eine gewisse Länge des Düsenkanals im sich aufweitenden Bereich erforderlich, damit die bei der Beschleunigung abkühlende Druckluft die mitgeführten Wassertropfchen ausreichend kühlen kann. Für diesen Ausgleichsprozess braucht es genügend Zeit.

[0018] Die vorgängig beschriebene Düsengeometrie ist aber auch vorteilhaft für eine grössere Anordnung zum Erzeugen von Eiskeimen. Diese Anordnung kann ein Düsenteil umfassen, bei dem der Wassereintritt und der Drucklufteintritt nicht über separate Öffnungen, sondern über wenigstens eine gemeinsame Düseneintrittsöffnung für ein bereits vorliegendes Wasser-Luft-Gemisch erfolgt. Selbstverständlich enthält aber auch die Anordnung wenigstens eine Drucklufteintrittsöffnung und wenigstens eine Wassereintrittsöffnung. Die Drucklufteintritts- und Wassereintrittsöffnung können sich dabei ausserhalb des Düsenteils befinden. Die Anordnung enthält also einen Düsenkanal oder mehrere Düsenkanäle, wobei sich der jeweilige Querschnitt des Düsenkanals in einem ersten Abschnitt in Richtung der Austrittsöffnung bis auf einen Kerndurchmesser verjüngt und wobei sich der Querschnitt des Düsenkanals anschliessend in Richtung der Austrittsöffnung in einem zweiten Abschnitt aufweitet, wobei das Verhältnis der Querschnittsfläche der Austrittsöffnung zur Querschnittsfläche des Düsenkanals im Bereich des Kerndurchmessers mindestens 4 : 1, vorzugsweise etwa 9 : 1 beträgt. Da sich auch mit diesem Düsenteil Eiskeime erzeugen lassen, wird im folgenden der Einfachheit halber ebenfalls der Begriff "Nukleatordüse" verwendet.

[0019] Gemäss einem alternativen Aspekt der Erfindung ist der Düsenkanal einer Nukleatordüse im sich auf-

weitenden Abschnitt so ausgebildet, dass sich bei Betrieb der Düse im aufweitenden Abschnitt ein Druck von weniger als 0,6 bar, bevorzugt etwa 0,2 bar einstellt. Gleichzeitig ist der Düsenkanal so ausgebildet, dass sich nach der Austrittsöffnung im ausströmenden Medium Druckstösse einstellen. Bei einer gezielt zur Erreichung dieser Betriebsbedingung ausgelegten Nukleatordüse lässt sich der Druckluftverbrauch massiv reduzieren.

[0020] Je nach Anwendung kann die Nukleatordüse als Rundstrahldüse oder auch als Flachstrahldüse ausgebildet sein.

[0021] Typischerweise ist bei der Nukleatordüse die Wassereintrittsöffnung seitlich am Düsenkanal angeordnet. Bevorzugt tritt das Wasser unter einem Winkel von 90 Grad in den Düsenkanal ein.

[0022] Eine vorteilhafte Nukleatordüse kann sich dadurch ergeben, wenn der Düsenkanal für die Bildung einer Mischkammer einen etwa zylindrischen Abschnitt aufweist, an den der sich verjüngende erste Abschnitt anschliesst. Dabei kann die Wassereintrittsöffnung sich im zylindrischen Abschnitt befinden. Die Wassereintrittsöffnung kann beispielsweise in Bezug auf die axiale Richtung in etwa mittig im zylindrischen Abschnitt angeordnet sein.

[0023] Die entsprechende Mischstrecke zwischen Wassereintrittsöffnung und dem ersten, sich verjüngenden Abschnitt kann in einer bevorzugten Ausführungsform grösser als das Zweifache des Durchmessers der Drucklufteintrittsöffnung (der dem Durchmesser des zylindrischen Abschnitts entspricht) und besonders bevorzugt mindestens das Dreifache dieses Durchmessers sein, um die Ausbildung einer möglichst homogenen Tropfenströmung zu ermöglichen.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsform kann der Düsenkanal oder die Anordnung insgesamt derart ausgelegt sein, dass sich im Bereich der Mischstrecke eine feine Dispersion bzw. Tropfenströmung ergibt. Mit dieser Strömungsform ist eine besonders feine Zerstäubung möglich, was zu einer grossen Eiskeimzahl führt.

[0025] Der Düsenkanal kann in Abhängigkeit vom Querschnitt der einen oder mehreren Wassereintrittsöffnungen und der Querschnittsfläche im Bereich des Kerndurchmessers der einen oder mehreren Nukleatordüsen derart dimensioniert sein, dass sich bei der in der Beschneigungsbranche üblichen Druckbereichen ein Verhältnis der Massenströme von Luft zu Wasser (ALR) im Bereich von 0,3 bis 1,9 und besonders bevorzugt von 0,3 bis 1,7 (z.B. ALR=0,6 oder ALR=1,9) einstellt oder einstellbar ist. In der Beschneigungsbranche werden üblicherweise Nukleatordüsen mit Wasserdrücken von 12 bis 60 bar abs. und Luftdrücken von 7 bis 10 bar abs. betrieben. In diesem Bereich des Massenstromverhältnisses kann einerseits eine grosse Eiskeimzahl erzeugt werden und andererseits mit der beschriebenen Nukleatordüse auch in kritischen Temperaturbereichen (Wassertemperatur bis 10°C und Feuchtkugelttemperatur der Luft bis -0.5 °C) noch das Gefrieren der winzigen Wassertropfen zu Eiskeimen garantiert werden.

[0026] Um Massenstromverhältnisse im Bereich von 0,3 bis 1,7 zu erhalten und damit eine optimale Eiskeimbildung zu erreichen, kann das Verhältnis der Querschnittsfläche des Düsenkanals im Bereich des Kerndurchmessers zur Querschnittsfläche der einen oder mehreren Wassereintrittsöffnungen im Bereich von 8 : 1 bis 40 : 1 und vorzugsweise etwa 32 : 1 liegen. Für Verhältnisse der Absolutdrücke von Wasser zu Luft im Bereich von 1,2 bis 3 haben sich Flächenverhältnisse von 9 : 1 und bei Druckverhältnissen von 3 bis 8 haben sich Flächenverhältnisse von 35 : 1 als besonders vorteilhaft erwiesen. Sofern die Anordnung beispielsweise über eine Mehrzahl von Düsenkanälen mit entsprechenden Kerndurchmessern verfügt, so ist für das genannte Verhältnis der Querschnittsflächen als Bezugsgrösse die Gesamtquerschnittsfläche der Kerndurchmesser zu wählen.

[0027] Vorteilhaft kann es für bestimmte Anwendungen sein, wenn der Kanalabschnitt mit dem engsten Querschnitt und/oder der daran anschliessende, aufweitende Abschnitt verhältnismässig lang ausgestaltet ist. Somit haben die Wassertropfen genügend Zeit für die Kühlung, wodurch das Erzeugen von Eiskeimen optimierbar ist. Die Länge (LE) des Kanalabschnitts mit dem engsten Querschnitt kann beispielsweise wenigstens das zweifache, vorzugsweise fünffache und besonders bevorzugt wenigstens das zehnfache des Kerndurchmessers betragen.

[0028] Vor allem in konstruktiver Hinsicht kann es vorteilhaft sein, wenn die Nukleatordüse durch ein einstückig ausgebildetes Bauteil vorgegeben ist. Ein solches Bauteil lässt sich auch einfach beispielsweise in eine Schneilanz einbauen.

[0029] In einer vorteilhaften Ausführungsform kann die Anordnung wenigstens zwei und vorzugsweise drei Austrittsöffnungen aufweisen. Die Austrittsöffnungen können jeweils bevorzugt einer Nukleatordüse zugeordnet sein. Die Austrittsöffnungen können über eine Kanalteilung mit einer gemeinsamen Mischkammer verbunden sein, in die über die wenigstens eine Drucklufteintrittsöffnung und über wenigstens eine Wassereintrittsöffnung Luft und Wasser für das Luft-Wasser-Gemisch einspeisbar ist. Bei dieser Anordnung verfügen die Nukleatordüsen über einen gemeinsamen Eingang für die Druckluft und das Wasser (anstatt separater Druckluft- und Wasser-Eintrittsöffnungen).

[0030] Besonders vorteilhaft ist eine Mischkammer, deren Querschnittsfläche höchstens 9 mal, vorzugsweise etwa 7 mal grösser ist als die Querschnittsfläche im Bereich des Kerndurchmessers. Die Mischstrecke kann wenigstens 5 mal, vorzugsweise wenigstens 12 mal dem Innendurchmesser der Mischkammer entsprechen. Mit einer solchen Mischkammer kann eine besonders homogene Tropfenströmung und damit verbunden eine sehr feine Zerstäubung erreicht werden. Eine feine Zerstäubung führt zu einer grossen Tropfenzahl und zusammen mit den sich in der fein dispergierten Tropfenströmung sehr schnell abkühlenden Tropfen auch zu einer grossen

Eiskeimzahl. Ein derartiges Rohrteil zur Bildung einer Mischkammer kann auch in Kombination mit konventionellen Nukleatordüsen vorteilhaft sein.

[0031] Die Mischkammer kann durch ein etwa hohlzylindrisches Rohrteil gebildet sein, wobei die wenigstens eine Drucklufteintrittsöffnung stirnseitig am Rohrteil und die wenigstens eine Wassereintrittsöffnung mantelseitig im bzw. am Rohrteil angeordnet ist. Selbstverständlich ist es vorstellbar, anstatt eines hohlzylindrischen Rohrteils andere Formgebungen zu wählen. Insbesondere die Aussenform des Rohrteils muss nicht unbedingt zylindrisch oder teilweise zylindrisch sein.

[0032] Wenigstens im Bereich der wenigstens einen Wassereintrittsöffnung, insbesondere am Aussenmantel des Rohrteils, kann ein Filtermittel angeordnet sein. Die wenigstens eine Wassereintrittsöffnung könnte jeweils durch ein einzelnes Filterelement verschlossen sein. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn das Filtermittel ein hülsenförmiges Filterelement ist, das in einem Abstand um das Rohrteil zur Bildung eines Ringspaltraumes angeordnet ist. Diese Filteranordnung ergibt einerseits eine gute Filterwirkung und andererseits lässt sich der Wartungsaufwand erheblich senken. Bei einer Anordnung mit einer Kanalteilung kann es vorteilhaft sein, wenn für Speisung der Mehrzahl von Nukleatordüsen ein gemeinsames Filtermittel (anstatt jeweils Filtermittel je Nukleatordüse) eingesetzt wird. Ein solches zentrales Filtermittel kann relativ grob ausgestaltet sein (z.B. grössere Maschenweiten aufweisen).

[0033] Die Anordnung kann zum Heranführen des Wassers zum Düsenkanal wenigstens eine parallel zum Rohrteil verlaufende, mit wenigstens einer Durchgangsbohrung versehene, vorzugsweise rohrförmige oder im Querschnitt ringförmige Wasserleitung aufweisen, wobei über eine oder mehrere Durchgangsbohrungen Wasser in die wenigstens eine Wassereintrittsöffnung einspeisbar ist.

[0034] Das Rohrteil und die den Austrittsöffnungen zugeordneten Nukleatordüsen können etwa in einem rechten Winkel zueinander ausgerichtet sein. Somit wird das Luft-Wasser-Gemisch im Düsenkanal etwa rechtwinklig umgelenkt, wodurch eine platzsparende Anordnung erreichbar ist.

[0035] Den Austrittsöffnungen können Nukleatordüsen zugeordnet sein, die auf einem Umfang um eine Achse verteilt sind und die jeweils radial weggerichtet sind. Eine derartige Anordnung eignet sich insbesondere für den Einbau in eine Schneilanz.

[0036] Besonders vorteilhaft kann es dabei sein, wenn die Anordnung über ein Kopfteil verfügt, an das die Nukleatordüsen vorzugsweise über eine Schraubverbindung befestigt oder befestigbar sind. Das Kopfteil kann zur Bildung der Kanalteilung einen zentralen, in Richtung seiner Achse verlaufenden Kanal aufweisen, der sich in radial von der Achse weggerichtete Zufuhrkanäle zum Speisen der jeweiligen Nukleatordüsen aufteilt.

[0037] Ein weiterer Aspekt betrifft die Verwendung einer wie vorstehend beschriebenen Anordnung, insbe-

sondere der vorstehend beschriebenen Nukleatordüse zum Erzeugen von Eiskeimen für eine Vorrichtung zum Erzeugen von künstlichem Schnee. Entsprechend betrifft noch ein weiterer Aspekt der Erfindung eine Vorrichtung zum Erzeugen von künstlichem Schnee wie z.B. eine Schneilanze oder Schneekanone mit wenigstens einer solchen Nukleatordüse.

[0038] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ausserdem eine Schneilanze mit wenigstens einer Anordnung zum Erzeugen von Eiskeimen, insbesondere wenigstens einer Nukleatordüse und wenigstens einer Wasserdüse zum Erzeugen von Wassertropfen. Typischerweise aber nicht zwingend wird dabei eine Nukleatordüse in der vorstehend beschriebenen Form eingesetzt. Mit der Nukleatordüse sind Eiskeime erzeugbar. Mit der Wasserdüse ist ein Tropfenstrahl aus Wassertropfen erzeugbar. Nach dem Durchlaufen einer Eiskeimstrecke bzw. nach dem Durchlaufen einer Tropfenstrecke treffen sich der Eiskeimstrahl und der Tropfenstrahl in einer Einkeimungszone. Gemäss diesem Aspekt der Erfindung wird die Schneilanze so ausgebildet, dass die Eiskeimstrecke wenigstens 10 cm, bevorzugt etwa 20 bis 30 cm beträgt. Gleichzeitig beträgt die Tropfenstrecke wenigstens 20 cm, bevorzugt etwa 40 bis 80 cm.

[0039] Die im Vergleich zum Stand der Technik verhältnismässig langen Eiskeimstrecken bzw. Tropfenstrecken erlauben ein besseres Ausgefrieren der nach dem Austritt aus der Nukleatordüse nur äusserlich leicht angefrorenen Eiskeimtröpfchen bzw. eine bessere Abkühlung der aus der Wasserdüse erzeugten Wassertropfen. Die längere Tropfenstrecke erlaubt eine grössere Energieabfuhr an die Umgebung durch Konvektion und Verdunstung. Weil die Wassertropfen auf diese Weise verhältnismässig stark abgekühlt werden können (optimal auf unter 0° C), schmelzen die Eiskeime in Kontakt mit den Wassertropfen nicht. Während sich in Versuchen eine Tropfenstrecke von 20 bis 80 cm als besonders vorteilhaft herausgestellt hat, wäre grundsätzlich eine weitere Verlängerung der Tropfenstrecke denkbar. Im Allgemeinen wird versucht, die Tropfenstrecke möglichst lang auszubilden, wobei sichergestellt werden sollte, dass sich der Tropfenstrahl nicht zu sehr aufweitet.

[0040] Es hat sich überraschend gezeigt, dass sich die maximale Schneitemperatur (Feuchtkugeltemperatur) mit der Anordnung um 2 bis 3 Grad Celsius erhöhen lässt. Typischerweise beträgt die Schneigrenze mit der erfindungsgemässen Schneilanze ca. minus 1 Grad im Vergleich zu einer Schneigrenze von minus 3 bis minus 4 Grad bei Schneilanzengemäss dem Stand der Technik. Ausserdem konnte mit der Anordnung und der Nukleatordüse eine massive Reduktion des Luftverbrauchs um mindestens 50 % gegenüber dem Stand der Technik erreicht werden.

[0041] Bevorzugt weist die Schneilanze einen Lanzenkörper mit einer im Wesentlichen zylindrischen Form auf. Die Nukleatordüse ist dabei bezogen auf die Achse des Lanzenkörpers radial angeordnet oder bis zu einem Win-

kel von 45 Grad schräg nach oben, also vom Lanzenkörper weg, gerichtet. Hier und im folgenden wird jeweils von einer Nukleatordüse bzw. von einer Wasserdüse gesprochen. Selbstverständlich betreffen die nachfolgenden Ausführungen auch Anordnungen mit mehr als einer Nukleatordüse bzw. mehr als einer Wasserdüse.

[0042] Gemäss einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Wasserdüse unter einem Winkel zu einer Ebene senkrecht zur Achse des Lanzenkörpers angeordnet. Die Wasserdüse ist dabei gegen die Nukleatordüse hin gerichtet. Daraus ergeben sich etwa auf einer Kegelmantelfläche liegende Tropfenstrahlen. Weil die Tropfenstrahlen in einer Vorzugsrichtung abgegeben werden, wird die den Tropfenstrahl umgebende Luft mitgerissen. Durch den erhöhten Luftaustausch kann die für die Erstarrung benötigte Energie besser abgeführt werden. Dadurch ergibt sich eine weitere Erhöhung der Effektivität der erfindungsgemässen Schneilanze.

[0043] Wenn mehrere Nukleatordüsen verwendet werden, sind diese vorteilhaft über den Umfang gleichmässig auf dem zylindrischen Lanzenkörper angeordnet. Gleichzeitig sind in diesem Fall bei einer Verwendung von mehreren Wasserdüsen auch diese über den Umfang verteilt auf dem Lanzenkörper angeordnet. Mit solchen Anordnungen lassen sich besonders homogene Schneieresultate erzielen.

[0044] Gemäss einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform ist der Lanzenkörper mit zwei verschiedenen Gruppen von Wasserdüsen versehen. Die Wasserdüsen der beiden Gruppen sind in zwei verschiedenen axialen Lagen am Lanzenkörper angeordnet. Die unterschiedliche axiale Lage führt dazu, dass die Tropfenstrecken der mit den Wasserdüsen der verschiedenen Gruppen erzeugten Wassertropfen unterschiedlich sind. Eine solche Anordnung erlaubt es, bewusst je nach Aussentemperatur längere oder kürzere Tropfenstrecken auszuwählen. Dabei ist es insbesondere vorteilhaft, wenn die Gruppen der Wasserdüsen in den unterschiedlichen Lagen einzeln mit Wasser beaufschlagbar sind. Bei tieferen Umgebungstemperaturen sind verhältnismässig kurze Tropfenstrecken ausreichend. Dann werden zusätzlich die Wasserdüsen mit Wasser beaufschlagt, die näher bei den Nukleatordüsen liegen. Bei höheren Temperaturen wird die Gruppe der Wasserdüsen mit Wasser beaufschlagt, die weiter weg von der Nukleatordüse liegt. Dadurch entsteht eine grössere Tropfenstrecke. Es besteht daher mehr Zeit zur Abkühlung der Wassertropfen.

[0045] Die jeweiligen Wasserdüsen der wenigstens zwei Gruppen von Wasserdüsen können derart ausgerichtet sein, dass die mit den Wasserdüsen erzeugten Tropfenstrahlen erst auf den Eiskeimstrahl treffen, wenn die Eiskeimstrecke wenigstens 10 cm, insbesondere etwa 20 bis 30 cm beträgt.

[0046] Für bestimmte Einsatzzwecke kann es vorteilhaft sein, wenn wenigstens eine Gruppe von Wasserdüsen axial unterhalb der wenigstens einer Nukleatordüse angeordnet ist und wenn wenigstens eine zusätzliche

Gruppe von Wasserdüsen vorgesehen ist, die oberhalb der wenigstens einen Nukleatordüse angeordnet ist. Diese Zusatz-Wasserdüsen können die Beschneigungsleistung weiter erhöhen.

[0047] Insbesondere wenn mehrere Nukleatordüsen verwendet werden, beispielsweise bei der Verwendung von sechs Nukleatordüsen, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Nukleatordüsen bezogen auf die Wasserdüsen in Umfangsrichtung gesehen auf dem Lanzenkörper versetzt zueinander anzuordnen. Dadurch ergibt sich eine besonders effektive Durchmischung in der Einkeimungszone.

[0048] In einer weiteren Ausführungsform kann die Schneilanze zum Vorgeben einer Mischkammer ein vorzugsweise etwa hohlzylindrisches Rohrteil enthalten, an das die wenigstens eine Nukleatordüse strömungstechnisch angeschlossen ist. Das Rohrteil kann dabei vorzugsweise achsparallel zur Lanzenkörperachse im Lanzenkörper angeordnet sein, wodurch eine schlanke Bauform für die Schneilanze erreicht werden kann.

[0049] Zur Speisung der wenigstens einen Nukleatordüse und der wenigstens einen Wasserdüse kann eine gemeinsame Zuführleitung vorgesehen sein.

[0050] Ein weiterer Aspekt betrifft ein Verfahren zum Erzeugen von Eiskeimen für die Herstellung von Kunstschnee. Insbesondere wird dabei eine wie vorstehend beschriebene Nukleatordüse verwendet. Ein Strom aus Wasser und Druckluft wird dabei durch einen Düsenkanal geführt. Der Düsenkanal verringert sich in einem ersten Abschnitt bis auf einen Kerndurchmesser. In einem zweiten Abschnitt weitet sich der Düsenkanal gegen eine Austrittsöffnung hin wieder auf. Gemäss dem erfindungsgemässen Verfahren wird der Strom im sich aufweitenden Bereich mit einem Druck von weniger als 0,6, bevorzugt von etwa 0,2 bar geführt. Ausserdem werden nach dem Austritt aus der Austrittsöffnung im austretenden Medium Druckstösse erzeugt. Es wird angenommen, dass diese Druckstösse zur Auslösung der Erstarrung der Eiskeime dienen und es deshalb erlauben, die zur Erstarrung einzutragende Energie zu reduzieren.

[0051] Ein noch weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen von künstlichem Schnee. Gemäss diesem Verfahren werden in wenigstens einer Nukleatordüse Eiskeime und in wenigstens einer Wasserdüse Wassertropfen durch Zerstäubung von Wasser erzeugt. Typischerweise wird eine wie vorstehend beschriebene Nukleatordüse verwendet. Der mit der Wasserdüse erzeugte Tropfenstrahl und der mit der Nukleatordüse erzeugte Eiskeimstrahl werden in einem Einkeimungsbereich zusammengeführt. Erfindungsgemäss wird der Eiskeimstrahl über eine Eiskeimstrecke von mindestens 10 cm, bevorzugt etwa 20 bis 30 cm geführt. Zusätzlich wird der Tropfenstrahl über eine Tropfenstrecke von wenigstens 20 cm, bevorzugt etwa 40 bis 80 cm geführt.

[0052] Gemäss einer bevorzugten Ausbildung des erfindungsgemässen Verfahrens werden in Abhängigkeit der Feuchtkugelttemperatur der Umgebung in einem ers-

ten Temperaturbereich Wassertropfen mit Wasserdüsen in einem ersten Abstand von der Nukleatordüse erzeugt. In einem zweiten, tieferen Temperaturbereich werden Wassertropfen aus Wasserdüsen erzeugt, die in einem im Vergleich zum ersten Abstand kleineren, zweiten Abstand von der Nukleatordüse angeordnet sind. Auf diese Weise lässt sich je nach Feuchtkugelttemperatur der Umgebung eine optimale Tropfenstrecke auswählen.

[0053] Der Tropfenstrahl der zusätzlichen Wasserdüsen kann über eine Tropfenstrecke von wenigstens 20 cm, insbesondere 40 cm bis 80 cm zu einem Einkeimungsbereich geführt werden.

[0054] Alternativ oder zusätzlich kann der Tropfenstrahl der zusätzlichen Wasserdüsen über eine Tropfenstrecke von wenigstens 20 cm, insbesondere 40 cm bis 80 cm zu einem zweiten Einkeimungsbereich geführt werden, wo bereits gefrorene Tropfen aus den Wasserdüsengruppen und/oder noch vorhandene Eiskeime aus der Nukleatordüse in einer Art sekundären Einkeimung die Tropfen animpfen und damit deren Gefrieren ermöglichen.

[0055] Die Erfindung wird im folgenden in Ausführungsbeispielen und anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1: Schematische Darstellung eines Schneiprozesses;
- Figur 2: Querschnitt durch eine Nukleatordüse;
- Figur 3: Verlauf der Wassertemperatur in der Nukleatordüse gemäss Figur 2;
- Figur 4: Seitenansicht einer erfindungsgemässen Schneilanze;
- Figur 5: Schnitt durch die Schneilanze gemäss Figur 4 entlang einer Ebene senkrecht zur Achse der Schneilanze;
- Figur 6: Machzahl, homogene Temperatur und homogener Druck am Austritt einer Nukleatordüse in Abhängigkeit des Flächenverhältnisses zwischen Kerndurchmesser und Austrittsöffnung;
- Figur 7: Grafische Darstellung des Eisgehalts in Abhängigkeit der Tropfenstrecke bei einer erfindungsgemässen Schneilanze,
- Figur 8: theoretisch optimale Tropfenstrecke in Abhängigkeit der Wassertemperatur und der Feuchtkugelttemperatur der Umgebungsluft,
- Figur 9: Perspektivische Darstellung eines oberen Teils einer Schneilanze gemäss einem zweiten Ausführungsbeispiel,
- Figur 10: Seitenansicht des oberen Endes der Schneilanze gemäss Figur 9,
- Figur 11: Querschnitt durch die Schneilanze im Bereich der Nukleatordüsen (Schnittlinie A-A gemäss Figur 10),
- Figur 12: Draufsicht auf die Schneilanze gemäss Figur 9,
- Figur 13: Schnittdarstellung der Schneilanze ent-

- Figur 13a: lang der Schnitlinie F-F gemäss Figur 11, Schnittdarstellung der Schneilanze entlang der Schnitlinie H-H gemäss Figur 11,
- Figur 14: Weitere Draufsicht auf die Schneilanze mit der Darstellung einer weiteren Schnitlinie,
- Figur 15: Schnittdarstellung des obersten Endes der Schneilanze entlang der Schnitlinie B-B gemäss Figur 14,
- Figur 16: Detail C aus Figur 15,
- Figur 17: Perspektivische Darstellung eines Rohrteils und dreier Nukleatordüsen für die Schneilanze gemäss Figur 9,
- Figur 18: Seitenansicht mit einem Teilschnitt des Rohrteils in vergrösserter Darstellung,
- Figur 19: Querschnitt durch die Nukleatordüse gemäss Figur 17 in stark vergrösserter Darstellung,
- Figur 20: Seitenansicht eines Lanzenkörpers für die Schneilanze,
- Figur 21: Querschnitt durch den Lanzenkörper (Schnitlinie H-H gemäss Figur 20), und
- Figur 22: Weiterer Querschnitt durch den Lanzenkörper (Schnitlinie G-G gemäss Figur 20).

[0056] Figur 1 zeigt schematisch die Herstellung von künstlichem Schnee mit einer Schneilanze. In einer Nukleatordüse 20 oder 50 werden Eiskeime 28 erzeugt. In einer Wasserdüse 30 werden Wassertropfen 32 erzeugt. Die Wassertropfen 32 bewegen sich über eine Tropfenstrecke 31 bis zu einer Einkeimungszone E. Die Eiskeime 28 bewegen sich über eine Eiskeimstrecke 21 bis zur Einkeimungszone E. In der Einkeimungszone E gelangen die Wassertropfen 32 in Kontakt mit den Eiskeimen 28 und werden angeimpft. Auf dem Weg über die Tropfenstrecke 31 kühlen sich die mit der Wasserdüse 30 zerstäubten Wassertropfen 32 ab. Die mit Eiskeimen angeimpften Wassertropfen erstarren anschliessend in einer Erstarrungszone 40 und fallen typischerweise nach einer Fallhöhe H von etwa 10 Metern als Schnee zu Boden.

[0057] Figur 2 zeigt im Querschnitt einer Nukleatordüse 20. Die Nukleatordüse 20 weist eine seitliche Wassereintrittsöffnung 22 und eine axiale Drucklufteintrittsöffnung 24 auf. Die Wassereintrittsöffnung 22 mündet etwa senkrecht in einen Düsenkanal 25. Die Drucklufteintrittsöffnung 24 liegt auf der Achse des Düsenkanals 25.

[0058] Die Nukleatordüse 20 ist als konvergent-divergente Düse ausgebildet. Dies heisst, dass sich der Düsenkanal 25 in einem ersten Abschnitt bis zu einem Kerndurchmesser 26 im Durchmesser verjüngt. In einem zweiten, sich aufweitenden Bereich 27 weitet sich der Düsenkanal 25 von dem Kerndurchmesser 26 zu einer Austrittsöffnung 23 hin wieder auf.

[0059] Bei dem in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Düsenkanal mit einem runden Querschnitt ausgebildet. Der Durchmesser DM der Drucklufteintrittsöffnung 24 beträgt 2,0 mm. Der Durchmesser DLW der Wassereintrittsöffnung 22 beträgt 0,15 mm. Der Quer-

schnittsdurchmesser DK des Düsenkanals 25 im Bereich des Kerndurchmessers 26 beträgt 0,85 mm während der Querschnittsdurchmesser DA des Düsenkanals 25 im Bereich der Austrittsöffnung 23 2,5 mm beträgt. Das Verhältnis zwischen der Querschnittsfläche im Bereich der Austrittsöffnung 23 und im Bereich der Verengung 26 wird erfindungsgemäss möglichst hoch gewählt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel beträgt das Verhältnis ca. 9:1.

[0060] Bei bestimmungsgemässen Betrieb der Nukleatordüse wird durch die Drucklufteintrittsöffnung 24 Luft unter einem Druck von 6 bis 10 bar (absoluter Luftdruck) in einer Menge von bis maximal 50 Normlitern (NI) pro Minute eingeführt. Bei der Verwendung von typischerweise 6 Nukleatordüsen pro Lanze ergibt sich ein maximaler Luftverbrauch von 300 Normlitern (NI) pro Minute. Durch die Wassereintrittsöffnung 22 wird Wasser mit einem Druck zwischen 15 und 60 bar (absoluter Luftdruck) in den Düsenkanal 25 eingebracht. Mit den genannten Drücken ergeben sich in der Nukleatordüse Massenstrom-Verhältnisse von Luft- und Wassermassenstrom von ca. 0,6 bis 1,9. In gewissen Fällen sind aber auch Massenstrom-Verhältnisse von Luft- und Wassermassenstrom 0,3 bis 1,7 vorstellbar.

[0061] Bei dem in Figur 2 gezeigten Flächenverhältnis zwischen Verjüngung 26 und Austrittsöffnung 23 und bei einem vollen Kegelwinkel α von ca. 20 Grad im sich aufweitenden Bereich 27 ergibt sich bei den genannten Betriebsparametern im sich aufweitenden Bereich 27 ein Druck von etwa 0,2 bar. Bei gleich bleibendem Flächenverhältnis kann der Winkel α in einem bestimmten Bereich beliebig ausgewählt werden, wobei aber kleinere Winkel zu bevorzugen sind. Die damit verbundene längere Verweilzeit in der Düse lässt den mitgeführten Wassertröpfchen mehr Zeit sich abzukühlen.

[0062] Figur 3 zeigt schematisch den Betrieb der Nukleatordüse 20 aus Figur 2 zum Erzeugen von Eiskeimen. Im angenommenen Beispiel in Figur 3 beträgt die Wassertemperatur T_W ursprünglich etwa 2° C. Durch die Querschnittsverengung und anschliessende Aufweitung wird das Wasser durch die Druckluft abgekühlt. Es erfolgt eine Abkühlung auf typischerweise - 1° C bis - 2° C. Diese Abkühlung ist geringer als die mit herkömmlichen Nukleatordüsen angestrebte Abkühlung von - 8° C bis - 12° C. Entsprechend ist mit der Nukleatordüse 20 der Druckluftverbrauch deutlich kleiner.

[0063] Aufgrund der gezielten Wahl der Geometrie im sich aufweitenden Bereich 27 wird bis zur Austrittsöffnung 23 ein relativ grosser Unterdruck erzeugt. Gleichzeitig werden gezielt druckausgleichende Stösse im Bereich 29 gebildet, welche die Eiskeimbildung unterstützen bzw. die Erstarrung auslösen. Mit MS ist eine Mischstrecke für das Luft-Wasser-Gemisch der Mischkammer des Düsenkanals 25 bezeichnet. Die Mischstrecke MS ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel etwa 3,5 mal grösser als der Durchmesser DM des Düsenkanals im Bereich der Mischstrecke. Verhältnismässig lange Mischstrecken führen zu einer vorteilhaften, fein disper-

gierten Tropfenströmung.

[0064] Die in Figur 2 gezeigte Nukleatordüse kann grundsätzlich zur Erzeugung von Eiskeimen in Schneekanonen oder in Schneilanzern eingesetzt werden.

[0065] Figur 4 zeigt eine Schneilanze 1, welche mit drei Nukleatordüsen 20 versehen ist (in Figur 4 in Seitenansicht ist nur eine Nukleatordüse 20 sichtbar). Die Schneilanze 1 weist einen Lanzenkörper 10 auf. Der Lanzenkörper 10 ist im Wesentlichen mit einer Zylindergeometrie ausgebildet. Die Nukleatordüsen 20 sind an einem Ende des Lanzenkörpers 10 über dessen Umfang radial nach aussen gerichtet angeordnet.

[0066] Am Lanzenkörper 10 sind ausserdem zwei Gruppen von Wasserdüsen 30, 30' angeordnet. In Figur 4 in der Seitenansicht ist jeweils nur eine Wasserdüse einer Gruppe sichtbar. Typischerweise sind pro Gruppe drei Wasserdüsen 30 bzw. 30' gleichmässig im Abstand von 120 Grad über den Umfang des Lanzenkörpers 10 angeordnet.

[0067] Die Wasserdüsen 30 bzw. 30' sind bezogen auf eine Ebene senkrecht zur Achse A des Lanzenkörpers 10 geneigt angeordnet. Dabei ist der Winkel β der weiter von der Nukleatordüse 20 angeordneten Wasserdüsen 30 kleiner gewählt als der Winkel β' der näher bei der Nukleatordüse 20 liegenden Wasserdüsen 30'. Typischerweise beträgt der Winkel β der Wasserdüsen 30 etwa 30 Grad und der Winkel β' der Wasserdüsen 30' etwa 50 Grad.

[0068] Eiskeime durchlaufen nach dem Austritt aus der Nukleatordüse 20 eine Eiskeimstrecke 21. Die mit den Wasserdüsen 30 bzw. 30' erzeugten Wassertropfen treffen nach dem Durchlaufen einer Tropfenstrecke 31 bzw. 31' in der Einkeimungszone E mit Eiskeimen zusammen.

[0069] Im gezeigten Ausführungsbeispiel beträgt die Tropfenstrecke 31 etwa 70 cm. Die Tropfenstrecke 31' beträgt etwa 50 cm. Die Eiskeimstrecke 21 beträgt ca. 25 cm.

[0070] Dadurch, dass die Wasserdüsen 30 bzw. 30' verhältnismässig weit von den Nukleatordüsen 20 angeordnet sind, ergeben sich verhältnismässig grosse Tropfenstrecken 31 bzw. 31'. Deshalb haben die mit den Wasserdüsen 30 bzw. 30' gebildeten Wassertropfen ausreichend Zeit, sich auf die notwendige Temperatur abzukühlen. Die Tropfenstrecke 31, 31' bzw. die Eiskeimstrecke 21 können grundsätzlich oberhalb einer unteren Grenze von typischerweise etwa 20 cm beliebig lang gewählt werden. Die obere Grenze ist dadurch gegeben, dass sich die Strahlen im Einkeimungsbereich E noch treffen müssen. Je nach Anwendungsgebiet kann es daher auch sinnvoll sein, die Nukleatordüse 20 als Rundstrahldüse (d.h. mit einem kreisrunden Querschnitt im Austrittsbereich) oder als Flachstrahldüse (d.h. mit einem elliptischen Querschnitt im Austrittsbereich) auszubilden.

[0071] Die Anordnung der Wasserdüsen 30 bzw. 30' in zwei Gruppen mit unterschiedlichen Abständen zur Nukleatordüse 20 ermöglicht unterschiedliche Betriebsmodi je nach Feuchtkugelttemperatur der Umgebung. Ty-

pischerweise werden bei niedrigeren Feuchtkugelttemperaturen beide Gruppen der Wasserdüsen 30 und 30' verwendet. Bei tieferen Temperaturen ist eine kürzere Tropfenstrecke 31' ausreichend. Bei höheren Feuchtkugelttemperaturen werden nur die weiter entfernten Wasserdüsen 30 verwendet. Aufgrund der längeren Tropfenstrecke 31 wird trotzdem eine ausreichende Abkühlung sichergestellt.

[0072] Der Wasserverbrauch einer Düse 30 oder 30' liegt bei Betriebsdrücken von 15 bis 60 bar üblicherweise zwischen 12 und 24 Liter Wasser pro Minute. Bei hohen Feuchtkugelttemperaturen der Umgebung von typischerweise -4°C bis -1°C kann im Ausführungsbeispiel mit drei Wasserdüsen 30 der weiter entfernten Gruppen mit ca. 36 bis 72 Liter Wasser pro Minute geschneit werden. Nach Zuschaltung der Wasserdüsen 30' der näher liegenden Gruppe unterhalb von typischerweise -4°C ergibt sich ein Verbrauch von ca. 72 bis 144 Liter Wasser pro Minute. Für noch tiefere Temperaturen ist mindestens eine weitere Wasserdüsen-Gruppe vorgesehen, die aber hier nicht gezeigt ist.

[0073] Im Lanzenkörper 10 sind in an sich bekannter Art und Weise Luft- und Wasserzuführungen für die einzelnen Düsen angeordnet. Solche Zuführungen sind dem Fachmann geläufig. Sie werden deshalb hier nicht im Detail beschrieben.

[0074] Die verschiedenen beschriebenen Bauteile sind aus Metall gefertigt. Typischerweise wird für den Körper der Nukleatordüse und der Wasserdüse und auch der Schneilanze Aluminium, teilweise eloxiert, verwendet.

[0075] Figur 5 zeigt einen Schnitt durch eine Ebene senkrecht zur Achse A des Lanzenkörpers. Der Lanzenkörper 10 ist im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet. Drei Wasserdüsen 30 sind im Winkel Abstand von 120 Grad regelmässig über den Umfang des Lanzenkörpers 10 angeordnet. Im Innern des Lanzenkörpers 10 sind verschiedene nicht näher beschriebene Zufuhrleitungen für Luft bzw. Wasser gezeigt.

[0076] Die Figuren 6 bis 8 zeigen verschiedene Messresultate, aus welchen die deutlich höhere Effizienz der Nukleatordüse bzw. Schneilanze ersichtlich ist.

[0077] In Figur 6 sind die Machzahl, die homogene Temperatur und der homogene Druck im Medium im Bereich der Austrittsöffnung 23 der Nukleatordüse 20 (siehe Figur 2) als theoretische Werte gezeigt. Homogen bedeutet hier, dass sich die Temperaturen von Luft und Wasser in der Düse schon vollständig ausgeglichen haben. In der Realität wird dies nie der Fall sein. Deshalb liegen die hier gezeigten Temperaturen deutlich tiefer als die zu erwartenden Wassertemperaturen. Die Geometrie der Nukleatordüse 20 wird so gewählt, dass die Machzahl im Bereich von wenigstens etwa 2 bis 2,5 liegt. Im Bereich der Austrittsöffnung beträgt der Druck im austretenden Medium etwa 0,2 bis 0,6 bar. Die angegebenen Druck- und Temperaturwerte sowie die Machzahl hängen vom Flächenverhältnis A_A/A_K zwischen der Querschnittsfläche im Bereich der Austrittsöffnung 23 und im

Bereich der Verengung 26 ab. Das aufgrund von Versuchen als bevorzugt befundene Flächenverhältnis beträgt ca. 9:1.

[0078] In der untersten Darstellung in Figur 6 sind ausserdem zwei verschiedene Kurven in Abhängigkeit des Luftdrucks in der Nukleatordüse 20 gezeigt. Bei 6 und bei 10 bar Luftdruck ergeben sich vergleichbare Resultate.

[0079] In allen drei Darstellungen gemäss Figur 6 finden sich ausserdem die Kurven für zwei unterschiedliche Massenstromverhältnisse ALR zwischen Luft und Wasser. Diese liegen innerhalb der oben genannten Grenzen des Betriebsbereiches, welcher sich aus den typischerweise vorherrschenden Druckbereichen von Wasser und Luft und der Geometrie ergeben.

[0080] Figur 7 zeigt den mittleren Eisgehalt in Prozenten in einem Bereich von ca. 3,5 m horizontaler Distanz nach dem Düsenaustritt. Der Eisgehalt nimmt mit zunehmender Tropfenstrecke zu. Bei einer feststehenden Eiskeimstrecke 21 von 25 cm und einer Wassertemperatur von 1,7 Grad Celsius ergibt sich bei einer Feuchtkugeltemperatur der Umgebung von - 2° C ein von ca. 4,5 % auf ca. 6 % steigender Eisgehalt bei einer Tropfenstrecke von 10 bzw. 50 cm. Der Effekt ist bei tieferer Feuchtkugeltemperatur von - 7° C sogar noch ausgeprägter: Hier ergibt sich bei der Verlängerung der Tropfenstrecke von ca. 10 auf 50 cm eine Zunahme des Eisgehalts von ca. 12 auf fast 15 %.

[0081] Figur 8 zeigt ausserdem die theoretischen optimalen, experimentell bestimmten Tropfenstrecken in Abhängigkeit von verschiedenen Wassertemperaturen für verschiedene Feuchtkugeltemperaturen. Unter theoretisch optimaler Tropfenstrecke wird diejenige Strecke verstanden, mit der die Wassertropfen der Wasserdüsen 30 und 30' gerade auf 0° C gekühlt werden können. Beim Zusammentreffen in der Einkeimungszone werden dadurch sicher keine Eiskeime mehr geschmolzen, wodurch die besten Schneireultate zu erwarten sind. Wie Figur 8 zeigt, kann mit einer Wassertemperatur von 1 Grad Celsius mit einer Tropfenstrecke im Bereich von 50 cm bis 1 m bei einer Feuchtkugeltemperatur der Umgebung von bis zu - 2° C optimal beschneit werden.

[0082] In Figur 9 ist eine weitere Schneilanze 1 gezeigt, die sich gegenüber der Schneilanze gemäss Figur 4 unter anderem dadurch unterscheidet, dass oberhalb der mit 50 bezeichneten Nukleatordüsen zusätzliche Wasserdüsen 30" eingeordnet sind. Die Wasserdüsen- und Nukleatordüsen-Geometrie ist im Wesentlichen gleich geblieben. Die Schneilanze zeichnet sich also durch vergleichsweise lange Eiskeimstrecken und Tropfenstrecken aus. Auch hier soll die Eiskeimstrecke wenigstens 10 cm, insbesondere etwa 20 bis 30 cm und die jeweiligen Tropfenstrecken der Wasserdüsen 30 und/oder 30' wenigstens 20 cm, insbesondere etwa 40 bis 80 cm betragen. Die Tropfen der zusätzlichen Wasserdüsen 30" werden in einer zweiten Einkeimungszone, durch bereits gefrorene Tropfen der Wasserdüsen 30 und/oder 30' und verbleibende Eiskeime der Nukleatordüsen (20/50)

angepfropft. Die Schneilanze 1 verfügt über eine nachfolgend noch näher beschriebene, alternative Anordnung zum Erzeugen von Eiskeimen.

[0083] Wie aus Figur 10 hervorgeht, sind die Nukleatordüsen 50 in einem Kopfteil 41 befestigt. Die Befestigung erfolgt beispielhaft über eine Schraubverbindung. Zum Einschrauben der Düse 50 sind neben der Austrittsöffnung 23 zwei Sacklöcher als Werkstückaufnahmen erkennbar (vgl. z.B. nachfolgende Figur 19). Dieses Kopfteil 41 ist am Lanzenkörper angeschraubt.

[0084] Wie aus Figur 11 hervorgeht, sind die drei Nukleatordüsen 50 der Anordnung zum Erzeugen von Eiskeimen von einem gemeinsamen Kanal gespiesen. Durch diesen Kanal ist ein Wasser-Luft-Gemisch durchführbar, welches sich in der Kanalteilung 43 aufteilt und den Nukleatordüsen 50 zugeführt wird. Mit 51 ist eine Düseneintrittsöffnung des Düsenkanals der Nukleatordüse 50 bezeichnet. Diese Nukleatordüsen 50 unterscheiden sich von den Nukleatordüsen gemäss dem ersten Ausführungsbeispiel (vgl. Figur 2, 3) vor allem dadurch, dass das Wasser nicht über eine seitliche, separate Eingangsöffnung in den Düsenkanal geleitet wird. Die Grundkonzeption der Düsenkanal-Geometrien der Nukleatordüsen 50 sind mehr oder weniger gleich geblieben. Die Nukleatordüse 50 ist also ebenfalls als konvergent-divergente Düse ausgestaltet, bei der das Verhältnis der Querschnittsfläche der Austrittsöffnung zur Querschnittsfläche des Düsenkanals im Bereich des Kerndurchmessers mindestens 4:1 und vorzugsweise etwa 9:1 beträgt. Die einzelnen Nukleatordüsen sind strömungstechnisch jeweils mit Zufuhrkanälen 56 verbunden, welche mit einem zentralen Kanal 55 im Bereich der Kanalteilung 43 in Verbindung stehen. Gut aus Figur 11 ist weiterhin erkennbar, dass die Wasserdüse 30' als Flachstrahl-Düse ausgestaltet ist.

[0085] Aus der Draufsicht gemäss Figur 12 (sowie auch aus Figur 14) auf die Schneilanze 1 ist erkennbar, dass die jeweils drei Wasserdüsen 30' und 30" (sowie selbstverständlich auch die hier nicht erkennbaren Nukleatordüsen) über den Umfang verteilt auf dem Lanzenkörper 10 angeordnet sind.

[0086] Figur 13 zeigt einen Längsschnitt durch die Schneilanze 1. Zur Bildung einer Mischkammer ist ein etwa hohlzylindrisch ausgebildetes Rohrteil 44 vorgesehen, in das Druckluft über eine Drucklufteintrittsöffnung 24 zuführbar ist. Das Wasser wird von der Seite her in die Mischkammer des Rohrteils 44 geführt. Das Rohrteil 44 ist mantelseitig von einem Aussenrohr 46 umgeben, das zwei Bohrungen 48 für den Wassereintritt aufweist. Zwischen dem

[0087] Aussenrohr 46 und dem Rohrteil 44 ist ein hülsenförmiges Filterelement 49 angeordnet (vgl. nachfolgende Fig. 18). Die Einspritzung von Wasser erfolgt für alle Nukleatordüsen ersichtlicherweise über eine gemeinsame Mischkammer. Weiterhin weist die Anordnung über ein gemeinsames, zentrales Wasser-Filtermittel 49 für die drei Nukleatordüsen auf. Dies hat den Vorteil, dass - im Vergleich zur Anordnung gemäss dem

ersten Ausführungsbeispiel gemäss Figur 2 - ein vergleichsweise grosse Wassereintrittsöffnung gewählt werden kann. Dies hat unter anderem herstellungstechnische Vorteile. Ein weiterer Vorteil besteht aber auch darin, dass die Filtration des zugeführten Wassers vereinfacht werden kann. Das Mischkammer-System nach dem zweiten Ausführungsbeispiel lässt es beispielsweise zu, das gröbere und grossflächigere Filter eingesetzt werden können.

[0088] Anhand der Figuren 13 und 13a ist ersichtlich, wie das Wasser durch die Schneilanze geleitet und die Wasser- und Nukleatordüsen gespiesen werden. In Figur 13a ist erkennbar, wie das Wasser in 45' (und 45) nach oben in das Kopfteil geführt und dort umgelenkt wird. Das Wasser speist dabei die Nukleatoren, gleichzeitig wird durch Aufwärmen des Kopfes das Vereisen verhindert. Dann wird das Wasser wieder an den Fuss der Lanze geleitet, wo es mit Ventilen in drei Kanäle verteilt und wieder nach oben geleitet werden kann (siehe Figuren 20-22). Die Richtung der Wasser-Massenströme ist mit Pfeilen angedeutet. Die drei Gruppen von Wasserdüsen (30, 30', 30'') sind mittels (nicht dargestellten) Ventilen jeweils einzeln mit Wasser beaufschlagbar. In Figur 13 ist ein sich in axialer Richtung des Lanzenkörpers erstreckender Kanal 59' erkennbar, der zur Speisung der oberen Wasserdüsen (30') dient. Mit 57 ist eine Aussparung im Aussenmantel des Lanzenkörpers bezeichnet, über welche das Wasser in einen Ringkanal, gebildet durch ein Ringelement 54 gelangen kann. Das Ringelement 54 weist am Umfang Ausnehmungen auf, in welche die Wasserdüsen einschraubbar sind (vgl. z.B. Fig. 9 oder 10). Auch die Düsen 30 werden durch einen Ringkanal auf gleichartige Weise gespiesen. Mit 58 ist eine Druckluft-Zuführleitung bezeichnet. Die Druckluft gelangt von diesem Kanal 58 über eine Filterkerze 52 in das Rohrteil 44.

[0089] Die Figuren 15 und 16 zeigen die Schneilanze 1 in einem weiteren Längsschnitt, wobei in Figur 16 die Schneilanze massstabsgetreu abgebildet ist. Hieraus ist insbesondere die Gestaltung des Düsenkanals der Anordnung zum Erzeugen von Eiskeimen gut erkennbar. Das Wasser-Luft-Gemisch wird entlang einer ersten Mischstrecke MS' bis zur Kanalteilung 43 geführt. Dann wird dieser Massenstrom umgelenkt und aufgeteilt bis er schliesslich durch die jeweiligen Düsenkanäle der Nukleatordüsen 50 zur Austrittsöffnung 23 gelangt. Die Mischstrecke MS' ist dabei ungefähr 12 mal grösser als der Durchmesser des Düsenkanals im Bereich der Mischstrecke. Besonders vorteilhafte Ergebnisse lassen sich erzielen, wenn die gesamte Mischstrecke MS'+ MS'' wenigstens 12 mal grösser als der Durchmesser des Düsenkanals im Bereich der Mischstrecke ist. Es hat sich gezeigt, dass eine Mischstrecke, die wenigstens 3 mal grösser als der Durchmesser des Düsenkanals im Bereich der Mischstrecke MS' ist, vorteilhaft sein kann. An die Mischkammer des Rohrteils schliesst ein kurzer, dem Kopfteil zugeordneter Kanal 55 mit dem gleichen Kanaldurchmesser an, der sich in drei Kanäle 56 aufteilt.

Die Kanäle 56 (Mischstrecke MS'') und somit auch die Nukleatordüsen 50 sind in einem rechten Winkel zum Rohrteil 44 ausgerichtet. Die Querschnittsfläche im Bereich der Mischstrecke MS' ist im vorliegenden Beispiel etwa 7 mal grösser als die Gesamtquerschnittsfläche der drei Nukleatordüsen im Bereich des Kerndurchmessers.

[0090] Figur 17 zeigt in einer Art Explosionsdarstellung das Rohrteil 44 sowie die drei Nukleatordüsen 50 der Anordnung zum Erzeugen von Eiskeimen für die Schneilanze.

[0091] Einzelheiten eines Rohrteils 44 sind aus Figur 18 entnehmbar. Die Wassereintrittsöffnung 22 ist hier in Bezug auf die axiale Richtung in etwa mittig im Rohrteil 44 angeordnet. Das Filterelement 49 kann aus einem Drahtgeflecht bestehen. Ein solches zentrales Filtermittel kann relativ grob ausgestaltet sein, wodurch der Einsatzbereich erweitert werden kann. Die Maschenweite eines Draht-Gewebefilters (bzw. Lochweite im Allgemeinen) kann z.B. etwa 0,1 mm betragen. Das Filterelement 49 ist ersichtlicherweise von der Aussenwandung des Rohrteils 44 beabstandet, wodurch sich ein Ringspalt ausbildet. Das Wasser gelangt vom Ringspalt über die Wassereintrittsöffnung 22 im Rohrteil 44 schliesslich in die Mischkammer und wird vom Druckluft-Strom mitgerissen und mit diesem vermischt. Die Durchmesser der Bohrungen 48 sind im Vergleich zum Durchmesser der Wassereintrittsöffnung 22 um ein Vielfaches grösser. Der mit DLW bezeichnete Durchmesser der Wassereintrittsöffnung 22 kann je nach Einsatzzweck z.B. 0,25 mm oder 0,5 mm betragen. Im Bereich der Drucklufteintrittsöffnung 24 ist eine Filterkerze 52 zur Reinigung der herangeführten Luft angeordnet.

[0092] Konstruktive Details einer Nukleatordüse 50 sind aus Figur 19 entnehmbar. Die Düse 50 ist als einstückiges Bauteil ausgestaltet, das über ein Aussengewinde verfügt, mit dem die Düsen in entsprechende Aufnahmen am Kopfteil befestigbar sind. Die vorliegende Düse zeichnet sich beispielhaft durch folgende Kenndaten auf: Austrittsdurchmesser $D_A = 2,5$ mm, Kerndurchmesser $D_K = 0,85$ mm und Eintrittsdurchmesser $D_M = 2,1$ mm. Der Durchmesser des (hier nicht gezeigten) in die Düse einmündenden Kanals (56) beträgt 2,0 mm. Die mit LE bezeichnete Länge des engsten Querschnitts beträgt ca. 5,4 mm. Dank des verhältnismässig langen Kanalabschnitts mit dem engsten Querschnitt (LE) sowie wegen des vergleichsweise langen Austrittskonuses haben die Wassertröpfchen genügend Zeit für die Kühlung, wodurch das Erzeugen von Eiskeimen optimierbar ist.

[0093] Figur 20 zeigt einen Lanzenkörper 10. Die Figuren 21 und 22 zeigen einen Schnitt durch den Lanzenkörper in zwei verschiedenen axialen Lagen. Der Lanzenkörper 10 ist als in axialer Richtung sich erstreckendes Hohlprofil enthaltend fünf kreisförmige Hohlräume 53, 53', 58, 59, 59' sowie vier nichtrunde Hohlräume 45, 45', 47, 47'. Der mittige Hohlraum 58 dient dabei als Zuführleitung für die Druckluft für die Nukleatordüsen. In den Hohlräumen 45 und 45' wird Wasser nach oben zum

(hier nicht gezeigten) Lanzenkopf geführt und dort umgelenkt. Das Wasser wird dann über die Hohlräume 47 und 47' nach unten zu einer (nicht gezeigten) Ventilanzordnung geführt. Je nach Ansteuerung gelangt das Wasser zu den runden Kanälen 59' und/oder 59', welche die unterhalb der Nukleatordüsen angeordneten Wasserdüsen speisen. In Figur 21 ist ein Langloch 57 erkennbar, das strömungstechnisch die Verbindung zwischen dem Hohlraum bzw. Kanal 59 und den unteren (hier nicht gezeigten) Wasserdüsen (30) herstellt. Der Hohlraum bzw. Kanal 59' dient für die Speisung der oberen Wasserdüsen (30'). Die Kanäle 53 und 53' dienen der Speisung der Zusatz-Wasserdüsen (30''), die oberhalb der Nukleatoren angeordnet sind.

[0094] Aus Figur 22 sowie Figur 20 ist erkennbar, wie die Bohrung 48 hergestellt werden kann, mit welcher Wasser zum Rohrteil 44 zur Speisung der Nukleatoren zugeführt werden kann. Diese Bohrungen lassen sich auf einfache Art und Weise durch eine Bohroperation am Lanzenkörper von aussen herstellen. Die dabei entstehenden Löcher am Aussenmantel des Lanzenkörpers 10 müssen danach lediglich verschlossen werden. In Figur 22 ist mit einer schraffierten Fläche 60 eine Auffüllung der Löcher angedeutet.

Patentansprüche

1. Schneilanze (1) mit wenigstens einer Nukleatordüse (20, 50) zum Erzeugen von Eiskeimen und mit wenigstens einer Wasserdüse (30;30'), wobei mit der Nukleatordüse (20,50) ein Eiskeimstrahl und mit der Wasserdüse (30;30') ein Tropfenstrahl erzeugbar ist, welche sich nach Durchlaufen einer Eiskeimstrecke (21) bzw. nach Durchlaufen einer Tropfenstrecke (31;31') in einer Einkeimungszone (E) treffen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Eiskeimstrecke (21) wenigstens 10 cm, insbesondere etwas 20 bis 30 cm beträgt und/oder dass die Tropfenstrecke (31;31') wenigstens 20 cm, insbesondere etwa 40 bis 80 cm beträgt und dass die wenigstens eine Nukleatordüse (20, 50) Teil einer Anordnung zum Erzeugen von Eiskeimen mit einem Düsenkanal (25) mit wenigstens einer Drucklufteintrittsöffnung (24) und mit wenigstens einer Wassereintrittsöffnung (22) sowie mit einer Austrittsöffnung (23) ist, wobei sich der Querschnitt des Düsenkanals (25) in einem ersten Abschnitt in Richtung der Austrittsöffnung (23) bis auf einen Kerndurchmesser (26) verjüngt und wobei sich der Querschnitt des Düsenkanals (25) anschliessend in Richtung der Austrittsöffnung (23) in einem zweiten Abschnitt (27) aufweitet, wobei das Verhältnis der Querschnittsfläche der Austrittsöffnung (23) zur Querschnittsfläche des Düsenkanals (25) im Bereich des Kerndurchmessers (26) mindestens 4 : 1, vorzugsweise etwa 9 : 1 beträgt.

2. Schneilanze (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

zeichnet, dass die Schneilanze (1) einen Lanzenkörper (10) mit einer im Wesentlichen zylindrischen Form aufweist und dass die wenigstens eine Nukleatordüse (20, 50) unter einem Winkel von vorzugsweise 0 bis 45 Grad zu einer Ebene senkrecht zur Achse des Lanzenkörpers (10) so angeordnet ist, dass die Nukleatordüse (20, 50) radial oder vom Lanzenkörper weg schräg nach oben gerichtet ist.

3. Schneilanze (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Wasserdüse (30;30') unter einem Winkel zu einer Ebene senkrecht zur Achse des Lanzenkörpers (10) angeordnet und gegen die wenigstens eine Nukleatordüse (20, 50) hin gerichtet ist.

4. Schneilanze (1) nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lanzenkörper (10) mit wenigstens zwei Gruppen von Wasserdüsen (30;30') versehen ist, die in wenigstens zwei verschiedenen axialen Lagen am Lanzenkörper (10) angeordnet sind.

5. Schneilanze (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Wasserdüsen (30;30') der wenigstens zwei Gruppen von Wasserdüsen derart ausgerichtet sind, dass die mit den Wasserdüsen (30;30') erzeugten Tropfenstrahlen erst nach Durchlaufen einer Tropfenstrecke (31;31') von wenigstens 20 cm, insbesondere nach Durchlaufen einer Tropfenstrecke (31;31') von etwa 40 bis 80 cm auf den Eiskeimstrahl treffen.

6. Schneilanze (1) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweiligen Wasserdüsen (30;30') der wenigstens zwei Gruppen von Wasserdüsen derart ausgerichtet sind, dass die jeweils mit den Wasserdüsen (30;30') erzeugten Tropfenstrahlen in einer gemeinsamen Einkeimungszone (E) auf den Eiskeimstrahl treffen.

7. Schneilanze (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** bezogen auf die axialen Lagen wenigstens eine Gruppe von Wasserdüsen (30;30') unterhalb der wenigstens einen Nukleatordüse (20,50) angeordnet ist und dass wenigstens eine zusätzliche Gruppe von Wasserdüsen (30'') vorgesehen ist, die oberhalb der wenigstens einen Nukleatordüse (20,50) angeordnet ist.

8. Schneilanze (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zum Vorgeben einer Mischkammer ein vorzugsweise etwa hohlzylindrisches Rohrteil (44) enthält, an das die wenigstens eine Nukleatordüse (20, 50) angeschlossen ist, wobei das Rohrteil (44) vorzugsweise achsparallel zum Lanzenkörper im Lanzenkörper (10) angeordnet ist.

9. Schneilanze (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Düsenkanal (25) derart ausgelegt ist, dass wenigstens im Bereich einer Mischstrecke (MS, MS') im Düsenkanal eine dispergierte Tropfenströmung erzeugbar ist, wodurch im Bereich des Austrittsdurchmessers (23) eine Zerstäubung resultiert.

10. Schneilanze (1) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anordnung zum Erzeugen von Eiskeimen wenigstens zwei und vorzugsweise drei, jeweils bevorzugt durch Nukleatordüsen (50) vorgegebene Austrittsöffnungen (23) aufweist, wobei die Austrittsöffnungen (23) über eine Kanalteilung (43) mit einer gemeinsamen Mischkammer verbunden sind, in die über die wenigstens eine Drucklufteintrittsöffnung (24) und über wenigstens eine Wassereintrittsöffnung (22) Luft und Wasser für das Luft-Wasser-Gemisch einleisbar ist.

11. Anordnung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie wenigstens zwei und vorzugsweise drei, jeweils durch Nukleatordüsen (50) vorgegebene Austrittsöffnungen (23) hat, wobei die Austrittsöffnungen (23) über eine Kanalteilung (43) mit einer gemeinsamen Mischkammer verbunden sind, und dass für alle Nukleatordüsen (50) ein gemeinsames Filtermittel (49) vorgesehen ist, wobei das Filtermittel (49) insbesondere am Aussenmantel des Rohrteils (44) im Bereich der wenigstens einen Wassereintrittsöffnung (22) angeordnet ist.

12. Verfahren zum Erzeugen von künstlichem Schnee, insbesondere mit einer Schneilanze nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei mit wenigstens einer Wasserdüse (30; 30') ein Tropfenstrahl aus Wassertropfen erzeugt wird und wobei mit wenigstens einer Nukleatordüse (20, 50) ein Eiskeimstrahl mit Eiskeimen erzeugt wird, indem ein Strom aus Wasser und Druckluft durch einen Düsenkanal (25) geführt wird, der sich in einem ersten Abschnitt bis auf einen Kerndurchmesser (26) verjüngt und in einem zweiten Abschnitt (27) gegen eine Austrittsöffnung (23) hin aufweitet und wobei der Eiskeimstrahl und der Tropfenstrahl in einem Einkeimungsbereich (E) zusammengeführt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Eiskeimstrahl über eine Eiskeimstrecke (21) von wenigstens 10 cm, insbesondere von etwa 20 bis 30 cm zum Einkeimungsbereich (E) geführt wird und/oder dass der Tropfenstrahl über eine Tropfenstrecke (31; 31') von wenigstens 20 cm, insbesondere 40 cm bis 80 cm zum Einkeimungsbereich (E) geführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei in Abhängigkeit der Feuchtkugeltemperatur der Umgebung in einem ersten Temperaturbereich Wassertropfen mit Was-

serdüsen (30) in einem ersten Abstand von der Nukleatordüse (20, 50) erzeugt werden und wobei in einem zweiten, tieferen Temperaturbereich zusätzlich Wassertropfen mit Wasserdüsen (30') erzeugt werden, die in einem im Vergleich zum ersten Abstand kleineren zweiten Abstand von der Nukleatordüse (20, 50) angeordnet sind.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Tropfenstrahl der zusätzlichen Wasserdüsen (30') über eine Tropfenstrecke (31') von wenigstens 20 cm, insbesondere 40 cm bis 80 cm zu einem Einkeimungsbereich (E) geführt wird.

Claims

1. Snow lance (1) having at least one nucleator nozzle (20, 50) for producing ice nuclei, and having at least one water nozzle (30; 30'), wherein an ice nuclei jet can be produced with the nucleator nozzle (20, 50) and a droplet jet can be produced with the water nozzle (30; 30'), said jets, after passing through an ice nuclei section (21) and after passing through a droplet section (31; 31'), respectively, meeting in a germination zone (E), **characterized in that** the ice nuclei section (21) is at least 10 cm, in particular approximately 20 to 30 cm, and **in that** the droplet section (31; 31') is at least 20 cm, in particular approximately 40 to 80 cm, and **in that** the at least one nucleator nozzle (20, 50) is part of an arrangement for producing ice nuclei, having a nozzle channel (25) with at least one compressed air inlet opening (24) and with at least one water inlet opening (22), and with an outlet opening (23), wherein the cross section of the nozzle channel (25) tapers in a first section in the direction of the outlet opening (23) to a core diameter (26), and wherein the cross section of the nozzle channel (25) subsequently expands in a second section (27) in the direction of the outlet opening (23), wherein the ratio of the cross-sectional area of the outlet opening (23) to the cross-sectional area of the nozzle channel (25) in the region of the core diameter (26) is at least 4:1, preferably approximately 9:1.

2. Snow lance (1) according to Claim 1, **characterized in that** the snow lance (1) has a lance body (10) with a substantially cylindrical shape, and **in that** the at least one nucleator nozzle (20, 50) is arranged at an angle of preferably 0 to 45° to a plane perpendicular to the axis of the lance body (10) in such a manner that the nucleator nozzle (20, 50) is directed radially or obliquely upwards away from the lance body.

3. Snow lance (1) according to Claim 2, **characterized in that** the at least one water nozzles (30; 30') is arranged at an angle to a plane perpendicular to the

axis of the lance body (10) and is directed towards the at least one nucleator nozzle (20, 50).

4. Snow lance (1) according to Claim 2 or 3, **characterized in that** the lance body (10) is provided with at least two groups of water nozzles (30; 30') which are arranged in at least two different axial positions on the lance body (10). 5
5. Snow lance (1) according to Claim 4, **characterized in that** all of the water nozzles (30; 30') of the at least two groups of water nozzles are oriented in such a manner that the droplet jets produced by the water nozzles (30; 30') strike against the ice nuclei jet only after passing through a droplet section (31; 31') of at least 20 cm, in particular after passing through a droplet section (31; 31') of approximately 40 to 80 cm. 10 15
6. Snow lance (1) according to Claim 4 or 5, **characterized in that** the respective water nozzles (30; 30') of the at least two groups of water nozzles are oriented in such a manner that the droplet jets produced by the respective water nozzles (30; 30') strike against the ice nuclei jet in a common germination zone (E). 20 25
7. Snow lance (1) according to one of Claims 4 to 6, **characterized in that** at least one group of water nozzles (30; 30') is arranged below the at least one nucleator nozzle (20, 50), with respect to the axial positions, and **in that** at least one additional group of water nozzles (30") is provided, said group being arranged above the at least one nucleator nozzle (20, 50). 30 35
8. Snow lance (1) according to one of Claims 2 to 7, **characterized in that**, in order to form a mixing chamber, said snow lance contains a preferably approximately hollow-cylindrical tubular part (44), to which the at least one nucleator nozzle (20, 50) is connected, the tubular part (44) being arranged in the lance body (10) preferably axially parallel to the lance body. 40 45
9. Snow lance (1) according to Claim 8, **characterized in that** the nozzle channel (25) is configured in such a manner that a dispersed droplet flow can be produced at least in the region of a mixing section (MS, MS') in the nozzle channel, thus resulting in atomization in the region of the outlet diameter (23). 50
10. Snow lance (1) according to Claim 8 or 9, **characterized in that** the arrangement for producing ice nuclei has at least two, and preferably three, outlet openings (23), each preferably predetermined by nucleator nozzles (50), the outlet openings (23) being connected via a channel division (43) to a common 55

mixing chamber, into which air and water for the air-water mixture can be fed via the at least one compressed air inlet opening (24) and via at least one water inlet opening (22).

11. Snow lance according to Claim 10, **characterized in that** said snow lance has at least two, and preferably three, outlet openings (23), each formed by nucleator nozzles (50), the outlet openings (23) being connected via a channel division (43) to a common mixing chamber, and **in that** a common filter means (49) is provided for all of the nucleator nozzles (50), the filter means (49) being arranged in particular on the outer casing of the tubular part (44) in the region of the at least one water inlet opening (22).
12. Method for producing artificial snow, with a snow lance according to one of Claims 1 to 11, wherein a droplet jet composed of water droplets is produced with at least one water nozzle (30; 30'), and wherein an ice nuclei jet having ice nuclei is produced with at least one nucleator nozzle (20, 50) by a stream of water and compressed air being conducted through a nozzle channel (25), which tapers in a first section to a core diameter (26) and expands in a second section (27) towards an outlet opening (23), and wherein the ice nuclei jet and the droplet jet are brought together in a germination region (E), **characterized in that** the ice nuclei jet is conducted to the germination region (E) via an ice nuclei section (21) of at least 10 cm, in particular of approximately 20 to 30 cm, and **in that** the droplet jet is conducted to the germination region (E) via a droplet section (31; 31') of at least 20 cm, in particular 40 cm to 80 cm.
13. Method according to Claim 12, wherein, as a function of the wet bulb temperature of the surroundings, in a first temperature range water droplets are produced by water nozzles (30) at a first distance from the nucleator nozzle (20, 50), and wherein, in a second, lower temperature range, water droplets are additionally produced by water nozzles (30') which are arranged at a second distance from the nucleator nozzle (20, 50), which distance is smaller than the first distance.
14. Method according to Claim 13, wherein the droplet jet of the additional water nozzles (30') is conducted to a germination region (E) via a droplet section (31') of at least 20 cm, in particular 40 cm to 80 cm.

Revendications

1. Canon à neige (1) comprenant au moins une buse de nucléation (20, 50) pour générer des grains de glace et comprenant au moins une buse à eau (30 ;

- 30'), la buse de nucléation (20, 50) permettant de générer un jet de grains de glace et la buse à eau (30 ; 30') permettant de générer un jet de gouttes, lesquels jets, après avoir parcouru une distance de grains de glace (21), respectivement une distance de gouttes (31 ; 31'), se rejoignent en une zone de nucléation (E), **caractérisé en ce que** la distance de grains de glace (21) mesure au moins 10 cm, en particulier approximativement 20 à 30 cm, et **en ce que** la distance de gouttes (31 ; 31') mesure au moins 20 cm, en particulier approximativement 40 à 80 cm, et **en ce que** l'au moins une buse de nucléation (20, 50) fait partie d'un agencement pour générer des grains de glace avec un conduit de buse (25) ayant au moins une ouverture d'entrée d'air comprimé (24) et au moins une ouverture d'entrée d'eau (22) ainsi qu'une ouverture de sortie (23), la section transversale du conduit de buse (25), dans une première section, se rétrécissant dans la direction de l'ouverture de sortie (23) jusqu'à un diamètre de coeur (26) et la section transversale du conduit de buse (25) s'élargissant ensuite dans la direction de l'ouverture de sortie (23) en une deuxième section (27), le rapport de la surface en section transversale de l'ouverture de sortie (23) à la surface en section transversale du conduit de buse (25) dans la région du diamètre de coeur (26) étant d'au moins 4 : 1, de préférence d'environ 9 : 1.
2. Canon à neige (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le canon à neige (1) présente un corps de canon (10) d'une forme sensiblement cylindrique et **en ce que** l'au moins une buse de nucléation (20, 50) est disposée suivant un angle de préférence de 0 à 45° par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe du corps de canon (10) de telle sorte que la buse de nucléation (20, 50) soit orientée radialement ou obliquement vers le haut à l'écart du corps de canon.
 3. Canon à neige (1) selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'au moins une buse à eau (30 ; 30') est disposée suivant un angle par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe du corps de canon (10) et est orientée vers l'au moins une buse de nucléation (20, 50).
 4. Canon à neige (1) selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** le corps de canon (10) est pourvu d'au moins deux groupes de buses à eau (30 ; 30') qui sont disposés dans au moins deux positions axiales différentes sur le corps de canon (10).
 5. Canon à neige (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** toutes les buses à eau (30 ; 30') des au moins deux groupes de buses à eau sont orientées de telle sorte que les jets de gouttes générés avec les buses à eau (30 ; 30') rejoignent le jet de grains de glace seulement après avoir parcouru une distance de gouttes (31 ; 31') d'au moins 20 cm, en particulier après avoir parcouru une distance de gouttes (31 ; 31') d'environ 40 à 80 cm.
 6. Canon à neige (1) selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** les buses à eau respectives (30 ; 30') des au moins deux groupes de buses à eau sont orientées de telle sorte que les jets de gouttes générés avec les buses à eau (30 ; 30') rejoignent le jet de grains de glace dans une zone de nucléation commune (E).
 7. Canon à neige (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que**, par rapport aux positions axiales, au moins un groupe de buses à eau (30 ; 30') est disposé en dessous de l'au moins une buse de nucléation (20, 50) et **en ce qu'**au moins un groupe supplémentaire de buses à eau (30") est prévu, lequel est disposé au-dessus de l'au moins une buse de nucléation (20, 50).
 8. Canon à neige (1) selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, **caractérisé en ce que** pour former une chambre de mélange, il contient une partie tubulaire de préférence approximativement cylindrique creuse (44), à laquelle l'au moins une buse de nucléation (20, 50) est raccordée, la partie tubulaire (44) étant disposée de préférence avec son axe parallèle au corps de canon dans le corps de canon (10).
 9. Canon à neige (1) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le conduit de buse (25) est conçu de telle sorte qu'au moins dans la région d'une section de mélange (MS, MS') dans le conduit de buse, un écoulement de gouttes dispersé puisse être généré, de sorte qu'une atomisation soit produite dans la région du diamètre de sortie (23) .
 10. Canon à neige (1) selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** l'agencement pour générer des grains de glace présente au moins deux, et de préférence trois, ouvertures de sortie (23) prédéfinies à chaque fois de préférence par des buses de nucléation (50), les ouvertures de sortie (23) étant connectées par le biais d'une division de conduit (43) à une chambre de mélange commune dans laquelle de l'air et de l'eau peuvent être injectés pour le mélange air-eau par le biais de l'au moins une ouverture d'entrée d'air comprimé (24) et par le biais d'au moins une ouverture d'entrée d'eau (22).
 11. Canon à neige selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'**il a au moins deux, et de préférence trois, ouvertures de sortie (23) formées chacune par des buses de nucléation (50), les ouvertures de sortie (23) étant connectées à une chambre de mélange

commune par le biais d'une division de conduit (43), et **en ce que** pour toutes les buses de nucléation (50), il est prévu un moyen de filtre commun (49), le moyen de filtre (49) étant disposé notamment au niveau de l'enveloppe extérieure de la partie tubulaire (44) dans la région de l'au moins une ouverture d'entrée d'eau (22). 5

12. Procédé de génération de neige artificielle, comprenant un canon à neige selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, un jet de gouttes constitué de gouttes d'eau étant généré avec au moins une buse à eau (30 ; 30') et un jet de grains de glace avec des grains de glace étant généré avec au moins une buse de nucléation (20, 50), en faisant passer un courant d'eau et d'air comprimé à travers un conduit de buse (25) qui se rétrécit dans une première section jusqu'à un diamètre de noyau (26) et qui s'élargit dans une deuxième section (27) vers une ouverture de sortie (23), et le jet de grains de glace et le jet de gouttes étant réunis dans une région de nucléation (E), **caractérisé en ce que** le jet de grains de glace est guidé sur une distance de grains de glace (21) d'au moins 10 cm, en particulier d'environ 20 à 30 cm, jusqu'à la région de nucléation (E) et **en ce que** le jet de gouttes est guidé sur une distance de gouttes (31 ; 31') d'au moins 20 cm, en particulier de 40 cm à 80 cm, jusqu'à la région de nucléation (E). 10 15 20 25
13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel, en fonction de la température de bulbe humide de l'environnement dans une première plage de température, des gouttes d'eau sont générées avec des buses à eau (30) à une première distance de la buse de nucléation (20, 50) et dans lequel dans une deuxième plage de température plus basse, des gouttes d'eau sont en outre générées avec des buses à eau (30'), lesquelles sont disposées à une deuxième distance de la buse de nucléation (20, 50) plus petite par comparaison avec la première distance. 30 35 40
14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel le jet de gouttes des buses à eau supplémentaires (30') est guidé sur une distance de gouttes (31') d'au moins 20 cm, en particulier de 40 cm à 80 cm, jusqu'à une région de nucléation (E). 45

50

55

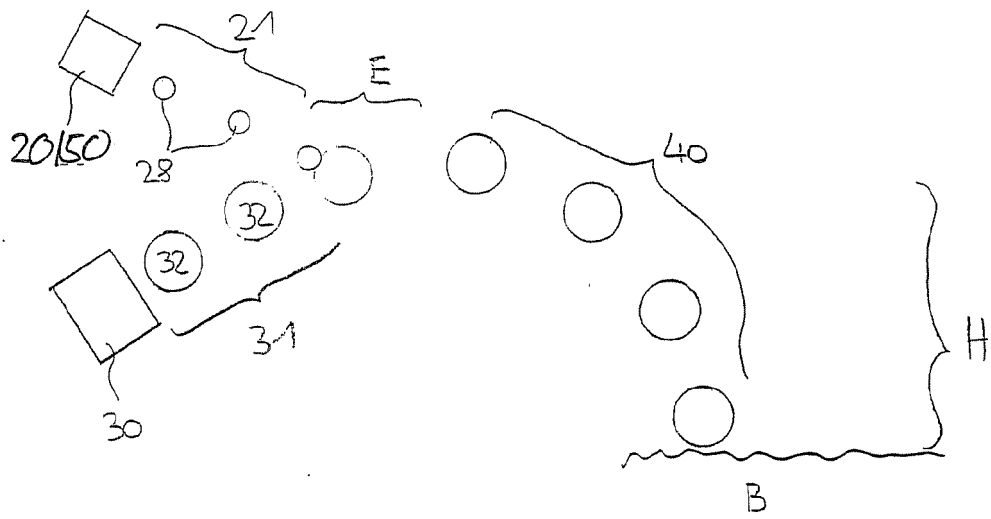


FIG.1

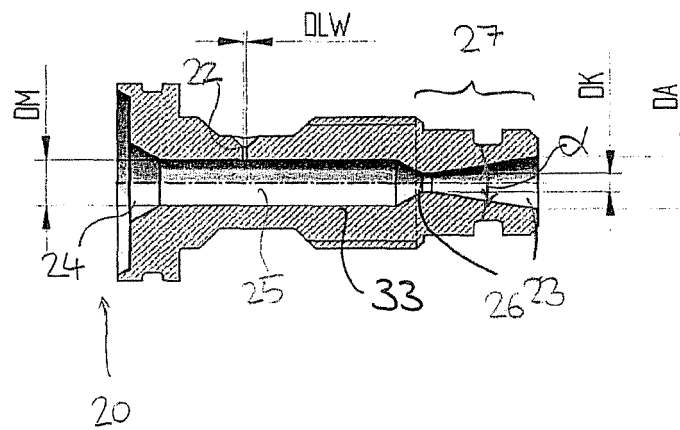


FIG. 2

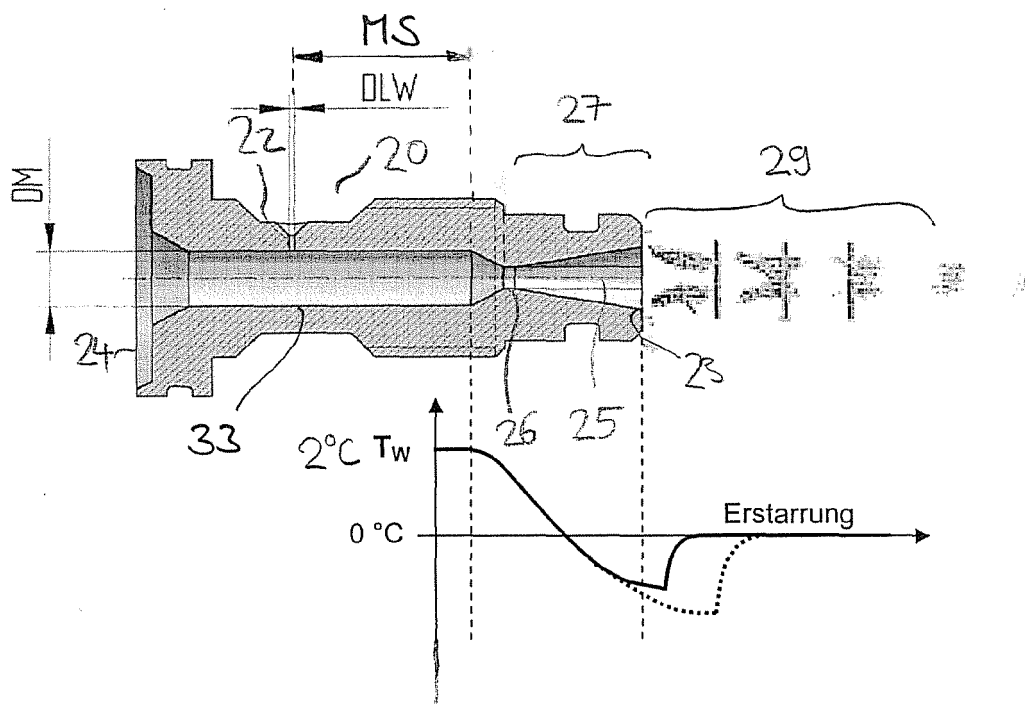


FIG. 3

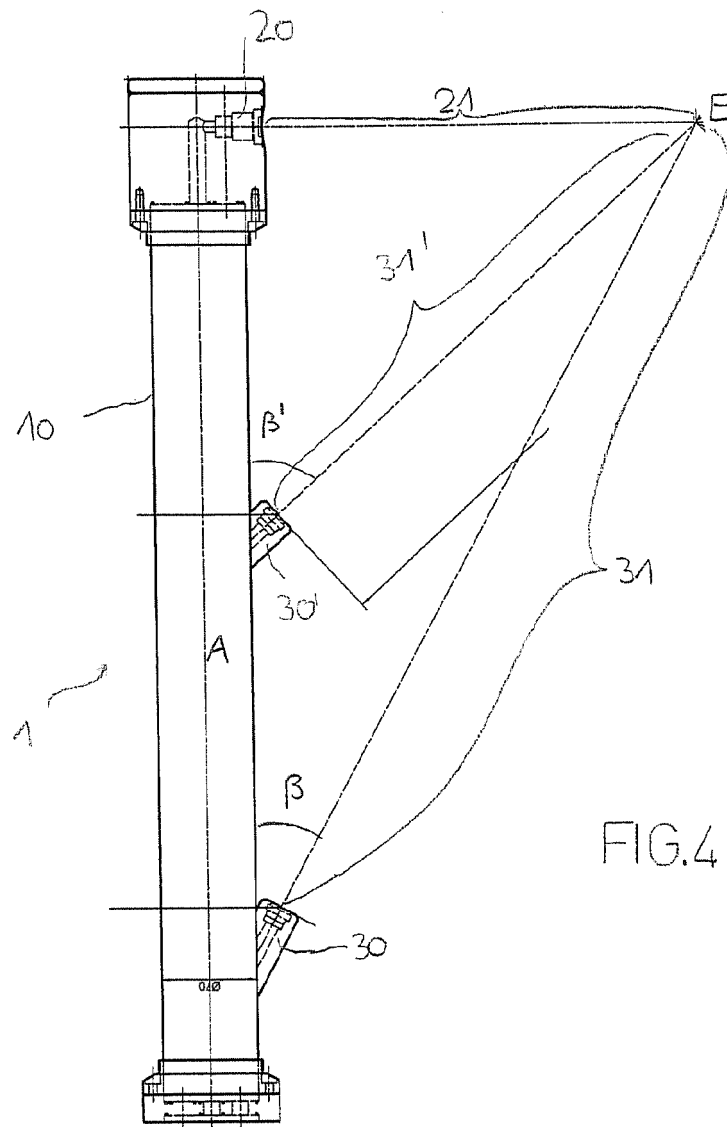


FIG. 4

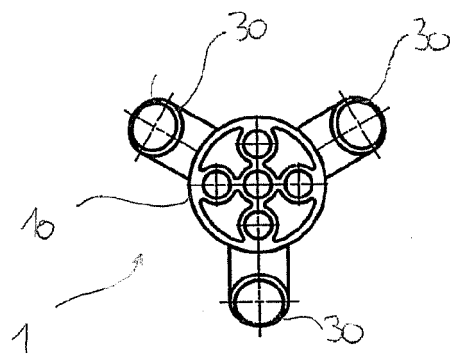


FIG. 5

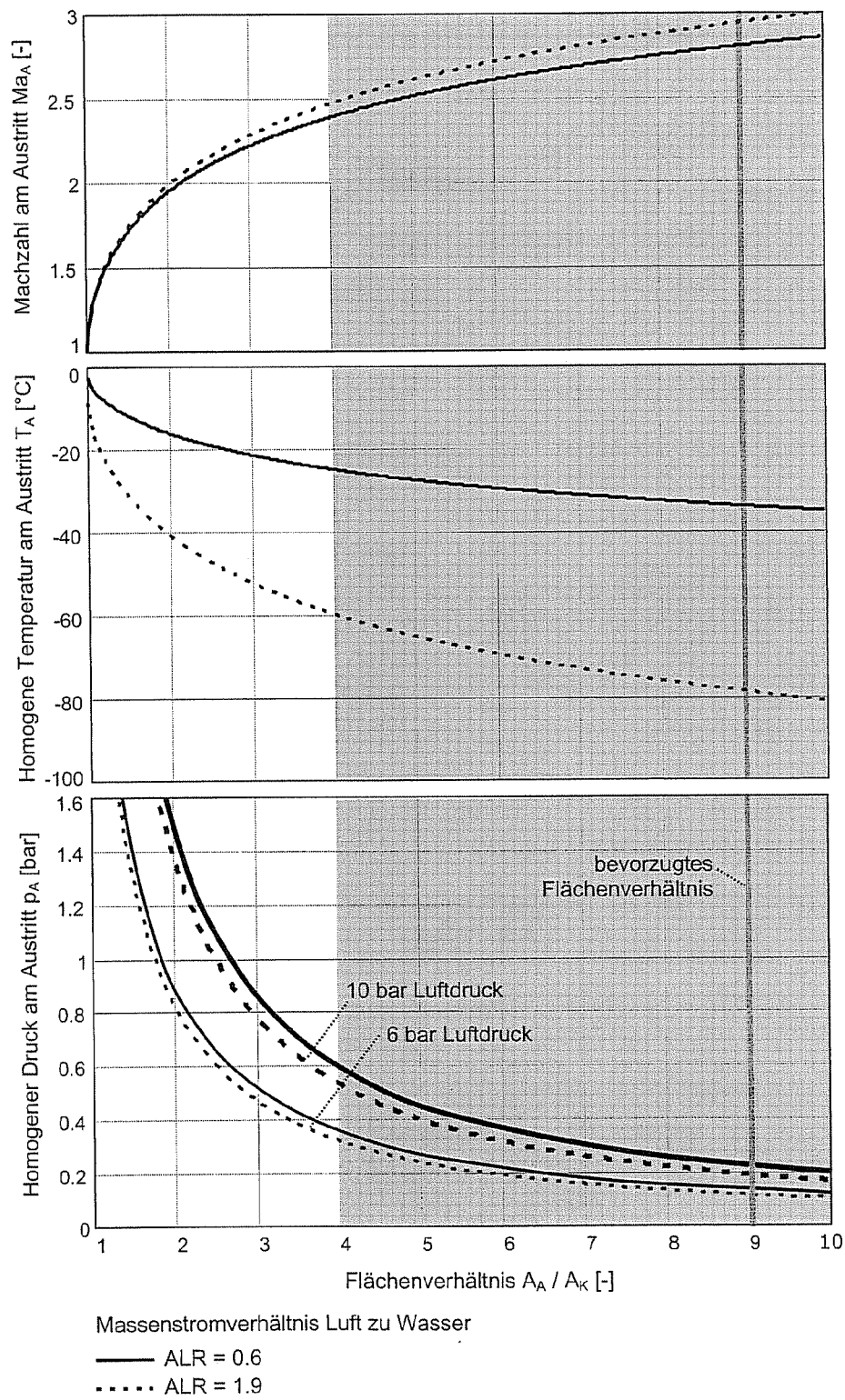


FIG.6

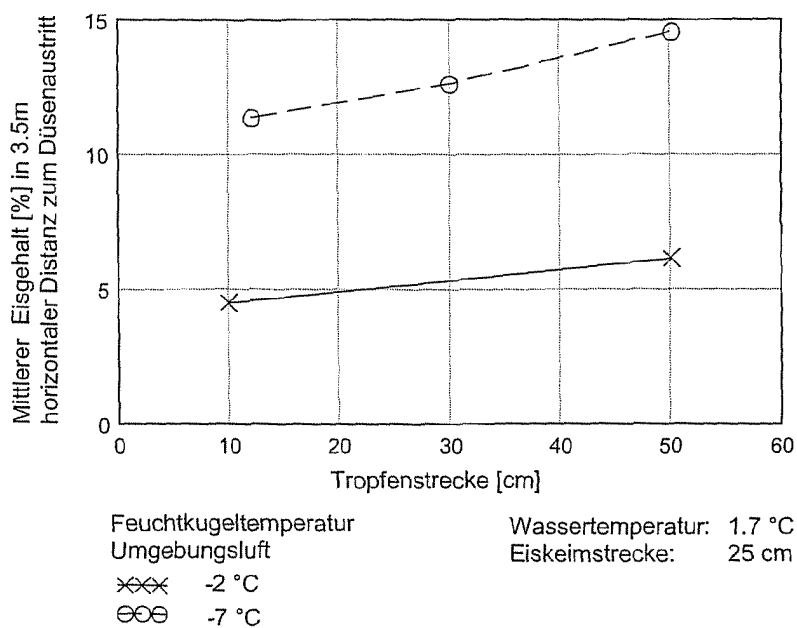


FIG. 7

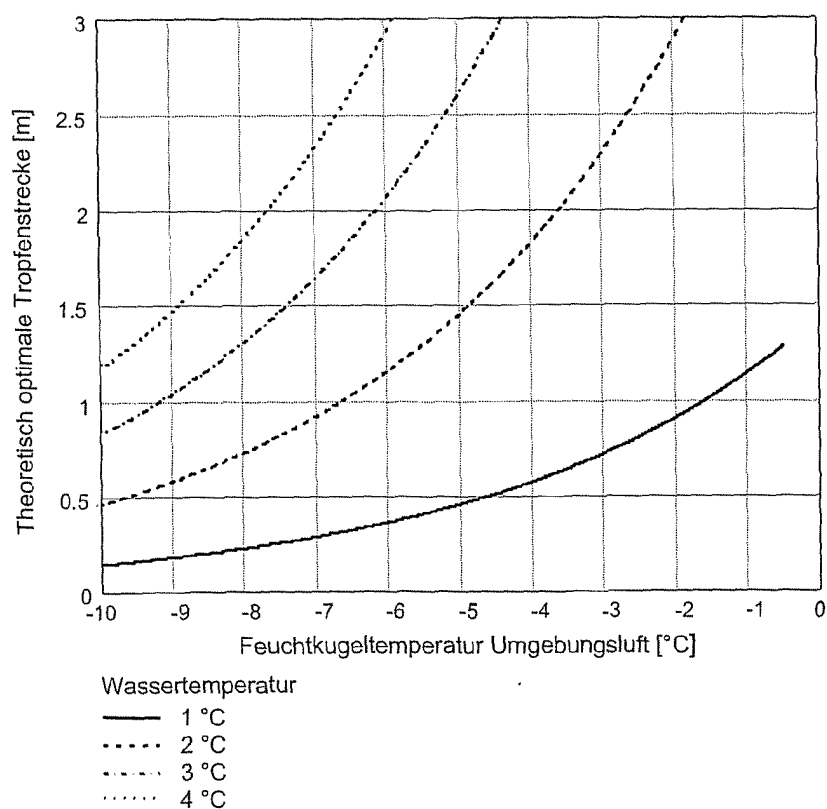


FIG. 8

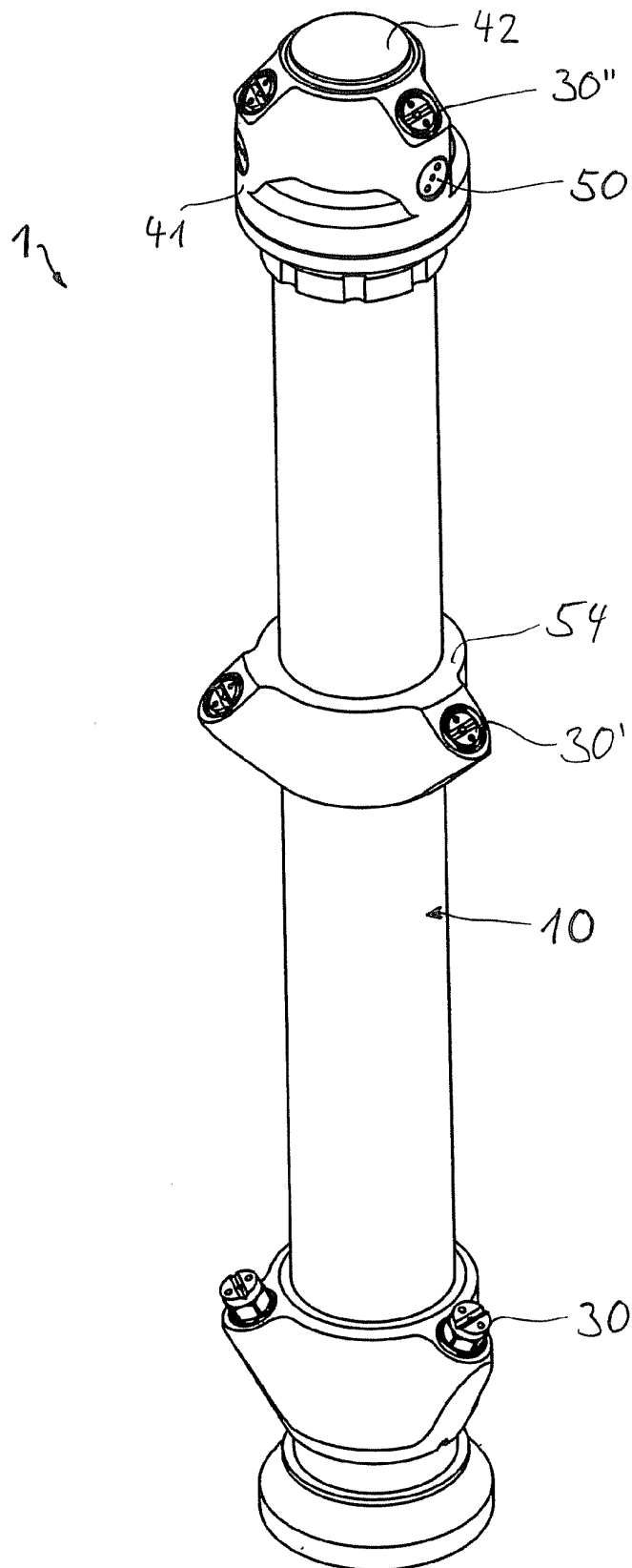


FIG. 9

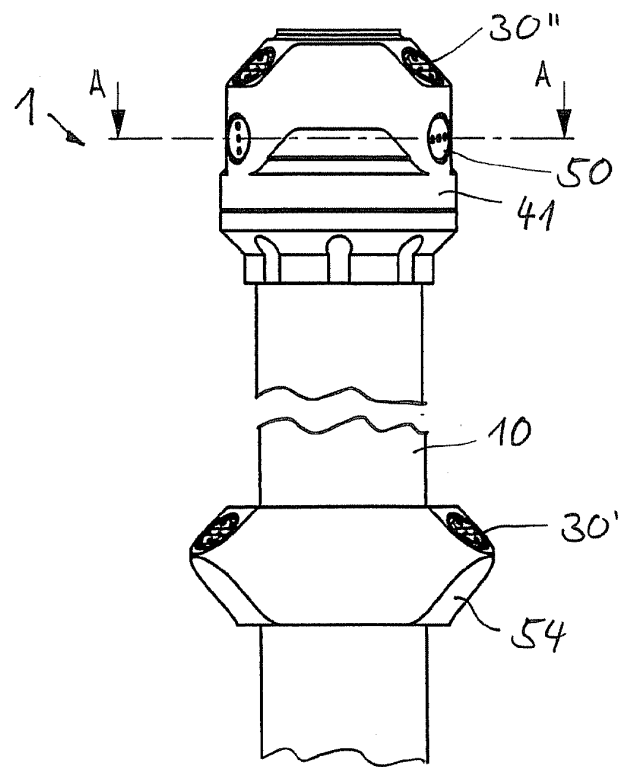


FIG.10

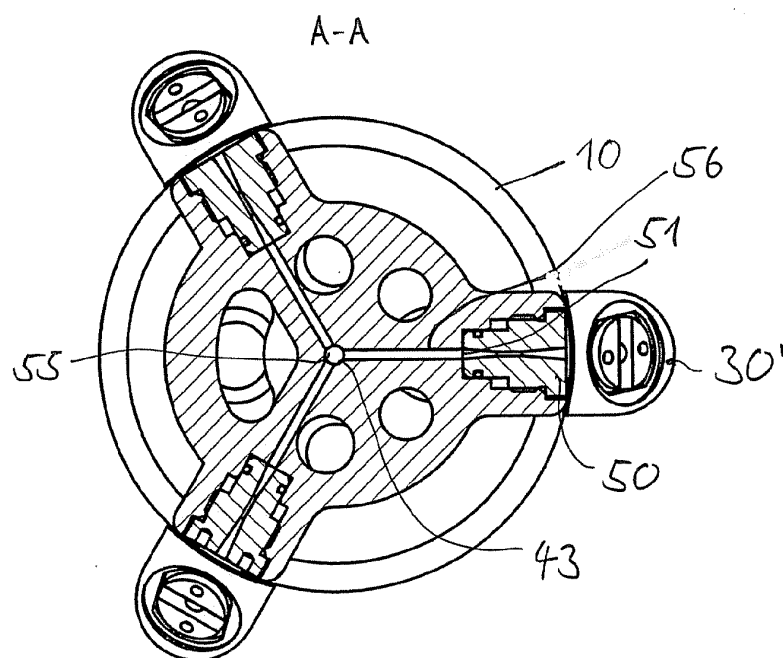
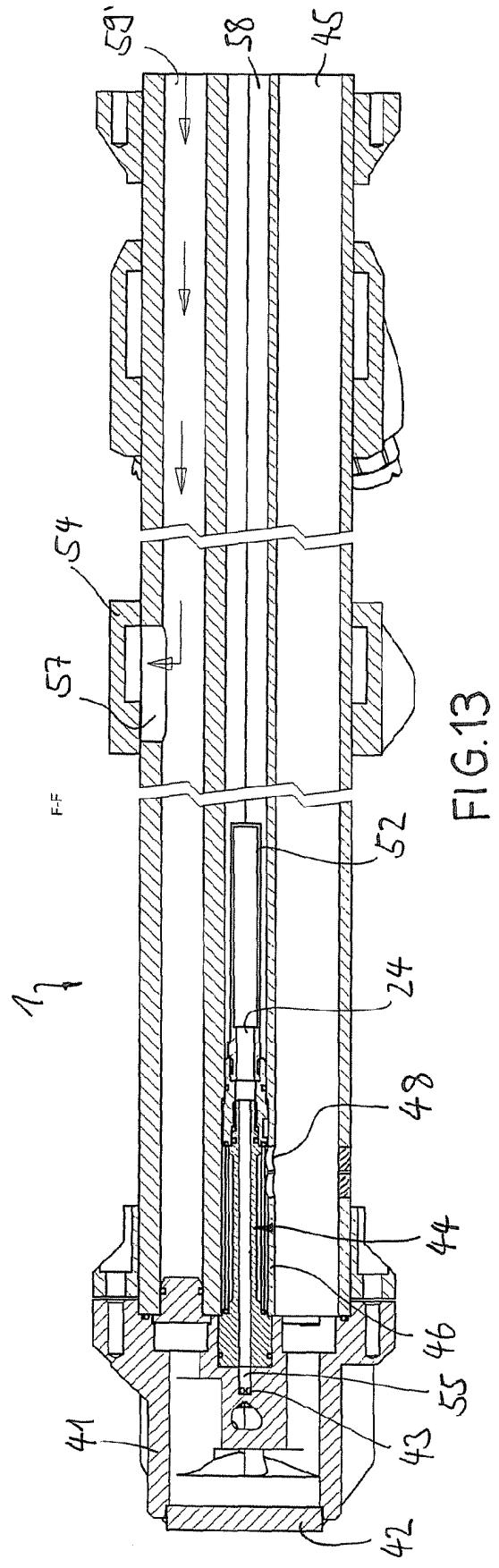
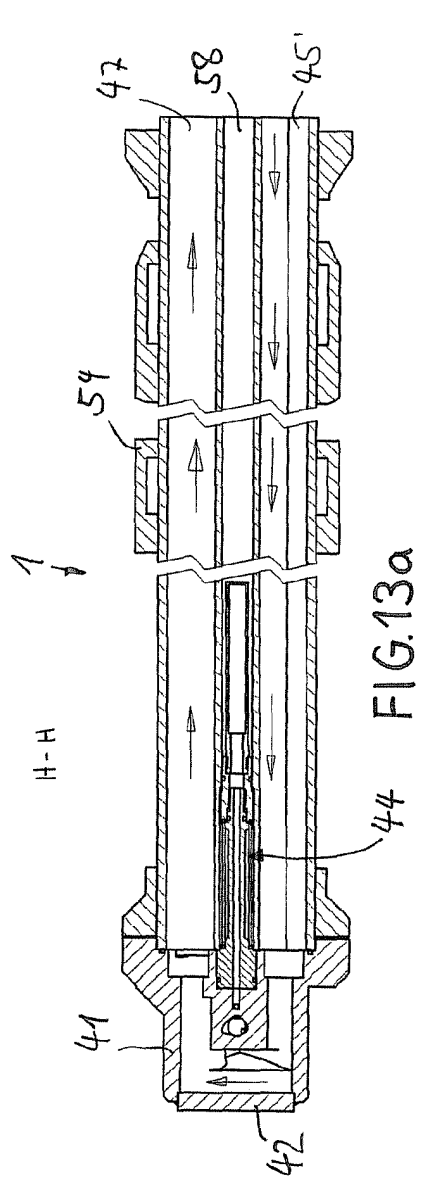
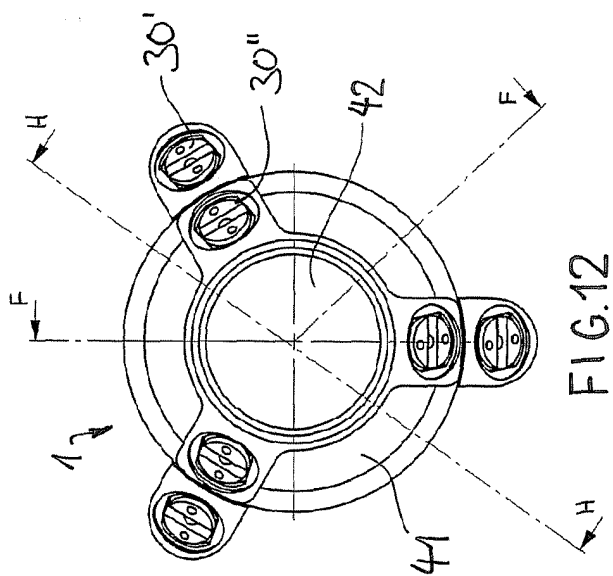


FIG.11



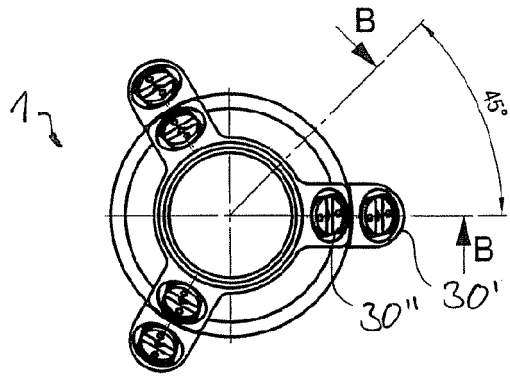
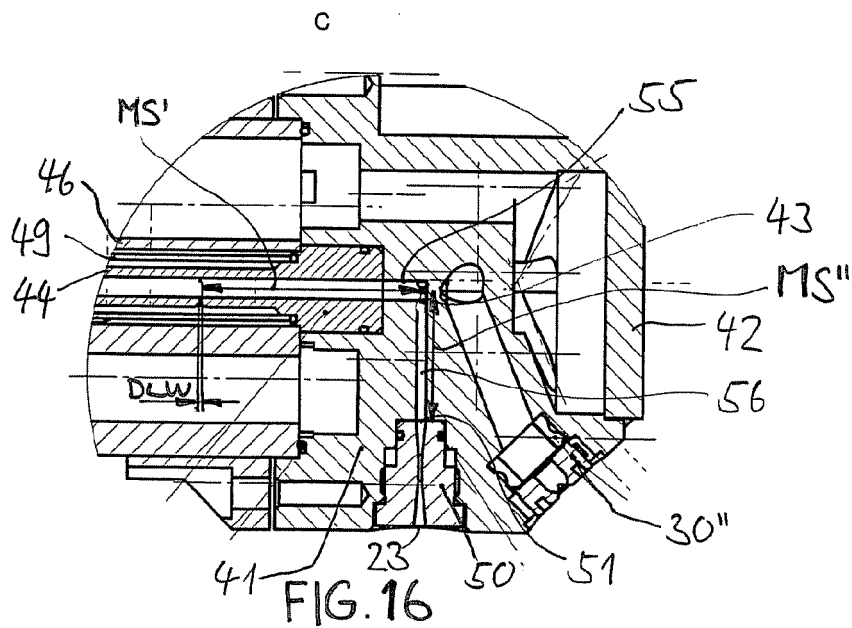
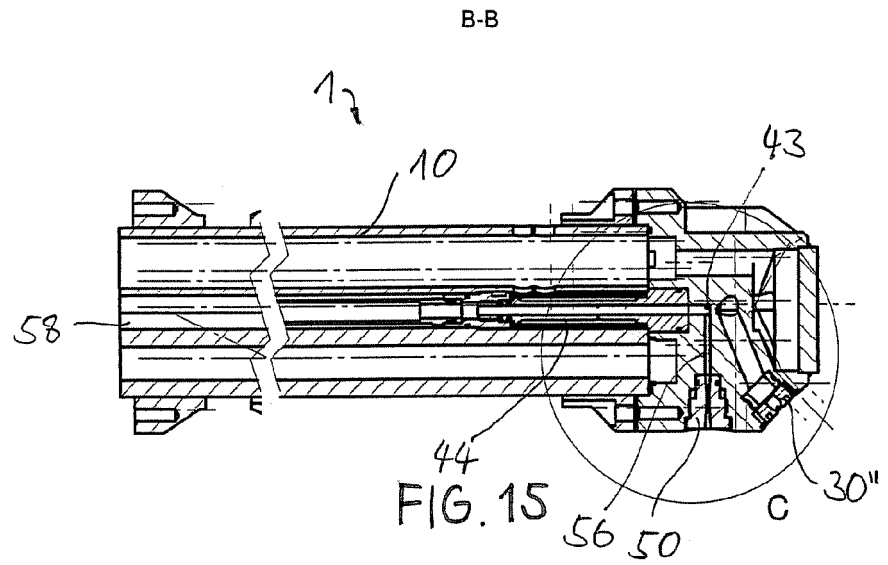


FIG. 14



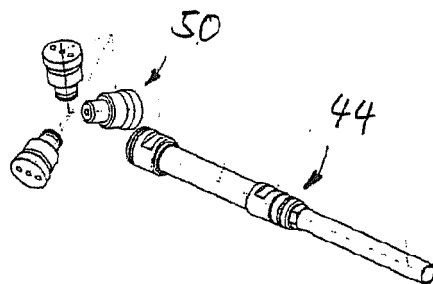


FIG.17

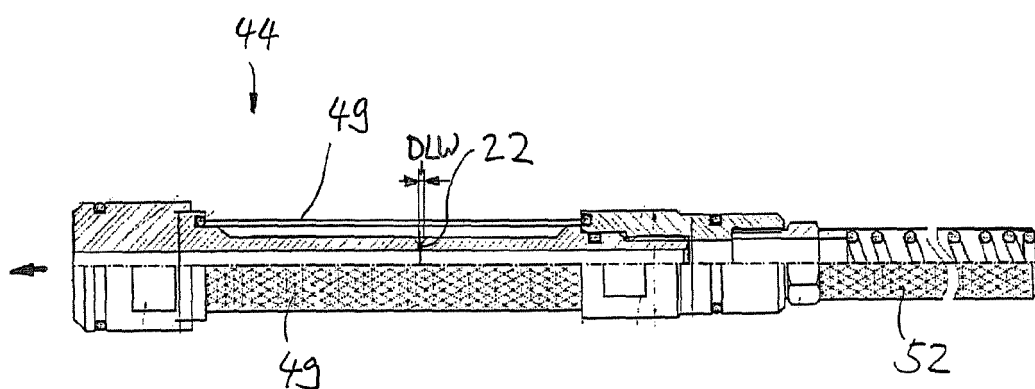


FIG.18

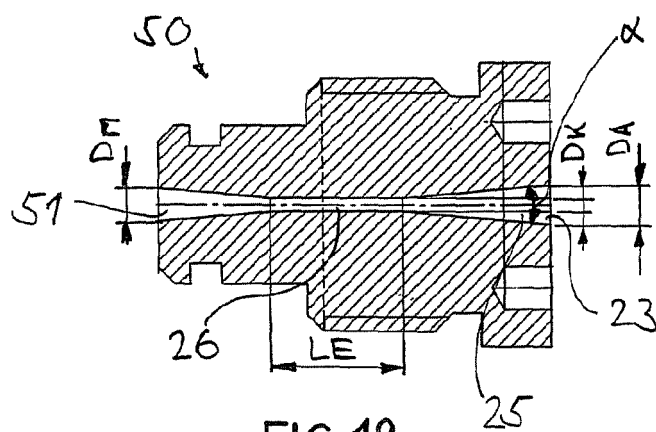


FIG.19

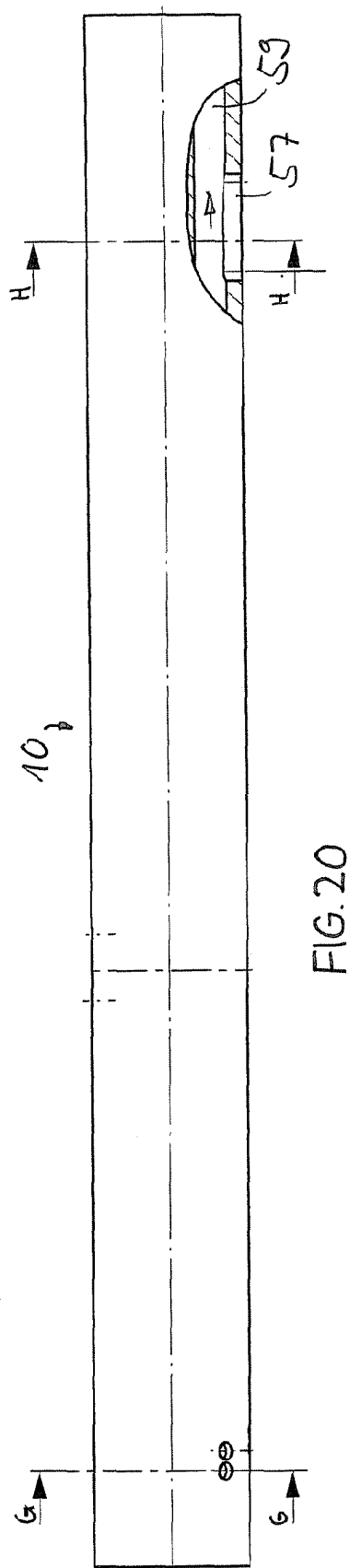
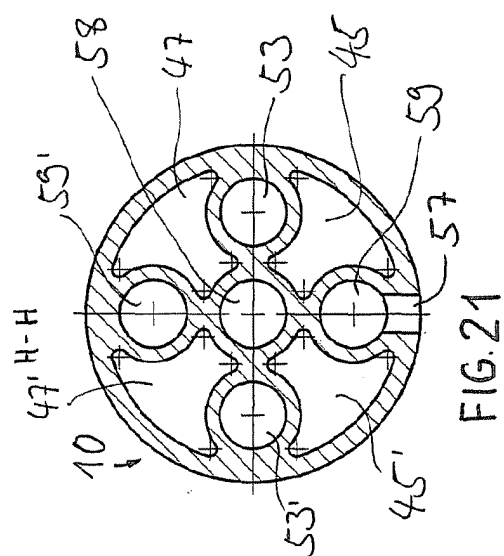
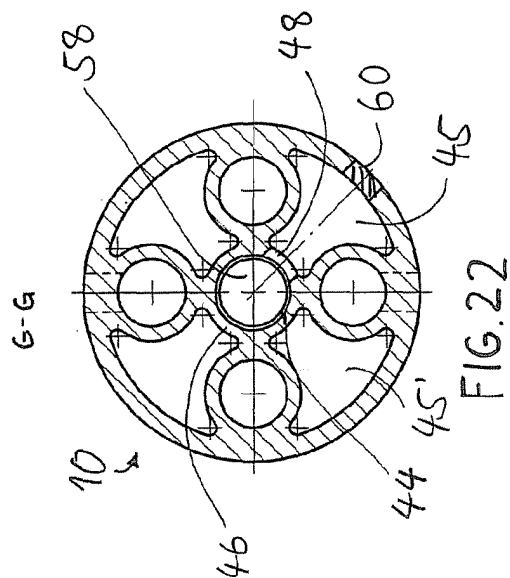


FIG. 20



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- FR 2617273 [0004]
- US 4145000 A [0004]
- US 4516722 A [0004]
- US 3908903 A [0004]
- FR 2594528 [0004]
- US 6152380 A [0004]
- CA 2015646 C [0004]
- US 4903895 A [0004]
- US 3716190 A [0004]
- US 4793554 A [0004]
- US 4383646 A [0004]
- US 20060071091 A [0005]
- US 5090619 A [0005]
- US 5909844 A [0005]
- WO 9419655 A [0005]
- US 5529242 A [0005]
- WO 9012264 A [0005]
- US 5593090 A [0006]
- DE 102004053984 B3 [0007]
- US 6508412 B [0007]
- US 6182905 B [0007]
- US 6032872 A [0007]
- US 7114662 B [0007]
- US 5810251 A [0007]
- US 5004151 A [0007]
- FR 2877076 [0007]