

HÄVPL

# Patenturkunde

Gemäß dem Patentgesetz  
ist für die in der angefügten Patentschrift  
beschriebene Erfindung  
ein Patent unter der

**Nummer 508 647**

erteilt worden.

Die Jahresgebühren werden bei alljährlicher Zahlung am letzten des Anmeldemonats fällig.

Wien, am 15. März 2015



Dr. Friedrich Rödler  
Präsident des Österreichischen Patentamts



# Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1434/2009  
 (22) Anmeldetag: 11.09.2009  
 (45) Veröffentlicht am: 15.03.2015

(51) Int. Cl.: **F25C 3/04** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
 US 4767054 A  
 US 3257815 A  
 JP S 46007151B  
 SU 1617272 A1  
 JP H08178492 A  
 US 4809514 A  
 US 4792093 A

(73) Patentinhaber:  
 TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN  
 1040 WIEN (AT)  
 UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN  
 1180 WIEN (AT)

(72) Erfinder:  
 BREILING MEINHARD DIPL.ING. DR.  
 WIEN (AT)  
 BACHER MICHAEL DIPL.ING.  
 WIEN (AT)  
 SOKRATOV SERGEY DR.  
 MOSKAU (RU)  
 BEST FREDERICK GEORGE  
 BAGLAN (GB)

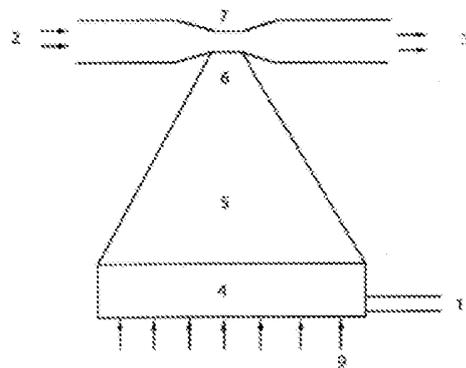
(74) Vertreter:  
 HÄUPL & ELLMEYER KG,  
 PATENTANWALTSKANZLEI  
 WIEN

## (54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG VON KÜNSTLICHEM SCHNEE

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von im Wesentlichen dendritischem Schnee, umfassend:

- a) das Zuführen eines Stroms feuchter Luft und eines Stroms kalter Luft in zumindest eine im Wesentlichen geschlossene Kammer (15, 16, 17), um die beiden Ströme darin zu vermischen und eine wasserübersättigte Atmosphäre zu bilden;
- b) das Bilden von Eiskristallen und das Wachsenlassen von Schneeflocken aus der übersättigten Atmosphäre, wobei die wachsenden Eiskristalle und Schneeflocken innerhalb der Kammer in einem Schwebezustand gehalten werden und für eine vorbestimmte Zeitspanne wachsen gelassen werden, die ausreicht, um im Wesentlichen dendritische Schneeflocken zu erhalten; wobei der Schwebezustand erzielt wird, indem die wachsenden Eiskristalle und Schneeflocken vom vermischten Luftstrom innerhalb der Kammer in einer aufwärts gerichteten Rotationsbewegung desselben mitgeführt werden, wodurch eine Verteilung der Schneeflocken entsprechend ihrer Größe bewirkt wird;

- c) das Abgeben der Schneeflocken mit vordefinierter Größe nach der vorbestimmten Zeitspanne mittels eines Trägerluftstroms (3) durch eine Abgabeöffnung (7) in einem oberen Bereich der Kammer.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von künstlichem Schnee.

**[0002]** Herkömmliche Schneekanonen, wie sie in Skigebieten weit verbreitet zum Einsatz kommen, erzeugen keinen Schnee im eigentlichen Sinne, sondern lediglich mehr oder weniger feinkörnige Eiskristalle oder -partikel, da Schneeflocken durch Kondensation bzw. Resublimation von Wasser aus der Gasphase allmählich heranwachsen und nicht beim Gefrieren von Wassertropfen. In üblichen Schneekanonen wird jedoch Wasser zusammen mit Druckluft in eine Düse geleitet, wodurch das Wasser zu feinsten Tröpfchen zerstäubt und in die Umgebungsluft ausgestoßen wird, wo es - bei entsprechender Lufttemperatur - zu Eiskristallen erstarrt und zu Boden fällt (siehe beispielsweise F. Hahn, "Künstliche Beschneigung im Alpenraum", Cipra International, 2004; und M. Meier, "Produktion von naturidentischem Schnee", Diplomarbeit, ETH Zürich, 2006). Eine verbesserte und modernere Ausführungsform einer solchen Schneekanone wird z.B. von L. Nilsson in der EP 1.710.519 A1 offenbart, während in EP 1.065.456 A1 eine Schneekanone beschrieben wird, die in einem geschlossenen Raum, z.B. einem Zelt, betrieben wird, um die Eigenschaften des kalten Luftstroms beeinflussen zu können.

**[0003]** Auf diese Weise hergestellter Kunstschnee sowie damit künstlich "beschneite" Skipisten weisen jedoch mehrere Nachteile auf. Zum einen sind der Energieaufwand und die Lärmemissionen bei der Erzeugung solchen Kunstschnees enorm, und zum anderen sind Eiskörnchen eben keine Schneeflocken. Aus letzterem Umstand resultiert sowohl ein erhöhtes Verletzungsrisiko der Wintersportler im Falle von Stürzen auf solchen "Eispisten" als auch ein beeinträchtigtes Fahrgefühl der Skifahrer und Snowboarder, die eine Schneedecke aus Neuschnee bevorzugen, d.h. Pisten aus lockerem, weichem, "flockigem" Schnee geringer Dichte, der auch als dendritischer Schnee bezeichnet wird.

**[0004]** Derartige dendritische Schneeflocken bilden sich jedoch in der Natur, während sie in den oberen Luftschichten der Atmosphäre in einem Schwebезustand gehalten werden, sowie während ihres anschließenden Falls aus großer Höhe, wobei die aus der mit Wasserdampf übersättigten Luft gebildeten Eiskristalle langsam zu Dendriten heranwachsen. Dieser Wachstumsvorgang erfordert jedoch mehrere Minuten, weswegen in bisherigen Ansätzen zur Produktion von künstlichem oder auch naturidentischem Schnee entweder gar kein dendritischer Schnee oder nur wenige Gramm davon gebildet werden konnten.

**[0005]** Einen solchen Ansatz zur Herstellung von naturidentischem Schnee beschreibt auch M. Meier, s.o., in Form einer "Schneemaschine", in der kalte Luft in einem gekühlten geschlossenen Raum über ein beheizbares Wasserbecken geleitet wird, wodurch sie Feuchtigkeit aufnimmt, sich beim nachfolgenden Aufsteigen abkühlt und dadurch an Wasser übersättigt wird. Im oberen Bereich der Maschine kondensiert das Wasser an Nylonfäden, an denen somit Schneekristalle wachsen. Sobald diese eine bestimmte Größe erreicht haben, fallen sie von den Fäden ab und werden in einer darunter positionierten Schublade gesammelt. Dieser Schnee weist zwar mehr oder weniger dendritische Struktur auf, allerdings werden selbst bei einer Versuchsdauer von mehreren Stunden nur 1 bis 2 Kilogramm Schnee erzeugt. Für eine Verwendung zum Beschneien von Skipisten ist diese Vorrichtung demnach nicht geeignet.

**[0006]** Die EP 609.140 A1 offenbart die Herstellung von Schnee in einem geschlossenen Tunnel, in dem der Schnee zirkuliert wird und der somit als Schneekanal zum Testen verschiedener Materialien oder Gegenstände unter Beschneigung einsetzbar ist. Abgesehen vom Feuchtigkeitsgrad des so erhaltenen Schnees werden keine weiteren Eigenschaften desselben beschrieben, und die dortige Vorrichtung ist zur Präparation von Skipisten ebenfalls nicht geeignet.

**[0007]** US 4.767.054 A beschreibt eine "Vorrichtung zur Umwandlung von nassem Schnee in Kunstschnee", in der im oberen Teil eines "Innenzylinders", Kunstschnee erzeugt wird, indem in

Gegenwart von Keimkristallen kalte Luft mit einer "Dampfwolke", d.h. eingeblasenem Wasserdampf, in Kontakt gebracht wird. Dabei werden jedoch keine Schneeflocken, sondern "snow grains", also Schnee- oder Eis-Körnchen erzeugt, die - sobald sie eine gewisse Größe erreicht haben - gegen den Strom aufsteigender kalter Luft herabfallen und in einem unteren Teil des Innenzylinders mit wärmerer, feuchter Luft ("hot and wet air") in Kontakt kommen, um daraus "nassen Schnee" zu bilden, was das Ziel der dortigen Erfindung ist. Bei Erhöhung der Luftströmungsgeschwindigkeit im Innenzylinder sollen die Eis-Körnchen größer werden, woraus ein Wachstumsvorgang mittels Phasenübergang flüssig-fest folgt, wie dies in der Natur beim Heranwachsen von Hagelkörnern der Fall ist.

**[0008]** Gemäß US 3.257.815 A wird ebenfalls Wasser mittels "vorgekühlter Luft" in einen Turm eingesprüht, d.h. zerstäubt, wo die dabei entstehenden Wassertröpfchen im Gegen- oder Gleichstrom mit kalter Luft in Kontakt kommen, wodurch sie "in Schnee umgewandelt werden, der in den Bodenabschnitt des Turms fällt", wobei es sich demnach wiederum um Eiskörnchen und nicht um dendritische Schneeflocken handelt.

**[0009]** JP 46-007151 B beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Kunstsnee, das für die Schneeherstellung erneut Wasser in zerstäubter Form ("spray"), d.h. einen Sprühregen verwendet. Daraus werden in einer ersten von zwei bei 35 bis 30 °C gehaltenen Gefrierkammern Graupeln und Eiskristalle ("sleet") erzeugt, die in einem Schwebезustand gehalten werden, um die Graupel in einen schneeähnlichen Zustand ("a state close between sleet and snow") und in der zweiten Kammer schließlich in "Schnee" umzuwandeln. Das Graupelgemisch wird dazu in beiden Kammern durch einen von unten eingeblasenen Kaltluftstrom mehrere Minuten lang in Schwebе gehalten. Der so erhaltene Schnee wird in eine dritte Kammer geleitet, die, um eine Rückumwandlung des Schnees zu Eis zu verhindern, bei 15 bis -20 °C gehalten wird, wobei kalte Luft von oben auf den Schnee geblasen wird, und wird darin gelagert. Es wird weiters erwähnt, dass das eingesprühte Wasser bzw. die Graupel mittels eines nicht dargestellten Ventilators ("pressure fan") auf "kreisförmigen" Bahnen 5 gehalten werden ("floats in circles"), Die nach diesem Verfahren erhaltenen Graupeln, d.h. Eiskörnchen, können hier zwar durch die minutenlange "Umwandlungsphase" zu größeren Kristallverbänden agglomerieren. Die Ausbildung von "flockigem" oder dendritischem Schnee ist jedoch auch in diesem Fall ausgeschlossen, da die Wassertröpfchen bei den in der ersten Gefrierkammer herrschenden Temperaturen von 35 bis 30 °C spontan zu Eiskörnchen und Graupeln gefrieren.

**[0010]** SU 1.617.272 A1 beschreibt schließlich einen "Schneegenerator", in dem ein Strom kalter Luft geteilt wird, so dass ein Teilstrom einen Befeuchter passiert und danach, während seiner Aufwärtsbewegung in eine Schnee-Produktionskammer, zusätzlich noch mit einem Wasser-Sprühregen in Kontakt kommt. Dieser sowohl Wasserdampf als auch Wassertröpfchen enthaltende Teilstrom, der durch den Kontakt mit Wasser erwärmt wurde, wird wiederum mit dem zweiten Teilstrom kalter Luft vermischt, wodurch sich einerseits die relative Luftfeuchtigkeit des neuen Luftgemischs erhöht und sich andererseits durch Gefrieren der mitgeführten Wassertröpfchen erster "Schnee" bildet. Anschließend passiert der kombinierte Luftstrom die Produktionskammer, in der er zur Bildung weiteren Schnees an einer Vielzahl von Kühlrohren noch weiter abgekühlt wird, wonach der Schnee in einen Zyklon ausgeblasen wird, wo er abgeschieden und so vom Luftstrom getrennt wird, der seinerseits als Strom kalter Luft rezykliert wird. Angaben über die Verweilzeiten in der Produktionskammer und die Beschaffenheit des erhaltenen Schnees fehlen, weswegen davon auszugehen ist, dass auch in diesem Fall aus den Wassertröpfchen im befeuchteten Luft- Teilstrom beim Vermischen mit dem kalten Luftstrom anfänglich Graupel gebildet werden, die aufgrund der quer durch die, so dass auch mit dieser Vorrichtung kein "flockiger", dendritischer Schnee gebildet werden kann.

**[0011]** Vor diesem Hintergrund war es ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, nach dem bzw. mit der möglichst naturidentischer, d.h. im Wesentlichen dendritischer Schnee, auf energiesparendere Weise herstellbar ist und Skipisten beschneit werden können.

## OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

**[0012]** Dieses Ziel erreicht die Erfindung in einem ersten Aspekt durch Bereitstellung eines Verfahrens zur Herstellung von im Wesentlichen dendritischem Schnee, das die folgenden Schritte umfasst:

**[0013]** a) das Zuführen eines Stroms feuchter Luft und eines Stroms kalter Luft in zumindest eine im Wesentlichen geschlossene Kammer, um die beiden Ströme darin zu vermischen und so eine an Wasser übersättigte Atmosphäre in der zumindest einen Kammer zu bilden;

**[0014]** b) das Bilden von Eiskristallen und das Wachsenlassen von Schneeflocken aus der übersättigten Atmosphäre innerhalb der zumindest einen im Wesentlichen geschlossenen Kammer, wobei die wachsenden Eiskristalle und Schneeflocken innerhalb der zumindest einen im Wesentlichen geschlossenen Kammer in einem Schwebезustand gehalten werden und für eine vorbestimmte Zeitspanne wachsen gelassen werden, die ausreicht, um im Wesentlichen dendritische Schneeflocken zu erhalten;

**[0015]** wobei der Schwebезustand erzielt wird, indem die wachsenden Eiskristalle und Schneeflocken vom vermischten Luftstrom innerhalb der zumindest einen im Wesentlichen geschlossenen Kammer in einer aufwärts gerichteten Rotationsbewegung desselben mitgeführt werden, wodurch eine Verteilung der Schneeflocken entsprechend ihrer Größe bewirkt wird;

**[0016]** c) das Abgeben der Schneeflocken mit vordefinierter Größe nach der vorbestimmten Zeitspanne mittels eines Trägerluftstroms durch eine Abgabeöffnung in einem oberen Bereich der zumindest einen im Wesentlichen geschlossenen Kammer.

**[0017]** Durch das Halten der wachsenden Eis- bzw. Schneekristalle im Schwebезustand innerhalb des im Wesentlichen geschlossenen Raums kann laufend Wasser aus der übersättigten Atmosphäre an die Kristallkeime ankondensieren bzw. resublimieren, wodurch es den Kristallen ermöglicht wird, zu Schneeflocken mit gewünschter Größe heranzuwachsen. Diese Größe hängt somit vor allem von der Zeitspanne ab, die ihnen für das Wachstum zur Verfügung steht. Auf diese Weise ist es durch das erfindungsgemäße Verfahren möglich, jene Bedingungen zu simulieren, denen Schneeflocken in der Natur ausgesetzt sind, und so möglichst naturidentischen Schnee zu produzieren. Zusätzlich wird durch das erfindungsgemäße Verfahren der Energiebedarf für die Herstellung einer bestimmten Schneemenge gegenüber dem Betrieb herkömmlicher Schneekanonen signifikant verringert und die Lärmentwicklung praktisch gänzlich eliminiert.

**[0018]** Die Zeitspanne zum Erreichen der vordefinierten Größe, z.B. zum Erhalt von dendritischem Schnee, wie eingangs erwähnt, hängt ihrerseits unter anderem von der Form und den Abmessungen des im Wesentlichen geschlossenen Raums, von den Zufuhrdaten der beiden Luftströme, von deren Temperaturen und vom Feuchtigkeitsgrad der feuchten Luft ab und ist in der Praxis in jedem einzelnen Fall empirisch zu bestimmen. Dabei spielen freilich auch wirtschaftliche Überlegungen eine Rolle. Vorzugsweise beträgt die vorbestimmte Zeitspanne in Schritt b) zumindest etwa 5 min, noch bevorzugter zumindest 10 min oder zumindest 15 min, um durch das erfindungsgemäße Verfahren große, voluminöse, "flaumige" bzw. "flockige" Schneeflocken herzustellen, die im Wesentlichen jenen entsprechen, wie sie in der Natur gebildet werden. Das bedeutet andererseits, dass die vordefinierte Größe in Schritt b) im Größenbereich von dendritischen Schneeflocken liegt. Vorzugsweise wird durch das Verfahren der Erfindung außerdem Schnee mit einer Dichte von unter  $200 \text{ kg/m}^3$  hergestellt, der z.B. als Material für eine künstliche Schneedecke auf Skipisten hervorragend geeignet ist.

**[0019]** In Schritt a) des Verfahrens der Erfindung werden zusammen mit dem Strom feuchter Luft und/oder mit dem Strom kalter Luft vorzugsweise ein oder mehrere Hilfsstoffe zur Unterstützung der/des in Schritt b) erfolgenden Kristallbildung/Kristallwachstums zugeführt, wodurch diese beiden Vorgänge deutlich beschleunigt werden können, was die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens erhöht.

**[0020]** Vorzugsweise werden als Hilfsstoffe zusammen mit dem Strom feuchter Luft bzw. mit

dem Strom kalter Luft Eiskristallkeime zur Initiation der Eiskristallbildung und/oder zur Förderung des Eiskristallwachstums zugeführt. Zusätzlich oder alternativ dazu können zusammen mit dem Strom feuchter Luft auch ein oder mehrere Schaumbildner zur Erzeugung von Luftblasen zugeführt werden, an deren Oberfläche Eiskristallbildung initiiert wird. Auf diese Weise kann im Verfahren die Menge an pro Zeiteinheit gebildetem Schnee, d.h. die Dichte der Schneeflocken in der Atmosphäre innerhalb des im Wesentlichen geschlossenen Raums erhöht werden.

**[0021]** Die Art und Weise, wie der Schwebезustand der Eiskristalle und Schneeflocken in Schritt a) erreicht wird, ist nicht speziell eingeschränkt. In bevorzugten Ausführungsformen wird zumindest einer der beiden Ströme feuchter und kalter Luft von unten in den im Wesentlichen geschlossenen Raum zugeführt, so dass die wachsenden Schneeflocken in Schritt b) durch die daraus resultierende Aufwärtsbewegung der Atmosphäre darin in einem Schwebезustand gehalten wird. Alternativ oder zusätzlich dazu wird in Schritt a) zumindest einer der beiden Ströme feuchter und kalter Luft seitlich in den im Wesentlichen geschlossenen Raum zugeführt, so dass die wachsenden Schneeflocken in Schritt b) durch die daraus resultierende Rotationsbewegung der Atmosphäre darin in einem Schwebезustand gehalten werden.

**[0022]** Noch bevorzugter wird in Schritt a) zumindest einer der beiden Ströme feuchter und kalter Luft im Wesentlichen tangential in einen im Wesentlichen geschlossenen Raum zugeführt, der Konusform aufweist, was die Ausbildung der gewünschten Rotationsbewegung vereinfacht und gleichzeitig eine Aufwärtsbewegung initiiert.

**[0023]** Besonders bevorzugt ist erfindungsgemäß eine Kombination von unterer und seitlicher Zuleitung, d.h. die Zuleitung zumindest eines Luftstroms von unten und zumindest eines Luftstroms von der Seite, insbesondere tangential in einen konischen Raum, um eine stabile, aufwärts gerichtete Rotationsbewegung zu erzeugen und diese auch durch entsprechende Einstellung der Volumenströme steuern zu können. Auf diese Weise kann die Verweilzeit der im erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Schneeflocken und dadurch die erreichbare Größe derselben gesteuert werden.

**[0024]** Hierzu ist anzumerken, dass die Schneeflocken während ihres Wachstums zwar an Gewicht zunehmen, andererseits vergrößert sich jedoch auch ihre Oberfläche, so dass sie leichter von der Luft getragen werden. Aus diesem Grund ist die Verteilung der wachsenden Schneeflocken während ihres Schwebезustands in dem im Wesentlichen geschlossenen Raum solcherart, dass größere Flocken weiter oben, kleinere Flocken sowie Eiskristallkeime weiter unten anzutreffen sind.

**[0025]** Welcher Luftstrom von unten und welcher von der Seite eingeleitet wird, ist nicht entscheidend. Aufgrund der Tatsache, dass warme Luft aufsteigt und kalte Luft absinkt, wird eher ein kalter Luftstrom von der Seite und ein relativ dazu wärmerer Strom feuchter Luft von unten eingeleitet. Besonders bevorzugt ist jedoch eine Ausführungsform des Verfahrens, bei der sowohl feuchte als auch kalte Luft sowohl von unten als auch von der Seite in den Raum zugeführt werden, wodurch mehrere Stellen der Kristallkeimbildung bereitgestellt werden, was erneut die pro Zeiteinheit gebildete Anzahl an Schneeflocken und damit die Dichte der Schneeflocken in der Atmosphäre innerhalb des Raums erhöht.

**[0026]** Alternativ oder zusätzlich zu den obigen Methoden können die wachsenden Schneeflocken in Schritt b) auch mittels eines oder mehrerer in dem im Wesentlichen geschlossenen Raum vorgesehener Ventilatoren in einem Schwebезustand gehalten werden. Vorzugsweise unterstützen solche Ventilatoren jedoch nur die durch die Art der Luftstromzuleitung erzeugten Luftbewegungen oder fehlen aufgrund der zusätzlich erforderlichen Energie dafür gänzlich.

**[0027]** Die Temperatur des Stroms kalter Luft in Schritt a) ist nur insofern eingeschränkt, als sie unter 0 °C liegen muss. Vorzugsweise liegt sie jedoch in einem Bereich von -100 °C bis -5 °C, noch bevorzugter im Bereich von -20 °C bis -5 °C. Die kalte Luft kann dabei entweder einer eigenen Vorkühlung unterzogen werden, um die gewünschte Temperatur zu erreichen, oder es kann als Strom kalter Luft einfach Umgebungsluft zugeführt werden, wenn diese die erforderliche Temperatur unter dem Gefrierpunkt aufweist. Letzteres ist aufgrund des geringeren Ener-

gieverbrauchs natürlich bevorzugt.

**[0028]** Die Temperatur des Stroms feuchter Luft in Schritt a) unterliegt gemäß vorliegender Erfindung keinerlei speziellen Einschränkungen. Vorzugsweise wird jedoch ein Kompromiss eingegangen, nämlich zwischen einer höheren Temperatur, bei der die Sättigungsmenge an Wasser größer ist, und einer niedrigeren Temperatur, bei der die zum Erreichen einer Temperatur von unter 0 °C in dem im Wesentlichen geschlossenen Raum erforderliche Menge an kalter Luft geringer sein kann. Vorzugsweise liegt die Temperatur des Stroms feuchter Luft daher in einem Bereich von -5 °C bis +10 °C.

**[0029]** Bevorzugt ist eine Ausführungsform der Erfindung, bei der Umgebungsluft gesondert befeuchtet und als Strom feuchter Luft in den im Wesentlichen geschlossenen Raum eingeleitet wird. Die zugeführte feuchte Luft wird vorzugsweise erwärmt, bevor oder während ihr Feuchtigkeit zugesetzt wird, um die Wassersättigungsgrenze zu erhöhen. Die Art der Wasseraufnahme ist nicht speziell eingeschränkt. Vorzugsweise erfolgt die Wasseraufnahme durch Leiten eines Luftstroms über einen nach oben hin offenen Wasserbehälter und/oder durch einen Wasserbehälter hindurch. Der Wasserbehälter kann in beiden Fällen beheizt werden.

**[0030]** Weiters wird in bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung die Oberfläche des im Wesentlichen geschlossenen Raums zumindest teilweise gekühlt und/oder beheizt, um die Kondensation von Wasser an bestimmten Stellen der Oberfläche gezielt zu verhindern oder zu fördern. Beispielsweise kann bei einem konischen Raum der obere Teil, in dem sich in überwiegender Maße größere Schneeflocken aufhalten, gekühlt werden, damit keine Kondensation dieser großen Flocken erfolgt.

**[0031]** Als die zum Erwärmen erforderliche Energie, sei es zum Beheizen der Oberfläche des im Wesentlichen geschlossenen Raums, des Stroms feuchter Luft oder eines Wasserbehälters, wird vorzugsweise die Abwärme eines Kühlvorgangs im Verfahren, z.B. aus der zuvor erwähnten Oberflächenkühlung oder der zusätzlichen Kühlung der kalten Luft, genutzt. Dadurch wird der Energiebedarf des Verfahrens weiter verringert.

**[0032]** Die Abgabe der Schneeflocken zusammen mit dem Trägerluftstrom aus dem im Wesentlichen geschlossenen Raum in Schritt c) des Verfahrens erfolgt vorzugsweise durch eine Düse, um den Schneeflocken auf die erforderliche Geschwindigkeit zu beschleunigen, um die Umgebung um die Produktionsstelle herum mit dem im erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Schnee beschneien zu können. In besonders bevorzugten Ausführungsformen werden die Schneeflocken durch eine mit einem Umgebungsluftstrom betriebene Venturidüse abgegeben, wodurch im oberen Teil des im Wesentlichen geschlossenen Raums ein Unterdruck erzeugt wird, der die sich dort aufhaltenden Schneeflocken, d.h. Schneeflocken mit der vordefinierten Größe, in die Düse saugt.

**[0033]** In einem zweiten Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zur Herstellung von im Wesentlichen dendritischem Schnee zur Durchführung des Verfahrens gemäß dem ersten Aspekt, wobei die Vorrichtung zumindest eine im Wesentlichen geschlossene Kammer umfasst, die ihrerseits Folgendes umfasst:

**[0034]** zumindest eine Zuleitung für einen Strom feuchter Luft und zumindest eine Zuleitung für einen Strom kalter Luft, die in die zumindest eine im Wesentlichen geschlossene Kammer einmünden;

**[0035]** drei miteinander in Fluidkommunikation stehende Zonen, nämlich eine Mischzone, in die zumindest eine Zuleitung feuchter Luft und zumindest eine Zuleitung kalter Luft einmünden, zum Vermischen der Ströme feuchter und kalter Luft und gegebenenfalls zur Bildung von Eiskristallkeimen, eine Wachstumszone für Schneeflocken und eine Abgabезone zum Abgeben der gebildeten Schneeflocken;

**[0036]** in zumindest einer der Zonen vorgesehene Mittel zum Versetzen des vermischten Luftstroms in der zumindest einen Kammer und der davon mitgeführten Eiskristallkeime und Schneeflocken in eine aufwärts gerichtete Rotationsbewegung, wobei diese Mittel aus folgen-

den Optionen A bis D und Kombinationen davon ausgewählt sind:

**[0037]** A) zumindest ein Ventilator als Luftströmungsregler innerhalb der Mischzone und/ oder der Wachstumszone,

**[0038]** B) zumindest eine von unten die Mischzone einmündende Luft-Zuleitung und zumindest eine seitlich in die Mischzone und/oder die Wachstumszone einmündende Luft- Zuleitung,

**[0039]** C) zumindest eine von unten die Mischzone einmündende Luft-Zuleitung und zumindest ein Ventilator als Luftströmungsregler innerhalb der Mischzone und/oder der Wachstumszone,

**[0040]** D) zumindest eine tangential in die Mischzone und/oder Wachstumszone, die jeweils zylinder- oder konusförmig sind, einmündende Luft-Zuleitung; sowie

**[0041]** eine mit der Abgabezone in Fluidkommunikation stehende Abgabeöffnung in einem oberen Bereich der zumindest einen im Wesentlichen geschlossenen Kammer.

**[0042]** In einer solchen, in die genannten drei Zonen unterteilten Vorrichtung kann das zuvor beschriebene erfindungsgemäße Verfahren auf besonders vorteilhafte Weise durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang ist jedoch festzustellen, dass mit "Unterteilung" nicht notwendigerweise eine räumliche Trennung und unter "Zone" nicht unbedingt ein räumlich abgeschlossener Bereich zu verstehen ist. "Zone" kann somit auch nur einen Teil des Raums innerhalb einer Kammer bezeichnen, in dem vorwiegend einer der Vorgänge des erfindungsgemäßen Verfahrens, d.h. Luftstromvermischung, Schneeflockenwachstum und Austritt der Schneeflocken durch die Abgabeöffnung abläuft. Das bedeutet, dass alle drei Zonen auch innerhalb einer einzigen, im Wesentlichen geschlossenen Kammer vorgesehen sein können, wobei die Zonen ohne scharfe Grenze, d.h. fließend ineinander übergehen.

**[0043]** Alternativ dazu kann jeweils eine eigene, im Wesentlichen geschlossene Kammer für jede der drei Zonen oder auch eine Kammer für zwei der drei Zonen und eine zweite Kammer für die dritte Zone vorgesehen sein. Die Vorrichtung kann mehrere im Wesentlichen geschlossene Kammern umfassen, die miteinander seriell oder parallel verbunden sind, wobei jede der Kammern entweder alle drei Zonen oder auch nur eine oder zwei der Zonen beherbergen kann. Wenn mehr als eine Zone in einer Kammer untergebracht ist, kann jedoch auch eine teilweise Abtrennung durch verschiedene Einbauten vorgesehen sein.

**[0044]** Die im Wesentlichen geschlossene Kammer, bzw. eine oder mehrere davon, wenn die Vorrichtung mehr als eine Kammer umfasst, ist vorzugsweise zumindest im Bereich der Abgabezone konusförmig, um eine rotierende Luftbewegung zur Abgabeöffnung hin zu bewirken. Alternativ oder zusätzlich dazu können solche Kammern auch im Bereich der Wachstumszone und der Abgabezone konusförmig sein, um in diesem Bereich für eine stabile, nach oben gerichtete Rotationsbewegung zu sorgen, um die Verweilzeit der Schneeflocken in den einzelnen Zonen genauer steuern zu können. Aus demselben Grund ist eine solche Kammer vorzugsweise zur Gänze konusförmig.

**[0045]** Wie bereits in Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben wurde, mündet bzw. münden zumindest eine Zuleitung für feuchte Luft und/oder zumindest eine Zuleitung für kalte Luft vorzugsweise von unten in die Mischzone ein, um eine Aufwärtsbewegung der Luft in der Kammer zu bewirken. Alternativ oder zusätzlich dazu mündet bzw. münden in bevorzugten Ausführungsformen zumindest eine Zuleitung für feuchte Luft und/oder zumindest eine Zuleitung für kalte Luft von der Seite in die Mischzone und/oder die Wachstumszone ein, um eine Rotationsbewegung zu bewirken. Besonders bevorzugt mündet bzw. münden zumindest eine Zuleitung für feuchte Luft und/oder zumindest eine Zuleitung für kalte Luft im Wesentlichen tangential in eine konusförmige Misch- und/oder Wachstumszone ein, um so eine stabile, aufwärts gerichtete Rotationsbewegung herbeizuführen.

**[0046]** Die Abgabeöffnung ist vorzugsweise eine Düse, noch bevorzugter eine Venturidüse, um den in der erfindungsgemäßen Vorrichtung gebildeten Schneeflocken eine ausreichend hohe Geschwindigkeit zum Beschneien der Umgebung zu verleihen, insbesondere indem sie mittels des von der Venturidüse erzeugten Unterdrucks in der Abgabezone in die Düse hineingesaugt

werden. Die Venturidüse wird vorzugsweise mit Umgebungsluft betrieben.

**[0047]** Die Art und Lage der Zuleitungen für feuchte und kalte Luft ist nicht speziell eingeschränkt. Vorzugsweise werden die beiden Luftströme mit jeweils definierter Strömungsgeschwindigkeit in die Vorrichtung gepumpt, um die Verweilzeit der Schneeflocken präzise steuern zu können. Weiters liegen die Einmündungen zumindest einer Zuleitung für feuchte Luft und zumindest einer Zuleitung für kalte Luft vorzugsweise im Wesentlichen nebeneinander und bilden einen Winkel  $< 180^\circ$ , noch bevorzugter einen Winkel von etwa  $90^\circ$ , um die Luftströme zu deren Vermischung gleichzeitig aufeinander Zuströmen und das dabei gebildete Luftgemisch gleichzeitig in eine definierte Richtung wegströmen zu lassen. Alternativ oder auch zusätzlich dazu können die Einmündungen zumindest einer Zuleitung für feuchte Luft und zumindest einer Zuleitung für kalte Luft auch einander in einem Winkel von etwa  $180^\circ$  gegenüber liegen, was eine innigere Vermischung der beiden innerhalb eines kleineren Raumabschnitts der Mischzone bewirkt.

**[0048]** In einer bevorzugten Ausführungsform sind zumindest eine Zuleitung für feuchte Luft und zumindest eine Zuleitung für kalte Luft, vorzugsweise konzentrisch, ineinander angeordnet, und weisen eine gemeinsame Einmündungsstelle in die Kammer auf. Auch diese Ausführungsform bewirkt eine innige Vermischung der beiden Luftströme unmittelbar nach Eintritt in die Mischzone der Kammer und bietet darüber hinaus die Möglichkeit des Wärmeaustauschs zwischen den Luftströmen durch die Leitungswand hindurch. In solchen Ausführungsformen endet die innen liegende der beiden ineinander angeordneten Zuleitungen vorzugsweise schon vor der gemeinsamen Einmündung in die Kammer, noch bevorzugter eine kurze Distanz, z.B. ein paar Zentimeter, vor der Kammer, um bereits vor der Kammer eine teilweise Durchmischung der beiden Luftströme zu bewirken.

**[0049]** Gemäß vorliegender Erfindung können ein oder mehrere Teile der Vorrichtung, vorzugsweise die Außenwand oder -wände der Kammer und/oder die Zuleitung für kalte Luft, mit Kühl- und/oder Heizeinrichtungen versehen sein. So kann, wie oben bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben wurde, beispielsweise die Außenwand der Kammer gekühlt werden, um eine Kondensation der Schneeflocken daran zu verhindern. Oder die zugeführten Luftströme können vor ihrem Eintritt in die Kammer gekühlt oder beheizt werden, um sie auf die für den Kammereintritt am besten geeignete Temperatur zu bringen. Besonders bevorzugt ist zumindest eine Heizeinrichtung zum Erwärmen der zugeführten feuchten Luft vorgesehen. Diese Heizeinrichtung kann beispielsweise auch in einem beheizten Wasserbehälter bestehen, durch den Luft, z.B. Umgebungsluft, hindurchgeleitet oder über den Luft hinweg geleitet wird, um sie mit Feuchtigkeit zu beladen.

**[0050]** Generell sind die im erfindungsgemäßen Verfahren und in der erfindungsgemäßen Vorrichtung optional einsetzbaren Kühl- und Heizeinrichtungen nicht speziell eingeschränkt. Ein Fachmann auf dem Gebiet der Erfindung, d.h. Maschinen- und Anlagenbau, ist jedoch problemlos in der Lage, die für den jeweiligen Zweck am besten geeignete Lösung - auch unter Berücksichtigung des Energiebedarfs - auszuwählen. Vor allem für die Kühlung der Außenwand der Kammer kommt beispielsweise ein Kühlmantel oder ein Kühlgebläse in Frage. Die Zuleitungen der Luftströme beispielsweise kann ebenfalls mittels Kühlmantel gekühlt werden, aber auch indem sie einfach mit Schnee bedeckt werden. Vorzugsweise werden Kühl- und Heizeinrichtungen in Kombination eingesetzt, indem die Abwärme einer Kühleinrichtung als Wärme zum Beheizen eines anderen Teils der Vorrichtung eingesetzt wird, um die Energieeffizienz zu erhöhen.

**[0051]** Weiters sind in bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung in zumindest einer Zone zumindest einer Kammer ein oder mehrere Luftströmungsregler vorgesehen, die keinen Einschränkungen unterliegen und aus allen dafür möglichen Einbauten auswählbar sind. Dadurch wird eine bessere Steuerung der Luftbewegung innerhalb der Kammer, d.h. in einer oder mehreren Zonen davon, erzielt. Besonders bevorzugt sind als Luftströmungsregler ein oder mehrere Ventilatoren vorgesehen.

**[0052]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist in besonders bevorzugten Ausführungsformen

transportabel, um beispielsweise verschiedene Abschnitte einer Skipiste nacheinander mit derselben Vorrichtung beschneien zu können. Zu diesem Zweck ist die zumindest eine Kammer vorzugsweise zumindest teilweise aus leichtgewichtigem Material, ausgewählt aus Stoff, Leinwand und Kunststoff, gefertigt.

**[0053]** Weiters ist die zumindest eine Kammer vorzugsweise zumindest teilweise aus einem das Wachstum von Eiskristallen hemmenden Material gefertigt und/oder damit ausgekleidet. Dafür kommen vor allem hydrophobe Materialien, wie z.B. Kunststoffe, insbesondere Silikone oder mit Silikon beschichtetes Material, in Frage.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0054]** Die Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher beschrieben, wobei:

**[0055]** Fig. 1 eine schematische vertikale Querschnittsansicht einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt;

**[0056]** Fig. 2 eine schematische Draufsicht auf die Ausführungsform aus Fig. 1 zeigt;

**[0057]** Fig. 3 eine schematische vertikale Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt;

**[0058]** Fig. 4 eine schematische vertikale Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt; und

**[0059]** die Fig. 5 bis 7 verschiedene Ausführungsformen der relativen Positionen der Ströme feuchter und kalter Luft zueinander zeigen.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0060]** In Fig. 1 wird eine bevorzugte Ausführungsform einer Vorrichtung der vorliegenden Erfindung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens schematisch in einer vertikalen Querschnittsansicht gezeigt. Die Vorrichtung umfasst eine einzige im Wesentlichen geschlossene Kammer, die drei Zonen 4, 5 und 6 beherbergt, wobei in die Mischzone 4 Zuleitungen für feuchte Luft 1 und für kalte Luft 9 einmünden. Für die kalte Luft sind mehrere Zuleitungen vorgesehen, was beispielsweise mittels einer Leitung mit mehreren Austrittsöffnungen unmittelbar unterhalb der Kammer bewerkstelligt werden kann.

**[0061]** Als Strom feuchter Luft kann etwa Umgebungsluft genutzt werden, die vor dem Eintritt in die Kammer mit Feuchtigkeit beladen wurde, z.B. mittels Leiten des Luftstroms über eine Wasserwanne oder durch diese hindurch, gegebenenfalls unter zusätzlicher Erwärmung des Luftstroms und/oder des Wassers. Um kein übermäßig großes Volumen an kalter Luft zu benötigen, damit die Gesamtatmosphäre innerhalb der Kammer eine Temperatur unter 0 °C aufweist, sollte die Temperatur des Stroms feuchter Luft gemäß den Forschungsergebnissen der Erfinder etwa +10 °C nicht übersteigen. Damit der Luftstrom einen ausreichend hohen Feuchtigkeitsgehalt aufweist, um möglichst große Mengen an Schnee pro Volumeneinheit Luft zu erzeugen, sollte seine Temperatur jedoch auch nicht unter -5 °C liegen.

**[0062]** Die Ströme feuchter und kalter Luft in Fig. 1 können jedoch auch ausgetauscht werden, d.h. dass Bezugszeichen 9 die Zuleitung für feuchte Luft darstellen würde und 1 jene für kalte Luft. In diesem Fall könnte unmittelbar unterhalb der Kammer ein gegebenenfalls beheizter Wasserbehälter vorgesehen sein, durch den Umgebungsluft hindurch und als Strom feuchter Luft in die Kammer eingeleitet wird, während kalte Luft von der Seite zugeführt wird.

**[0063]** In jedem Fall erzeugt die Zuleitung der beiden Luftströme auf die dargestellte Weise sowohl eine Aufwärts- als auch eine Rotationsbewegung der Luft innerhalb der Kammer, die oberhalb der Mischzone 4 sich konisch nach oben hin verjüngend ausgeführt ist. Das heißt, im Bereich von Wachstumszone 5 und Abgabzone 6 ist die Kammer konusförmig, was die aufwärtsgerichtete Rotationsbewegung der Atmosphäre darin begünstigt und eine exaktere Steuerung der Verweilzeit der wachsenden Schneeflocken darin ermöglicht.

**[0064]** Das optimale Verhältnis zwischen den beiden Luftströmen ist je nach struktureller Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung und den Lufttemperaturen entsprechend auszuwählen. Entscheidend ist dabei lediglich, dass es zu einer gründlichen Vermischung der Ströme kommt und dass die Lufttemperatur im Inneren der Kammer unterhalb des Gefrierpunkts liegt.

**[0065]** In Fig. 1 ist zwischen den Zonen 4 und 5 eine räumliche Trennung vorgesehen, die beispielsweise aus einem Lochblech oder dergleichen bestehen kann und eine vollständigere Durchmischung der beiden Luftströme in der Mischzone 4 und mitunter die Ausbildung einer größeren Anzahl an Kristallkeimen bewirkt, bevor das Luftgemisch mit den darin wachsenden Schneeflocken in die Wachstumszone Übertritt. Die Bildung von Kristallkeimen erfolgt üblicherweise spontan beim Zusammentreffen von feuchter und kalter Luft aufgrund der dadurch bewirkten Übersättigung der Luft mit Wasser. Zur Unterstützung der Kristallkeimbildung können verschiedene Hilfsmittel zusammen mit einem oder beiden der Luftströme in die Kammer eingeleitet werden, wie dies zuvor bereits ausgeführt wurde, wobei aber natürlich Augenmerk auf die Umweltverträglichkeit solcher optionaler Hilfsmittel zu legen ist. Vorzugsweise werden vor allem zusätzliche Eiskristallkeime zusammen mit der kalten Luft zugeführt, um eine höhere Dichte an wachsenden Schneeflocken zu erzeugen.

**[0066]** Nach dem Übergang in die Wachstumszone 5 kondensiert aus der übersättigten Luft allmählich weiteres Wasser in Form von Eiskristallen, die sich an die Kristallkeime und die wachsenden Schneeflocken anlagern und so allmählich voluminöse, "flockige", in Optimalfall dendritische Schneeflocken bilden. Die dafür benötigte Zeit hängt unter anderem vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft, der Temperatur des Luftgemischs, der Dichte der Kristallkeime und wachsenden Schneeflocken in der Kammeratmosphäre und der Bewegungsgeschwindigkeit in der Kammer ab und beträgt normalerweise zwischen 5 und 15 min. Der Durchsatz im erfindungsgemäßen Verfahren und somit der erfindungsgemäßen Vorrichtung, d.h. vor allem das pro Zeiteinheit zugeleitete Volumen der beiden Luftströme, ist somit so einzustellen, dass die Schneeflocken für eine vorbestimmte Zeitspanne innerhalb der Vorrichtung heranwachsen gelassen werden, um mit einer vordefinierten Größe aus dieser abgegeben zu werden. Diese Zeitspanne ist für jede Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung - in Abhängigkeit von der gewünschten Größe der Schneeflocken - empirisch zu bestimmen. Um mittels der Vorrichtung der Erfindung eine Schneedecke aus lockerem, im Wesentlichen naturidentischem Schnee geringer Dichte erzeugen zu können, sollte die Zeit jedoch zumindest 5 min, noch bevorzugter zumindest 10 min, insbesondere zumindest 15 min betragen.

**[0067]** Wie bereits zuvor erwähnt, werden größere Schneeflocken aufgrund der größeren Oberfläche leichter von der Luft getragen und sind daher mit zunehmender Größe immer weiter oben in der Vorrichtung anzutreffen. Haben sie die gewünschte Größe erreicht, treten sie schließlich in die Abgabebzone 6 ein, von wo sie mittels der in Fig. 1 dargestellten Venturidüse 7 angesaugt und aus der Vorrichtung ausgestoßen werden. In der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform ohne räumliche Trennung zwischen Wachstumszone 5 und Abgabebzone 6 bedeutet dies, dass die Abgabebzone 6 in jener Höhe beginnt, bis zu der der von der Düse 7 erzeugte Unterdruck ausreicht, um Schneeflocken ansaugen zu können.

**[0068]** Die Venturidüse 7 wird vorzugsweise mit einem Umgebungsluftstrom 2 betrieben, der gegebenenfalls einer Vorkühlung unterzogen werden kann, was aber aufgrund des erhöhten Energiebedarfs nicht bevorzugt ist. Der daraus resultierende Trägerluftstrom 3 befördert die Schneeflocken nach außen, wo sie um die Vorrichtung herum eine Schneedecke bilden können. Dabei ist der Druck des Düsenluftstroms 2 so zu wählen, dass einerseits durch den resultierenden Unterdruck in der Abgabebzone 6 nur Schneeflocken der vordefinierten Größe angesaugt werden, d.h. dass die Abgabebzone 6 nicht zu weit nach unten reicht. Andererseits muss der Druck jedoch ausreichen, um die Schneeflocken mit dem Trägerluftstrom 3 ausreichend weit von der Vorrichtung weg befördern zu können, um eine möglichst große Fläche um die Vorrichtung herum beschneien zu können.

**[0069]** Das Material der Kammer ist wie erwähnt nicht speziell eingeschränkt. Vorzugsweise handelt es sich jedoch um ein leichtgewichtiges Material, um die Vorrichtung transportabel zu

machen, wie etwa Stoff, Leinwand oder Kunststoff, z.B. Kunststoff- Folienmaterial, und/oder um ein Material, das das Wachstum von Eiskristallen an den Wänden hemmt. Zusätzlich kann die Vorrichtung an manchen Stellen mit einem solchen letzteren Material ausgekleidet sein. Die Vorrichtung kann außerdem an manchen Stellen auf beliebige Weise gekühlt und/oder beheizt werden, wie das zuvor bereits ausgeführt wurde.

**[0070]** In Fig. 2 ist die Vorrichtung aus Fig. 1 in einer schematischen Draufsicht dargestellt, in der zu erkennen ist, dass der Luftstrom 1 im Wesentlichen tangential in die Kammer zugeführt wird, was die Ausbildung einer stabilen Rotationsbewegung unterstützt.

**[0071]** Fig. 3 zeigt eine schematische vertikale Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform einer Vorrichtung der vorliegenden Erfindung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Hier sind in einer zylindrischen Kammer mit kuppelförmigem Oberteil je zwei Zuleitungen für feuchte Luft 1 und kalte Luft 9 dargestellt (wobei die Anordnung dieser Zuleitungen in beiden Fällen wiederum auch umgekehrt ausgeführt sein kann). Die Kammer umfasst in diesem Fall zwei Mischzonen 4, was bedeutet, dass bereits in Wachstumszone 5 teilweise herangewachsene Schneeflocken, die von der unteren Mischzone 4 herrühren, mit zusätzlichen kleinen, aus der oberen Mischzone 4 resultierenden Kristallen in Kontakt kommen. Dadurch wird ein zweiter Wachstumsschub ausgelöst, was eine raschere Bildung von größeren Schneeflocken und eine höhere Flockendichte in der Kammeratmosphäre bewirkt.

**[0072]** Durch die Kuppelform der Kammer reicht die Abgabezone 6 nicht so weit in die Kammer hinunter wie in der zuvor beschriebenen konusförmigen Ausführungsform, was bei gleichem Kammervolumen und gleichem Düsendruck die Verweilzeit der Schneeflocken in der Kammer erhöht.

**[0073]** Fig. 4 ist eine schematische vertikale Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform einer Vorrichtung der vorliegenden Erfindung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Hier sind drei Kammern 15, 16 und 17 vorgesehen, die jeweils eine Zuleitung 1 für feuchte Luft und eine Zuleitung 9 für kalte Luft aufweisen und seriell miteinander verbunden sind. Das heißt, ein in Kammer 15 aus feuchter und kalter Luft gebildetes Schneeflocken-Wachstumsgemisch wird in Kammer 16 und in der Folge in Kammer 17 weitergeleitet, wo in beiden Fällen ebenfalls ein solches Gemisch gebildet wird. Daher umfasst jede der drei Kammern eine (nicht dargestellte) Mischzone, Wachstumszone und Abgabezone, wobei die Abgabezone der ersten beiden Kammern 15 und 16 auf einem räumlich sehr begrenzten Bereich rund um die Austrittsstelle aus der Kammer bzw. Eintrittsstelle in die Überleitung zur nächsten Kammer beschränkt ist. Nur die letzte Kammer 17, die wiederum mit einer Venturidüse als Abgabeöffnung 7 versehen ist, weist aufgrund des Venturi-Effekts in der Düse eine tiefer in die Kammer hinein reichende Abgabezone auf, aus der die Schneeflocken vordefinierter Größe in die Düse hineingesaugt werden.

**[0074]** Die Wirkung einer solchen dreistufigen Vorrichtung ist eine ähnliche wie zuvor in Zusammenhang mit Fig. 3 beschrieben: Es kommt in den beiden Kammern 16 und 17 zu zwei zusätzlichen Wachstumsschüben in dem in der ersten Kammer 15 gebildeten Luftgemisch. Darüber hinaus kann eine größere Anzahl an Schneeflocken, sprich eine größere Schneemenge gebildet werden als in nur einer Kammer. Die Dimensionen der drei Kammern sind zwar in Fig. 4 als gleich groß dargestellt, allerdings sind diese bei derartigen Ausführungsformen frei wählbar. Das heißt, es können beispielsweise auf eine verhältnismäßig große erste Kammer 15 zwei kleinere Kammern 16 und 17 folgen oder umgekehrt.

**[0075]** Die Kammern können außerdem gleiche oder unterschiedliche Querschnitte aufweisen, und die Verhältnisse und die Volumenströme der Ströme 1 und 9 für feuchte bzw. kalte Luft können in allen Kammern gleich oder auch unterschiedlich sein. Darüber hinaus kann auch in weiteren Kammern ab der zweiten nur einer der beiden Ströme zugeführt werden, z.B. nur kalte Luft 9, um die Temperatur des Luftgemischs in der Vorrichtung im Verlauf des Verfahrens weiter zu senken, oder nur feuchte Luft, um dadurch den Feuchtigkeitsgehalt in der Vorrichtung zu erhöhen.

**[0076]** Weiters können gemäß vorliegender Erfindung auch alle denkbaren Kombinationen beliebig ausgelegter Kammern in Serie oder auch parallel verbunden werden, um die Ziele der Erfindung, d.h. vor allem die Herstellung von möglichst naturidentischem Schnee, zu erreichen. Wesentlich ist das Halten der wachsenden Schneeflocken in einem Schwebezustand in einer übersättigten Atmosphäre, bis die Größe der Flocken den vordefinierten Wert erreicht hat.

**[0077]** In den Fig. 5 bis 7 sind drei mögliche Arten dargestellt, wie die beiden Ströme für feuchte Luft und für kalte Luft miteinander vermischt werden können. In Fig. 5 stehen die Zuleitungen 1 und 9 in einem Winkel von etwa  $90^\circ$  zueinander, so dass neben der Vermischung beim Zusammentreffen der Ströme eine definierte Richtung des gemischten Luftstroms vorgegeben wird, in diesem Fall in Richtung der Winkelhalbierenden, sofern gleiche Volumenströme gegeben sind.

**[0078]** In Fig. 6 sind die beiden Zuleitungen 1 und 9 in einem Winkel von  $180^\circ$  aufeinander zulaufend dargestellt, wobei zudem die Zuleitung 9 einen deutlich größeren Querschnitt aufweist als Leitung 1. Dies kann - je nach den Druckverhältnissen - einerseits bewirken, dass ein größeres Volumen eines Luftstroms (hier: an kalter Luft) auf ein geringeres Volumen des anderen trifft, oder andererseits, dass ein Luftstrom (hier wiederum: die kalte Luft) mit geringerer Geschwindigkeit strömt. In beiden Fällen sind sowohl die Richtung als auch die Temperatur des resultierenden Luftgemischs und damit auch die Wachstumsbedingungen für die Schneeflocken steuerbar.

**[0079]** Fig. 7 zeigt abschließend einen Fall, bei dem die Zuleitung 1 für feuchte Luft, vorzugsweise konzentrisch, innerhalb der Zuleitung 9 für kalte Luft verläuft, was (bei entsprechender Wahl des Materials der Leitungen) bewirkt, dass es bereits vor dem Eintritt der beiden Luftströme in die Kammer zu einem Wärmeaustausch zwischen den beiden kommen kann, so dass der feuchte Luftstrom bereits an Wasser übersättigt in die Kammer eintritt. Darüber hinaus ist zu erkennen, dass Leitung 1 bereits knapp vor dem Kammereintritt (in der Figur als das obere Ende von Leitung 9 angedeutet) endet, was eine teilweise Vorvermischung der beiden Ströme vor Eintritt in die Kammer bewirkt.

**[0080]** Die Erfindung wird nachstehend anhand von konkreten Ausführungsbeispielen beschrieben, die ausschließlich zu Illustrationszwecken und nicht als Einschränkung dienen.

## BEISPIELE

### BEISPIEL 1

**[0081]** Die Vorrichtung der Erfindung bestand aus einer kegelstumpfförmigen Kunststoff-Kammer mit einer Höhe von 95 cm, einer kreisförmigen Grundfläche mit einem Durchmesser von 100 cm und einer kreisförmigen oberen Öffnung mit einem Durchmesser von 10 cm. Auf die obere Öffnung wurde ein Kunststofftrichter mit einer Höhe von 10 cm und einer oberen Öffnung mit einem Durchmesser von 0,5 cm als Abgabedüse aufgesetzt, wobei der untere Rand des Trichters und mit der äußeren Oberfläche der Kammer luftdicht verklebt wurde. Die Kammer wies demnach eine Gesamthöhe von 105 cm und ein Gesamtvolumen von ca.  $0,27 \text{ m}^3$  auf. In einer Höhe von 2 cm mündeten konzentrisch ineinander verlaufende Zuleitungen für feuchte und kalte Luft tangential in die Kammer ein, wobei die Zuleitung für feuchte Luft innerhalb der Zuleitung für kalte Luft geführt wurde. Die gesamte Vorrichtung wurde in einem Kältelabor auf eine Temperatur von  $-15^\circ \text{C}$  gekühlt.

**[0082]** Der feuchte Luftstrom wurde erzeugt, indem Luft durch eine mit Wasser nahe dem Gefrierpunkt, d.h. mit  $1$  bis  $2^\circ \text{C}$ , gefüllte, eisgekühlte Durchflusszelle hindurchgeleitet und so mit Wasserdampf gesättigt und anschließend mittels eines Ultraschallverneblers mit winzigen Wassertropfchen angereichert wurde, wobei Letztere zur Bildung von Kristallkeimen dienten. Als kalte Luft wurde Umgebungsluft aus dem Kältelabor mit einer Temperatur von  $-15^\circ \text{C}$  eingesetzt. Beide Luftströme wurden mit einer Rate zwischen  $0,2$  und  $0,3 \text{ l/s}$  in die gekühlte Kammer eingeleitet. Die Temperatur der feuchten Luft betrug beim Eintritt in die Kammer ca.  $+3^\circ \text{C}$  und die Temperatur im Inneren der Kammer ca.  $-14^\circ \text{C}$ . Aufgrund der tangentialen Zuleitung sorgten

die vermischten Luftströme für eine aufwärtsgerichtete zirkuläre Strömung in der Kammer.

**[0083]** Aus den Verhältnissen der Volumina der beiden Luftströme und der Kammer und unter der Annahme, dass die eingeleitete Luft das gesamte Kammervolumen durchströmt, ergibt sich rechnerisch eine Verweilzeit der wachsenden Schneeflocken in der Kammer von rund 9 min.

**[0084]** Aus der Abgabeöffnung der Vorrichtung wurde kontinuierlich Schnee ausgestoßen, wobei pro Stunde ca. 0,2 kg Schnee erzeugt wurden, dessen Kristallstruktur im Mikroskop untersucht wurde. Dabei wurden neben einem geringen Anteil dünner Nadeln vorwiegend typische Dendriten gefunden. Die Dichte des so gebildeten, nahezu naturidentischen Schnees betrug zwischen 90 und 120 kg/m<sup>3</sup>.

## BEISPIEL 2

**[0085]** Die Vorrichtung war im Wesentlichen dieselbe wie im ersten Beispiel, mit dem Unterschied, dass die Wasseranreicherung der feuchten Luft nach Passieren der Durchflusszelle anstelle mittels des Ultraschallverneblers mit Hilfe von fein zerstäubtem Wasser erreicht wurde, das mittels eines Hochdruckzerstäubers erhalten wurde.

**[0086]** Das Einleiten in die Kammer erfolgte auf dieselbe Weise wie in Beispiel 1, und die Eigenschaften des Erhaltenen Schnees waren praktisch gleich wie in Beispiel 1. Allerdings konnte die Schneeproduktion auf diese Weise auf ca. 9 kg pro Stunde erhöht werden, was eine Steigerung auf das 45fache darstellt.

**[0087]** Gegenwärtig werden Forschungen bezüglich des entsprechenden Upscalings der Vorrichtung für den praktischen Einsatz, z.B. zum Beschneien von Skipisten, durchgeführt.

**[0088]** Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es somit möglich, im Wesentlichen naturidentischen Schnee mit deutlich geringerem Energieaufwand als nach dem Stand der Technik und praktisch ohne Lärmemissionen herzustellen, wodurch ausgezeichnete Anwendungsmöglichkeiten, etwa zum Beschneien von Skipisten (auch Indoor-Skianlagen), zur großflächigen Beschneigung von Freiflächen für andere Wintersportarten, zur Optimierung von landwirtschaftlichen Kulturtechniken, zur kleinflächigen Beschneigung in Wohnhausanlagen oder von Gärten, Parks, Gebäuden oder Schulgelände zu Sport-, Erholungs- und Isolationszwecken, aber beispielsweise auch zur Beeinflussung des lokalen Bio- und Mikroklimas durch lokale Erhöhung der Albedo der Erdoberfläche, in weitem Umfang gegeben sind.

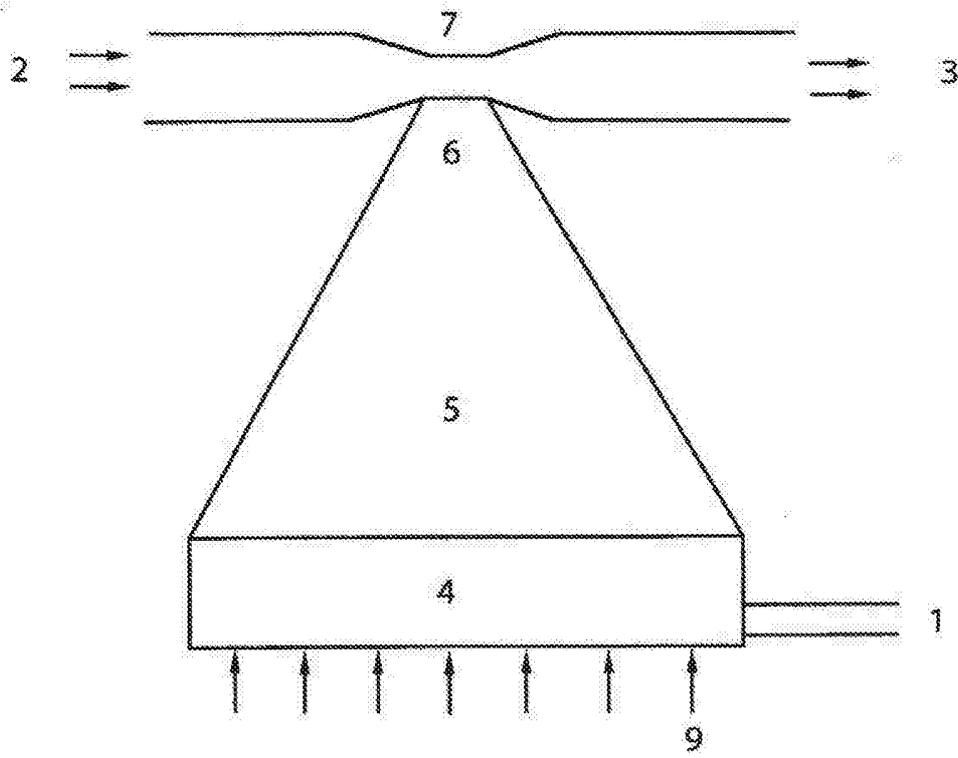
## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von im Wesentlichen dendritischem Schnee, das die folgenden Schritte umfasst:
  - a) das Zuführen eines Stroms feuchter Luft und eines Stroms kalter Luft in zumindest eine im Wesentlichen geschlossene Kammer (15, 16, 17), um die beiden Ströme darin zu vermischen und so eine an Wasser übersättigte Atmosphäre in der zumindest einen Kammer (15, 16, 17) zu bilden;
  - b) das Bilden von Eiskristallen und das Wachsenlassen von Schneeflocken aus der übersättigten Atmosphäre innerhalb der zumindest einen im Wesentlichen geschlossenen Kammer (15, 16, 17), wobei die wachsenden Eiskristalle und Schneeflocken innerhalb der zumindest einen im Wesentlichen geschlossenen Kammer (15, 16, 17) in einem Schwebезustand gehalten werden und für eine vorbestimmte Zeitspanne wachsen gelassen werden, die ausreicht, um im Wesentlichen dendritische Schneeflocken zu erhalten; wobei der Schwebезustand erzielt wird, indem die wachsenden Eiskristalle und Schneeflocken vom vermischten Luftstrom innerhalb der zumindest einen im Wesentlichen geschlossenen Kammer in einer aufwärts gerichteten Rotationsbewegung desselben mitgeführt werden, wodurch eine Verteilung der Schneeflocken entsprechend ihrer Größe bewirkt wird;
  - c) das Abgeben der Schneeflocken mit vordefinierter Größe nach der vorbestimmten Zeitspanne mittels eines Trägerluftstroms (3) durch eine Abgabeöffnung (7) in einem oberen Bereich der zumindest einen im Wesentlichen geschlossenen Kammer (15, 16, 17).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt a) zusammen mit dem Strom feuchter Luft und/oder mit dem Strom kalter Luft ein oder mehrere Hilfsstoffe zur Unterstützung der/des in Schritt b) erfolgenden Kristallbildung/Kristallwachstums zugeführt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Hilfsstoffe zusammen mit dem Strom feuchter Luft und/oder mit dem Strom kalter Luft Eiskristallkeime zur Initiation der Eiskristallbildung und/oder zur Förderung des Eiskristallwachstums zugeführt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusammen mit dem Strom feuchter Luft ein oder mehrere Schaumbildner zur Erzeugung von Luftblasen zugeführt werden, an deren Oberfläche Eiskristallbildung initiiert wird.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt a) zumindest einer der beiden Ströme feuchter und kalter Luft von unten in zumindest eine im Wesentlichen geschlossene Kammer (15, 16, 17) zugeführt wird.
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt a) zumindest einer der beiden Ströme feuchter und kalter Luft seitlich in zumindest eine im Wesentlichen geschlossene Kammer (15, 16, 17) zugeführt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt a) zumindest einer der beiden Ströme feuchter und kalter Luft im Wesentlichen tangential in zumindest eine im Wesentlichen geschlossene Kammer (15, 16, 17) zugeführt wird, der Konusform aufweist.
8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wachsenden Schneeflocken in Schritt b) mittels eines oder mehrerer in zumindest einer im Wesentlichen geschlossenen Kammer (15, 16, 17) vorgesehener Ventilatoren in einem Schwebезustand gehalten werden.
9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorbestimmte Zeitspanne in Schritt b) zumindest etwa 5 min beträgt.
10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur des Stroms kalter Luft in Schritt a) im Bereich von -100 °C bis -5 °C liegt.
11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Strom kalter Luft Umgebungsluft zugeführt wird.

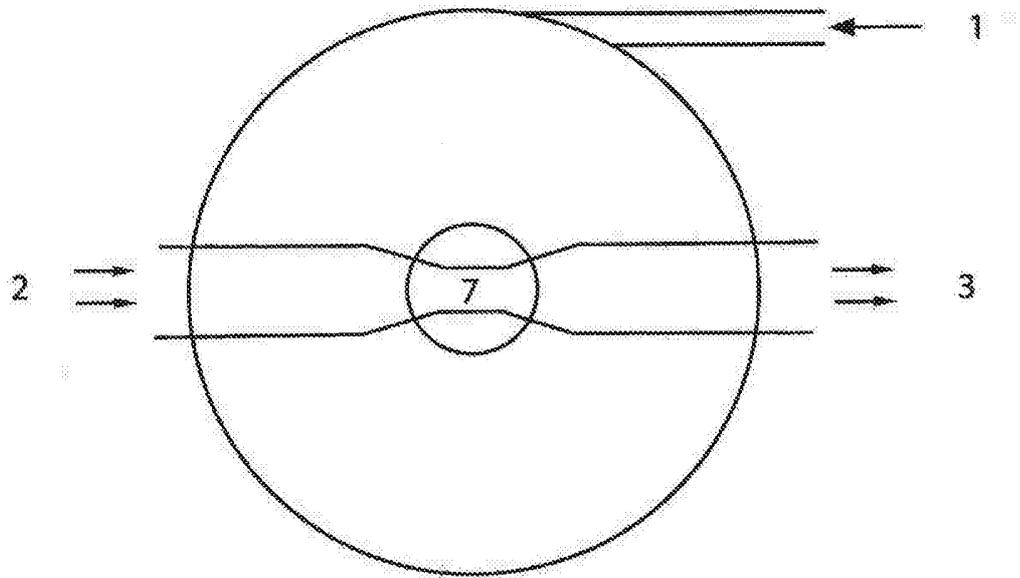
12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur des Stroms feuchter Luft in Schritt a) im Bereich von -5 °C bis +10 °C liegt.
13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schneeflocken in Schritt c) zusammen mit dem Trägerluftstrom (3) durch eine Düse als Abgabeöffnung (7) abgegeben werden.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schneeflocken durch eine mit einem Umgebungsluftstrom (2) betriebene Venturidüse als Abgabeöffnung (7) abgegeben werden.
15. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Oberfläche der zumindest einen im Wesentlichen geschlossenen Kammer (15, 16, 17) zumindest teilweise gekühlt und/oder beheizt wird.
16. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zugeführte feuchte Luft erwärmt wird, bevor und/oder während ihr Feuchtigkeit zuge-setzt wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass als die zum Erwärmen erforderliche Energie die Abwärme eines Kühlvorgangs im Verfahren genutzt wird.
18. Vorrichtung zur Herstellung von im Wesentlichen dendritischem Schnee unter Anwendung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 17, umfassend zumindest eine im We-sentlichen geschlossene Kammer (15, 16, 17), die Folgendes umfasst:
  - zumindest eine Zuleitung (1) für einen Strom feuchter Luft und zumindest eine Zuleitung (9) für einen Strom kalter Luft, die in die zumindest eine im Wesentlichen geschlossene Kammer (15, 16, 17) einmünden;
  - drei miteinander in Fluidkommunikation stehende Zonen (4, 5, 6), nämlich eine Mischzo-ne (4), in die zumindest eine Zuleitung (1) und zumindest eine Zuleitung (9) einmünden, zum Vermischen der Ströme feuchter und kalter Luft und gegebenenfalls zur Bildung von Eiskristallkeimen, eine Wachstumszone (5) für Schneeflocken und eine Abgabezone (6) zum Abgeben der gebildeten Schneeflocken;
  - in zumindest einer der Zonen (4, 5) vorgesehene Mittel zum Versetzen des vermischten Luftstroms in der zumindest einen Kammer und der davon mitgeführten Eiskristallkeime und Schneeflocken in eine aufwärts gerichtete Rotationsbewegung, wobei diese Mittel aus folgenden Optionen A bis D ausgewählt sind:
    - A) zumindest ein Ventilator als Luftströmungsregler innerhalb der Mischzone (4) und/ oder der Wachstumszone (5),
    - B) zumindest eine von unten die Mischzone (4) einmündende Luft-Zuleitung (1, 9) und zu-mindest eine seitlich in die Mischzone (4) und/oder die Wachstumszone (5) einmündende Luft-Zuleitung (1, 9),
    - C) zumindest eine von unten die Mischzone (4) einmündende Luft-Zuleitung (1, 9) und zu-mindest ein Ventilator als Luftströmungsregler innerhalb der Mischzone (4) und/oder der Wachstumszone (5),
    - D) zumindest eine tangential in die Mischzone (4) und/oder Wachstumszone (5), die je-weils zylinder- oder konusförmig sind, einmündende Luft-Zuleitung (1, 9);sowie
  - eine mit der Abgabezone (6) in Fluidkommunikation stehende Abgabeöffnung (7) in ei-nem oberen Bereich der zumindest einen im Wesentlichen geschlossenen Kammer (15, 16, 17).
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Ventilator als Luftströmungsregler vorgesehen ist.
20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie mehrere im Wesentlichen geschlossene Kammern (15, 16, 17) umfasst, die miteinander seriell oder parallel verbunden sind.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Kammer (15, 16, 17) zumindest im Bereich der Abgabezone (6) konusförmig ist.
22. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Kammer (15, 16, 17) im Bereich der Wachstumszone (5) und der Abgabezone (6) konusförmig ist.
23. Vorrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Kammer (15, 16, 17) zur Gänze konusförmig ist.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Zuleitung (1) für feuchte Luft und/oder zumindest eine Zuleitung (9) für kalte Luft von unten in die Mischzone (4) einmünden/einmündet.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Zuleitung (1) für feuchte Luft und/oder zumindest eine Zuleitung (9) für kalte Luft von der Seite in die Mischzone (4) und/oder die Wachstumszone (5) einmünden/einmündet.
26. Vorrichtung nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Zuleitung (1) für feuchte Luft und/oder zumindest eine Zuleitung (9) für kalte Luft im Wesentlichen tangential in eine konusförmige Misch- und/oder Wachstumszone (4, 5) einmünden/einmündet.
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abgabeöffnung (7) eine Düse ist.
28. Vorrichtung nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Düse eine Venturidüse ist.
29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Zuleitung (1) für feuchte Luft und zumindest eine Zuleitung (9) für kalte Luft, vorzugsweise konzentrisch, ineinander angeordnet sind und eine gemeinsame Einmündungsstelle in die Kammer (4, 5, 6) aufweisen.
30. Vorrichtung nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet**, dass die innen liegende der beiden ineinander angeordneten Zuleitungen (1, 9) vor der gemeinsamen Einmündung in die Kammer (4, 5, 6) endet.
31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 30, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein oder mehrere Teile der Vorrichtung, vorzugsweise die Außenwand oder -wände der Kammer (15, 16, 17) und/oder die Zuleitung (9) für kalte Luft, mit Kühl- und/oder Heizeinrichtungen versehen sind.
32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 31, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie zumindest eine Heizeinrichtung zum Erwärmen der zugeführten feuchten Luft umfasst.
33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Kammer (15, 16, 17) zumindest teilweise aus leichtgewichtigem Material, ausgewählt aus Stoff, Leinwand und Kunststoff, gefertigt ist.
34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 33, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Kammer (15, 16, 17) zumindest teilweise aus einem das Wachstum von Eiskristallen hemmenden Material gefertigt und/oder damit ausgekleidet ist.

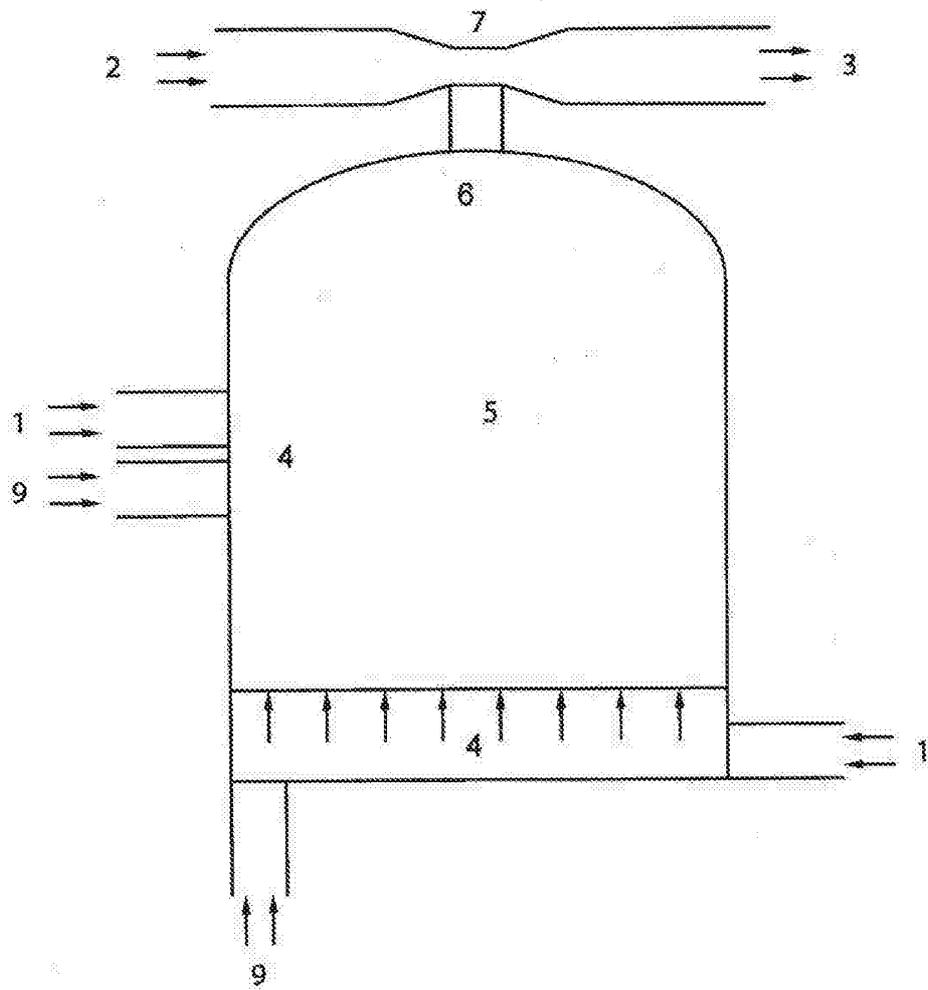
**Hierzu 7 Blatt Zeichnungen**



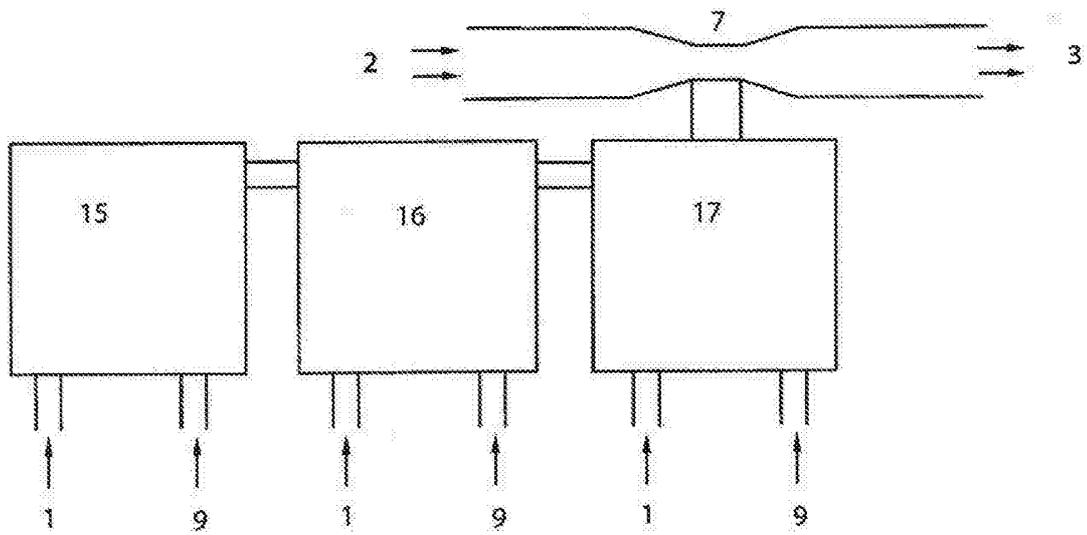
Figur 1



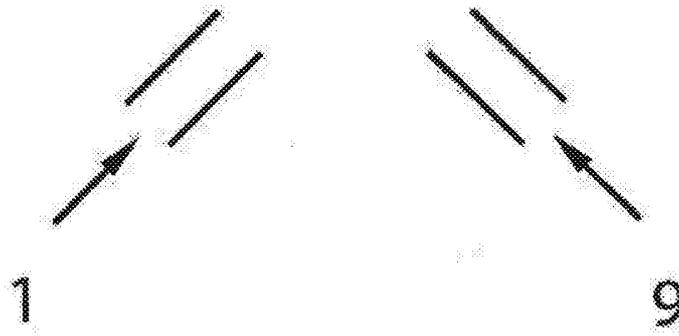
Figur 2



Figur 3



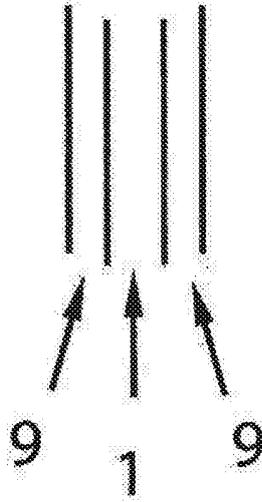
Figur 4



Figur 5



Figur 6



Figur 7