(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2009 037 570 A1** 2011.02.24

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 037 570.8**
(22) Anmeldetag: **14.08.2009**
(43) Offenlegungstag: **24.02.2011**

(51) Int Cl.[8]: ***C02F 1/22*** (2006.01)
C02F 1/14 (2006.01)

(71) Anmelder:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., 51147 Köln, DE

(74) Vertreter:
Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner, 50667 Köln

(72) Erfinder:
Olwig, Ralf, Dr., 51147 Köln, DE; Hennecke, Klaus, 53797 Lohmar, DE; Sattler, Christian, Dr., 53225 Bonn, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

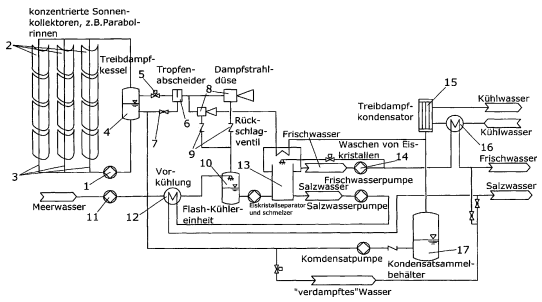
DE	**28 46 564**	**A1**
US	**51 67 838**	**A**
US	**33 85 074**	**A**
US	**31 59 474**	**A**
WO	**03/0 48 658**	**A1**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur solarthermischen Gefrierentsalzung von Meerwasser**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Anlage zur Entsalzung von Meer- oder Brackwasser zur Gewinnung von Trinkwasser. Das Verfahren basiert auf der Gefrierentsalzung des entsprechend verunreinigten Wassers, wobei die Energie zur Kühlung/Gefrierung dieses Rohwassers durch konzentrierende Sonnenkollektoren bereitgestellt wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Anlage zur Entsalzung von Meer- oder Brackwasser zur Gewinnung von Trinkwasser. Das Verfahren basiert auf der Gefrierentsalzung des entsprechend verunreinigten Wassers, wobei die Energie zur Kühlung/Gefrierung dieses Rohwassers durch konzentrierende Sonnenkollektoren bereitgestellt wird.

[0002] Alle Lebewesen auf der Erde benötigen Wasser um zu leben und zu gedeihen. Leider ist Wasser in vielen Regionen der Welt – speziell im Sonnengürtel der Erde – eine knappe Ressource. Mehr als 80 Entwicklungsländer, welche die Heimat etwa der Hälfte der Weltbevölkerung darstellt, leiden unter Wasserknappheit. In diesen Ländern ist die Wasserknappheit für etwa 80–90% aller Erkrankungen und etwa 30% der Todesfälle verantwortlich.

[0003] Trinkwasser stammt meist aus Niederschlägen oder Brunnen, die nicht selten eine erschöpfliche Bezugsquelle darstellen oder mit der Zeit immer stärker versalzen. Bereits heute wird ein Großteil des benötigten Trink- und Frischwassers durch die Entsalzung von Meerwasser (und Brackwasser) bereitgestellt. Der Meerwasserentsalzung wird auch für die Zukunft eine große Bedeutung zugemessen. Die hier großtechnisch umgesetzten Verfahren sind jedoch energieintensiv und mit erheblichen Belastungen der (marinen) Umwelt verbunden, da hier in größerem Umfang Hilfschemikalien wie Antifouling- und Antiscalingmittel zugesetzt werden.

[0004] Im Nahen Osten ist diese energieintensive Form der Trinkwassergewinnung weit verbreitet. In den ölreichen Golfstaaten ist sie die Hauptquelle der Trinkwassergewinnung. Überwiegend wird das Trinkwasser durch gas- oder ölgefeuerte Entsalzungsanlagen gewonnen. Thermische Entsalzungsverfahren, beruhend auf der Verdunstung oder Verdampfung des Wassers, sowie die Umkehrosmose sind bei der Entsalzung von Meerwasser häufig verwendete Verfahren.

[0005] Von Verdunstung spricht man bekanntermaßen, wenn die Temperatur der Lösung unter der Siedetemperatur liegt und der Dampfdruck im umgebenden Trägergas, hier üblicherweise Luft, geringer als in der Flüssigkeit ist. Das Lösungsmittel verdunstet dann abhängig von der Temperatur und der Teildruckdifferenz. Beim Verdampfen wird eine Flüssigkeit in den Dampfzustand durch Änderung der Temperatur und des Druckes überführt. Dabei wird aus einer Mischung das Lösungsmittel, beispielsweise Wasser, durch Erhitzen der Lösung auf Siedetemperatur entsprechend teilweise abgetrennt.

[0006] Bei der Umkehrosmose wird die Lösung, also hier das Meerwasser, zur Überwindung des osmotischen Druckes unter hohem Druck durch eine semipermeable Membran gepresst. Als Membran dienen häufig Folien aus Polyamid, PTFE oder sulfonierten Copolymeren, welche meist einen Porendurchmesser von 5×10^{-7} bis 5×10^{-6} mm aufweisen.

[0007] All diesen Verfahren ist der hohe Energiebedarf gemein. Neuere Verfahren verwenden regenerative Energiequellen zur Deckung des Energiebedarfs. In der zukünftigen Energieversorgung der Menschheit werden regenerative Energiequellen und -techniken eine entscheidendere Rolle spielen als bisher. Eine sehr gute Option bieten hier solarthermische Verfahren, die die Energie der Sonne nutzen, um Energie für unterschiedliche Verwendungszwecke bereitzustellen. Auch die Verwendung solarer Energie zur Gewinnung von Trinkwasser aus Meerwasser ist im Stand der Technik bekannt.

[0008] In DE 100 47 522 A1 und in WO 02/087721 A2 werden Vorrichtungen beschrieben, in welchen durch Destillation Trinkwasser aus Meer- oder Brackwasser gewonnen werden kann. In einem Reaktionsraum wird Meerwasser mit Hilfe von solarer Energie verdampft, wobei durch das Verdampfen unterschiedliche Temperaturen innerhalb des geschlossenen Reaktionsraumes entstehen. Dies führt zu einem Luftstrom innerhalb des Reaktionsraums. Das kondensierte Wasser sammelt sich dann am Boden des entsprechenden Gefäßes.

[0009] Eine Destillation von salzhaltigem Rohwasser wird in DE 10 2004 035 189 A1 beschrieben. Weitere Destillationsanlagen zur Meerwasserentsalzung sind aus DE 20 2006 000 195 U1 und DE 20 2007 012 405 U1 bekannt. Mit Hilfe von Sonnenkollektoren wird hier salzhaltiges Rohwasser erhitzt, bis Wasserdampf entweicht. Dieser wird dann kondensiert und getrennt gesammelt.

[0010] Ein Verdampfen des Rohwassers beschreibt DE 10 2006 052 671 A1. Das gebildete Wasser/Dampfgemisch wird in ein Trenngefäß geleitet.

[0011] Die erforderliche thermische Energie zur Trennung wird nahezu ausschließlich durch die Umwandlung von Solarenergie erzeugt.

[0012] Eine weitere Anlage zur Entsalzung von Meerwasser ist aus DE 103 61 318 A1 bekannt. Bei der hier beschriebenen Anlage wird eine Brüdenverdichtung mit einer Absorptionskraftmaschine so kombiniert, dass die gesamte für den Prozess benötigte Energie mit Hilfe eines Solarkollektors zugeführt werden kann. Das Meerwasser wird verdampft, der Dampf kondensiert an einem Brüdenkondensator, wodurch entsalztes Wasser erhalten wird.

[0013] Eine weitere Möglichkeit zur Entsalzung ist

aus DE 10 2007 038 599 A1 bekannt. In dem hier beschriebenen Verfahren wird Meerwasser komprimiert. Durch Entspannung von einem Druck von über 3 bar auf etwa 0,5 bar verdampft das Wasser schlagartig. Der Dampf kann das Salz nicht halten, dieses fällt in eine Rinne aus, aus der es mittels Meerwasser herausgespült werden kann.

[0014] Eine weitere Möglichkeit zur Aufreinigung von Meerwasser ist die Gefrierentsalzung. Durch Abkühlen von Meerwasser bilden sich Eiskristalle, die frei von Salzen sind.

[0015] Bei den bekannten Gefrierverfahren zur Wasserentsalzung unterscheidet man zwischen Verfahren mit direktem oder indirektem Kontakt des Kühlmittels mit dem zu entsalzenden Wasser. Beschreibungen der Verfahren finden sich in Miller, J. E.; Review of Water Resources and Desalination Technologies, SANDIA Report 2003-0800, 2003;Younos, T., Kimberly, E. T., Overview of Desalination Techniques, Journal of Contemporary Water Research & Education 132 (2005), 3–10 oder Rice, W.; Chau, D. S. C., Freeze desalination using hydraulic refrigerant compressors, Desalination 109 (1997), 157–164. Bei Verfahren mit direktem Kontakt wird das Kühlmittel (z. B. Butan, Ammoniak) mit dem zu entsalzenden Wasser vermischt. Bei den indirekten Verfahren sind Kühlmittel und Meerwasser durch eine Wärmetauscheroberfläche voneinander getrennt, d. h. sie werden nicht miteinander vermischt.

[0016] Beim Gefrierentsalzungsverfahren mit indirektem Kontakt des Kühlmittels mit dem zu entsalzenden Wasser basiert die Kälteerzeugung auf einem kompressorbetriebenen Standardkreislauf. Der Verdampfer stellt den Gefrierteil und der Kondensator den Eisschmelzer dar. Im Gefrierteil wird das Wasser bis auf den Gefrierpunkt gekühlt. Die Eiskristalle werden in einem nachgeschalteten Separator vom aufkonzentrierten Sol abgetrennt und gewaschen. Das Frischwasser und das aufkonzentrierte Sol werden zur Vorkühlung des zulaufenden salzhaltigen Wasser eingesetzt.

[0017] Die in der Vergangenheit vorgeschlagenen Konzepte scheiterten häufig an unzureichend entwickelten Abtrenntechniken für die Eiskristalle und vor allem aufgrund unterschiedlicher Probleme mit den eingesetzten Kompressoren (z. B. Verunreinigung des Frischwassers durch Schmiermittel des Kompressors oder Ähnliches).

[0018] Rein energetisch betrachtet ist das Auskristallisieren deutlich günstiger als das Verdampfen und Rekondensieren von Wasser. Theoretisch ist der spezifische Energiebedarf bei der Gefrierentsalzung mit 334 kJ/kg geringer als für die Verdampfung von Wasser (2200 kJ/kg). Die mehrstufige Ausführung moderner Verdampfungsverfahren führt jedoch zu erheblich geringerem tatsächlichen Energiebedarf, abhängig von der Anzahl der ausgeführten Stufen. Moderne, auf Verdampfung beruhende, mehrstufige Anlagen weisen einen Energiebedarf im Bereich von 200 kJ/kg auf.

[0019] Aufgrund der geringen Betriebstemperaturen spielt beim Gefrierverfahren „Scaling” im Gegensatz zu den herkömmlichen Verdampfungsverfahren kaum eine Rolle. Auch „Fouling”, aufgrund von biologischen Kontaminationen, wie etwa bei der Umkehrosmose, spielt bei der Gefrierentsalzung lediglich eine untergeordnete Rolle.

[0020] Die technischen Schwierigkeiten im Gefrierverfahren bestehen jedoch im Wesentlichen in der Abtrennung der Eiskristalle von der Mutterlauge, also dem solid-liquid handling. Die Eiskristalle müssen von der Muterlauge getrennt und gewaschen werden. Hierbei besteht ein erheblicher Bedarf an Süßwasser. Das Abtrennen und Nachwaschen der Eiskristalle ist bisher verfahrenstechnisch unzureichend gelöst. So wurden in der Vergangenheit zumeist erhöhte Salzgehalte im erzeugten Frischwasser (> 700 ppm) im Vergleich zu herkömmlichen Destillationsprozessen (< 10 ppm) festgestellt.

[0021] Zur Gefrierentsalzung von Meerwasser muss das Rohwasser auf Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes von Wasser gebracht werden. Zu den im Stand der Technik bekannten Kühlverfahren zählen beispielsweise strombetriebene Kompressionskältemaschinen.

[0022] Thermisch angetriebene Verfahren zur Kälteerzeugung, die mit solaren Receivertechniken kombiniert werden können, sind zum einen Wärmeabsorptionskälteanlagen, zumeist mit den Arbeitsmedienpaaren Wasser/Lithiumbromid (Kühltemperatur > 5°C) oder Wasser/Ammoniak (Kühltemperaturen auch < 0°C), zum anderen Dampfstrahlkälteanlagen. Entsprechende Anlagen werden unter anderem in Noeres, P.; Thermische Kälteerzeugung mit Dampfstrahlkältemaschinen-Konzepte und Erfahrungen, KI Luft- und Kältetechnik 11/2006, 478–483 und Pollerberg, C.; Ahmed Hamza, H. A.; Dötsch, C.; Solar driven steam jet ejector chiller Applied Thermal Engineering, 29 (2009) 5–6, 1245–1252 und Pollerberg C., Heinzel, A., Weidner, E., Model of a solar driven steam jet ejector chiller and investigation of its dynamic operational behaviour, Solar Energy (2009), article in press, beschrieben. Diese Technologien zur solaren Kühlung sind nach wie vor Gegenstand der Forschung. Zumeist gibt es noch keine Anlagen im Prototypenmaßstab geschweige denn Industrieanlagen.

[0023] Aus WO 03/048658 A1 ist eine Anlage zur solarthermischen Kälteerzeugung bekannt. Hier wird ein Kältemittel eines Strahlverdichters durch Anbin-

dung an Sonnenkollektoren verdampft. Der Kältemitteldampf wird nach Verdichtung durch den Strahlverdichter unter Wärmeabgabe kondensiert. Als Kältemittel wird hier Wasser verwendet.

[0024] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht nun darin, ein Verfahren zur Entsalzung von Meer- und Brackwasser bereitzustellen, welches die beschriebenen Nachteile aus dem Stand der Technik vermeidet. Die zum Entsalzen benötigte Energie soll durch Sonnenkollektoren gewonnen werden. Das Verfahren soll weiterhin eine hohe energetische Effizienz aufweisen und einfach, robust und leicht zu steuern sein. Auch soll auf Hilfschemikalien, wie sie im Bereich der thermischen Entsalzungsverfahren und der Umkehrosmose benötigt werden, verzichtet werden.

[0025] In einer ersten Ausführungsform wird die Aufgabe durch ein Verfahren gelöst, welches auf der Gefrierentsalzung von Meerwasser basiert. Die Energie zur Kühlung/Gefrierung des Meerwassers wird durch konzentrierende Sonnenkollektoren, etwa Parabolrinnen oder Fresnelkollektoren, bereit gestellt.

[0026] Insbesondere umfasst die Erfindung ein Verfahren zur Entsalzung von Meer- und Brackwasser, dadurch gekennzeichnet, dass das Meer- oder Brackwasser mit Hilfe einer oder mehrerer Dampfstrahldüsen (**8**) abgekühlt wird und sich salzfreie Eiskristalle bilden, wobei die erforderliche Energie durch konzentrierende Sonnenkollektoren (**2**) bereitgestellt wird.

[0027] Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Verfahrensprinzip einer solarbetriebenen Gefrierentsalzung von Meerwasser. Im Sonnenkollektorkreislauf wird Wasser mit Hilfe einer Pumpe (**1**) im Kreis geführt. Durch die solare Einstrahlung, welche von den Sonnenkollektoren (**2**) eingefangen wird, wird das Wasser in den Absorberrohren (**3**) der Sonnenkollektoren (**2**) aufgeheizt.

[0028] Das Wasser verdampft und wird im Treibdampfkessel (**4**) gesammelt. Der hier gesammelte Dampf ist ein gesättigter Wasserdampf. Der gesammelte Dampf enthält einen hohen Anteil an Wasser, es handelt sich um einen Sattdampf. Dieser wird über ein Dampfmassenstromregelventil (**5**) in einen Tropfenabscheider (**6**) geleitet. Hier wird der Dampf getrocknet. Das Kondensat wird über ein Ventil (**7**) in den Treibdampfkessel (**4**) zurückgeleitet, und steht somit dem Sonnenkollektor wieder zur Verfügung. Der getrocknete Dampf wird über eine oder mehrere Dampfstrahldüsen (**8**) entspannt. Die Dampfstrahldüsen sind mit einer Flash-Kühler-Einheit (**10**) über Rückschlagventile (**9**) verbunden. Durch das Entspannen des Dampfes über eine oder mehrere Dampfstrahldüsen (**8**) wird nun ein Unterdruck in der Flash-Kühler Einheit (**10**) erzeugt.

[0029] Das zu entsalzende Meerwasser wird beispielsweise mit Hilfe einer Pumpe (**11**) zu einer Vorkühlung (**12**) gebracht. Das vorgekühlte Meerwasser läuft nun zur Flash-Kühler-Einheit (**10**) und wird dort fein verteilt. Die Verteilung kann beispielsweise mit Hilfe einer Sprühdüse erfolgen. Da in der Flash-Kühler-Einheit (**10**) ein Unterdruck herrscht, verdampft ein Teil des Meerwassers. Dies führt zu einer rapiden Abkühlung desselben. Ist der Gefrierpunkt des Meerwassers erreicht, bilden sich Eiskristalle im Meerwasser. Der Gefrierpunkt ist dabei abhängig vom Salzgehalt des ursprünglich zugeführten Wassers. Die gebildeten Eiskristalle sind im Wesentlichen salzfrei. Das Gemisch aus Eiskristallen und aufkonzentriertem Meerwasser wird nun in einen Separator (**13**) gepumpt. Aufgrund der Dichteunterschiede zwischen Eiskristallen und konzentriertem Meerwasser schwimmen die Eiskristalle auf. Sie können im Überlauf des Eisseparators (**13**) gesammelt werden.

[0030] Der entspannte Dampf aus einer oder mehreren Dampfstrahldüsen (**8**) wird nun eingesetzt, um den Eisseparator (**13**) zu erwärmen. Die Eiskristalle schmelzen hierdurch auf. Auf der einen Seite wird durch das Aufschmelzen der Eiskristalle im Separator das Problem des solid-liquid handlings der Eiskristalle umgangen, auf der anderen Seite können die Dampfstrahldüsen, die für das Aufschmelzen der Eiskristalle eingesetzt werden, unter optimalen Rückkühlbedingungen betrieben werden, was zu einem sehr hohen COP (Coefficient of Performance) dieser Dampfstrahldüsen führt.

[0031] Die aufschwimmenden Eiskristalle sollten zuvor jedoch noch gespült werden, um diese von anhaftendem Meerwasser zu reinigen. Dies geschieht beispielsweise durch Rückführung eines Teilstroms des gewonnen Eiskristallwassers. Mit Hilfe einer Frischwasserpumpe (**14**) kann das gewonnene Frischwasser teilweise über ein Ventil zum Überlauf des Eisseparators (**13**) zurückgeführt werden. Aufgrund der geringen Temperatur des Wassers schmelzen die Kristalle nicht beim Spülen, sondern erst beim Aufschmelzen durch den Dampf aus der Dampfstrahldüse (**8**). Erfindungsgemäß befindet sich im Eisseparator (**13**) eine Einheit, in welcher die Eiskristalle durch Treibdampf einer oder mehrerer Dampfstrahldüsen (**8**) aufgeschmolzen werden, integriert.

[0032] Das gewonnene, wenige Grad Celsius kalte Frischwasser, kann an einen Wärmetauscher (**16**) geleitet werden. Mit dem kalten Frischwasser wird das Kühlwasser des Treibdampfkondensators (**15**) heruntergekühlt. Dieses führt zu einem gesteigerten COP der Dampfstrahldüse(n), die nicht zum Aufschmelzen der Eiskristalle eingesetzt werden. Dieser Treibdampfkondensator (**15**) ist vorzugsweise als Mischkondensator ausgeführt.

[0033] Das stark gekühlte aufkonzentrierte Meerwasser (Sole) kann zunächst zur Vorkühlung (**12**) des frisch zugeführten Meerwassers verwendet werden. Alternativ kann auch dieser stark gekühlte Teilstrom zur Kühlung des Kühlwassers (**16**) des Treibdampfkondensators (**15**) oder den Mischkondensator eingesetzt werden, die nicht für die Aufschmelzung der Eiskristalle eingesetzt werden, verwendet werden. Das durch den Mischkondensator (**15**) gewonnene Treibdampfkondensat wird in einem Kondensatsammelbehälter (**17**) gesammelt. Anschließend kann es erneut dem Sonnenkollektorkreislauf zugeführt werden.

[0034] Der im Flash-Kühler (**10**) verdampfte Meerwasseranteil kann entsprechend dem Verschmutzungsgrad des Kreislaufwasser/-dampfes dem Soleanteil oder dem Frischwasseranteil zugeschlagen werden.

[0035] In einer weiteren Ausführungsform wird die Aufgabe der Erfindung durch eine Anlage gelöst, in welcher ein erfindungsgemäßes Verfahrensprinzip durchgeführt werden kann.

[0036] Außer den Antriebspumpen werden in einer erfindungsgemäßen Anlage keinerlei bewegte oder rotierende Bauteile benötigt. Auch komplizierte Maschinen werden nicht eingesetzt. Eine entsprechende Anlage ist demnach wartungsarm und leicht zu bedienen. Auch die den Unterdruck erzeugende Dampfstrahldüsen sind einfache und robuste Bauteile. Zudem kommt man im Gegensatz zu anderen Kälte- und Entsalzungsverfahren ohne jegliche Hilfschemikalien aus. So entfällt beispielsweise der Einsatz eines umweltgefährdenden oder giftigen Kältemittels. Auch eine aufwendige Aufbereitung des Meerwassers mit Antiscalants und Antifoulants gegen chemische und bakterielle Belagbildung innerhalb der Entsalzungseinheiten ist nur sehr begrenzt bis gar nicht notwendig.

[0037] Zur energetischen Optimierung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es außerdem möglich, dieses als mehrstufiges Verfahren auszuführen. Der Gefrierpunkt des Meerwassers ist abhängig vom Salzgehalt. In einer mehrstufigen Ausführung des Verfahrens, beispielsweise durch eine Verschaltung mehrerer kleinerer Einheiten Dampfstrahldüsen/Flash-Kühler/Separator, wird diesem Rechnung getragen.

[0038] Dampfstrahlkälteanlagen zeigen weiterhin ein gutes dynamisches Betriebsverhalten, beispielsweise bei Teillast aufgrund schwankender solarer Einstrahlung. Die Regelung einer entsprechenden Kälteanlage ist einfach zu handhaben. Durch die Regulierung des Dampfmassenstroms, also über ein Regelventil, oder über die Anzahl der zugeschalteten Düsen/Gefriereffekte ist eine erfindungsgemäße Dampfstrahlkälteanlage herstellbar und leicht zu betreiben.

[0039] Bei der Kälteerzeugung mit Dampfstrahldüsen ist der Gesamtwirkungsgrad der Kälteerzeugung von den Rückkühlbedingungen abhängig. Der Gesamtwirkungsgrad wird definiert durch den COP. Da hier das nahe am Gefrierpunkt befindliche entsalzte Wasser zur Rückkondensation des Treibdampfes eingesetzt wird, ist der COP der erfindungsgemäßen Kälteerzeugung sehr gut. Aufgrund der sehr geringen Kondensationstemperatur kann der COP-Wert sogar über 1 steigen, so dass neben dem herzustellenden Frischwasser noch Kälte für die Klimatisierung erzeugt werden kann.

[0040] Die Kälteerzeugung im erfindungsgemäßen Verfahren kann auch über solarbetriebene Wärmeabsorptionskältemaschinen erfolgen. Das vorgeschlagene Verfahren ist somit ideal mit solarer Prozessrinnentechnologie anwendbar.

[0041] Das erfindungsgemäße Verfahren sowie die erfindungsgemäße Vorrichtung eignen sich für Meer- und Brackwasserentsalzung für industrielle, als auch landwirtschaftliche oder kommunale Zwecke. Aufgrund des guten COP der Anlage ist auch eine Versorgung von Hotelkomplexen mit Frischwasser in Kombination mit Strom und Klimakälte denkbar.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10047522 A1 **[0008]**
- WO 02/087721 A2 **[0008]**
- DE 102004035189 A1 **[0009]**
- DE 202006000195 U1 **[0009]**
- DE 202007012405 U1 **[0009]**
- DE 102006052671 A1 **[0010]**
- DE 10361318 A1 **[0012]**
- DE 102007038599 A1 **[0013]**
- WO 03/048658 A1 **[0023]**

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Miller, J. E.; Review of Water Resources and Desalination Technologies, SANDIA Report 2003-0800, 2003 **[0015]**
- Younos, T., Kimberly, E. T., Overview of Desalination Techniques, Journal of Contemporary Water Research & Education 132 (2005), 3–10 **[0015]**
- Rice, W.; Chau, D. S. C., Freeze desalination using hydraulic refrigerant compressors, Desalination 109 (1997), 157–164 **[0015]**
- Noeres, P.; Thermische Kälteerzeugung mit Dampfstrahlkältemaschinen-Konzepte und Erfahrungen, KI Luft- und Kältetechnik 11/2006, 478–483 **[0022]**
- Pollerberg, C.; Ahmed Hamza, H. A.; Dötsch, C.; Solar driven steam jet ejector chiller Applied Thermal Engineering, 29 (2009) 5–6, 1245–1252 **[0022]**
- Pollerberg C., Heinzel, A., Weidner, E., Model of a solar driven steam jet ejector chiller and investigation of its dynamic operational behaviour, Solar Energy (2009) **[0022]**

Patentansprüche

1. Verfahren zur Entsalzung von Meer- und Brackwasser, **dadurch gekennzeichnet**, dass man das Meer- oder Brackwasser durch Einsatz von Unterdruck auf den Gefrierpunkt abkühlt und sich bildende salzfreie Kristalle abtaut, wobei der Unterdruck insbesondere durch eine oder mehrere Dampfstrahldüsen (**8**) erzeugt wird, die die erforderliche Energie durch konzentrierende Sonnenkollektoren (**2**) erhalten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Sonnenkollektorenkreislauf Wasser durch solare Einstrahlung in Absorberrohren (**3**) aufgeheizt wird, der entstehende Sattdampf in einem Treibdampfkessel (**4**) gesammelt wird, in einem Dampftrockner (**6**) getrocknet wird und anschließend über eine oder mehrere Dampfstrahldüsen (**8**) entspannt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass das Meer- oder Brackwasser über eine Vorkühlung (**12**) in eine Flash-Kühler-Einheit (**10**) geführt wird, hier fein verteilt wird und die sich bildenden Eiskristalle und das aufkonzentrierte Meer-/Brackwasser in einem Eisseparator (**13**) voneinander getrennt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Flash-Kühler-Einheit (**10**) mit Unterdruck betrieben wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass man den Unterdruck in der Flash-Kühler-Einheit (**10**) durch das Entspannen des Dampfes aus der Dampfstrahldüse (**8**) herstellt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass man die auf dem Meer-/Brackwasser aufschwimmenden Eiskristalle im Überlauf des Eisseparators (**13**) sammelt und durch die Wärme des Dampfes aus einer oder mehrerer der Dampfstrahldüsen (**8**) schmilzt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, dass die Schmelzeinheit, in der die Eiskristalle durch den Treibdampf einer oder mehrerer der Dampfstrahldüsen (**8**) aufgeschmolzen werden, in den Eisseparator (**13**) integriert ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass man die Eiskristalle im Eisseparator (**13**) mit einem Teil des zurückgeführten Eiskristallwassers spült.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass man das produzierte kalte Frischwasser einsetzt, um das Kühlwasser für den Mischkondensator (**15**) der Dampfstrahldüsen (**8**) herunterzukühlen.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass man das gekühlte aufkonzentrierte Meerwasser zur Vorkühlung (**12**) des Meerwasser und/oder zur Kühlung des Kühlwassers (**16**) der Mischkondensatoren einsetzt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass man das Treibdampfkondensat sammelt und erneut dem solaren Kreislauf zuführt.

12. Vorrichtung zur Entsalzung von Meer- und Brackwasser gemäß einem Verfahren nach Anspruch 1 bis 11.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

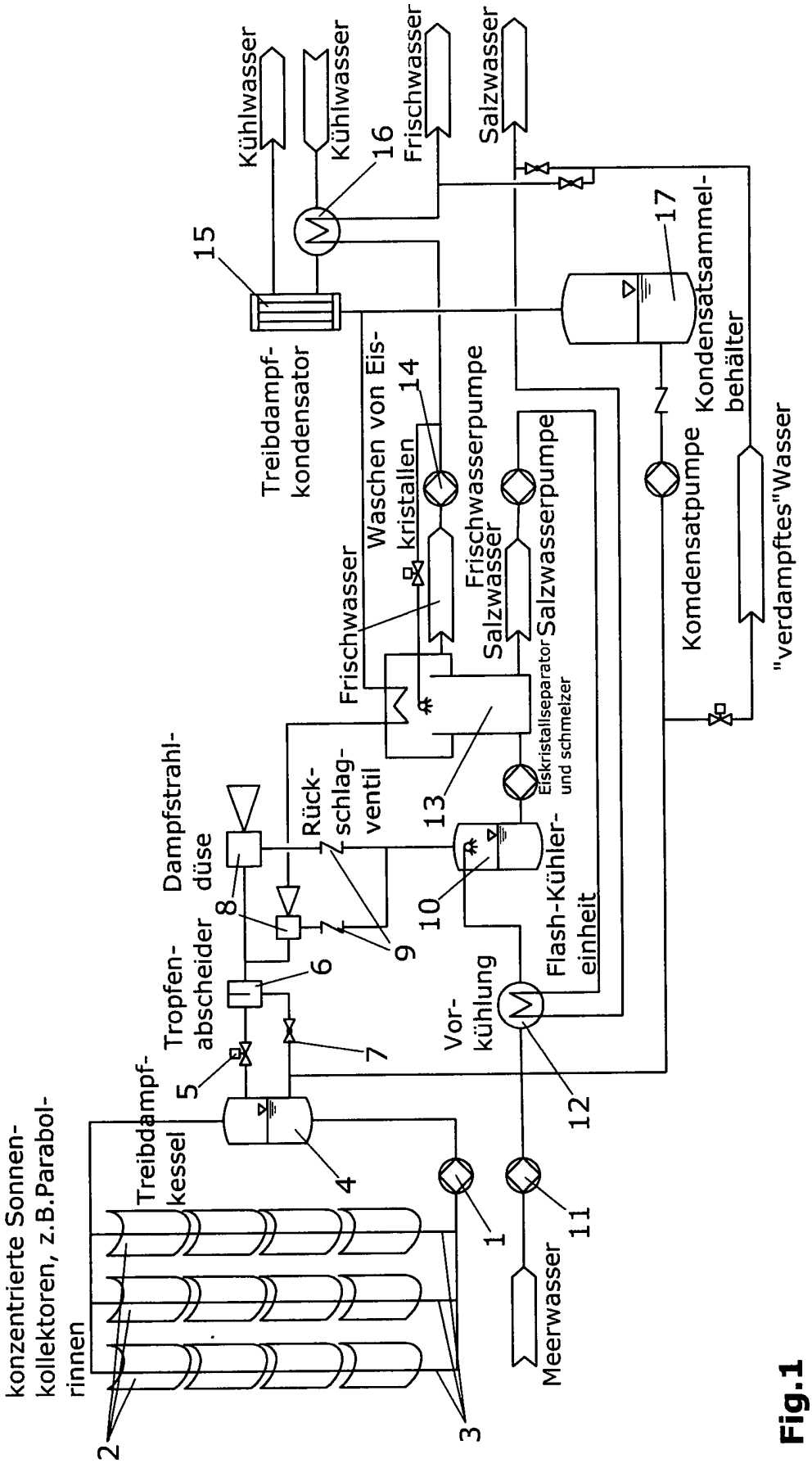


Fig.1