(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 115 718 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
11.01.2017 Patentblatt 2017/02

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

(21) Anmeldenummer: **15176052.7**

(22) Anmeldetag: **09.07.2015**

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

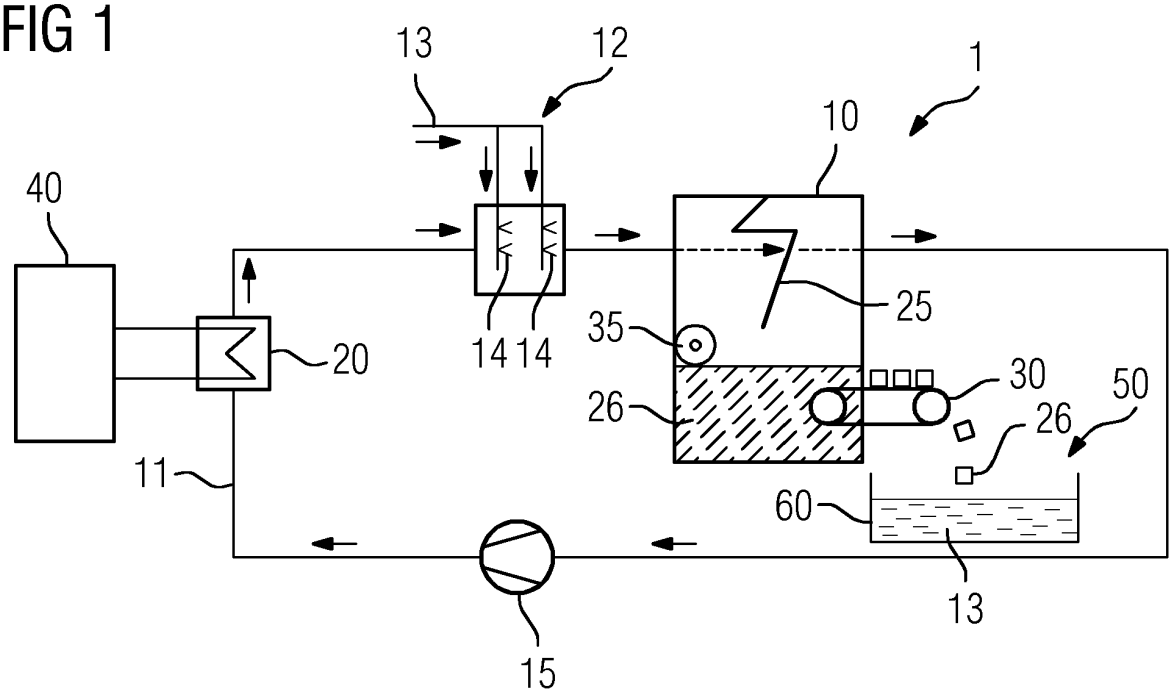
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **Juretzek, Uwe**
91058 Erlangen (DE)

(54) **KÜHLEINRICHTUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Kühleinrichtung (1), umfassend ein wärmeisoliertes Speicherbehältnis (10) sowie einen damit strömungstechnisch verschalteten Strömungsgenerator (15), welcher dazu ausgebildet ist, eine Arbeitsmittelströmung (11) dem Speicherbehältnis (10) zuzuführen, weiterhin umfassend eine Tröpfchenvorrichtung (12), welche dazu ausgebildet ist, Flüssigkeitströpfchen in die Arbeitsmittelströmung (11) einzubringen, welche nachfolgend dem Speicherbehältnis (10) zugeführt wird, weiterhin umfassend einen Wärmetauscher (20), welcher dazu ausgebildet ist, der Arbeitsmittelströmung (11) thermische Energie zu entziehen, und welcher in Bezug auf die Arbeitsmittelströmung stromauf der Tröpfchenvorrichtung (12) angeordnet ist, wobei der Energieentzug die Arbeitsmittelströmung (11) thermisch derart konditioniert, dass sich Eiskristalle in der Arbeitsmittelströmung (11) nach der Einbringung der Flüssigkeitströpfchen ausbilden können, und weiterhin eine Entnahmevorrichtung (30) umfasst ist, welche mit dem Speicherbehältnis (10) verschaltet und dazu ausgebildet ist, in dem Speicherbehältnis (10) bevorratete Eiskristalle aus diesem kontrolliert abzuführen.

FIG 1



EP 3 115 718 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kühleinrichtung, welche zur Speicherung von Kälte in Form von Eiskristallen ausgelegt ist.

[0002] Für zahlreiche industrietechnische wie auch kraftwerkstechnische Anwendungen ist Kälte bereitzustellen. Zudem wächst der Kälte-/Klimatisierungsbedarf zunehmend durch den allseits eintretenden Klimawandel wie auch durch gesteigerte Komfortansprüche privater Nutzer von Kühleinrichtungen. Der Kühlbedarf ist bei den meisten Kühlanwendungen nicht immer konstant, so dass eine Entkopplung zwischen Kälteerzeugung und Kältenutzung etwa über einen Speicher oder über eine ausreichend große Wärmekapazität gewährleistet werden muss, will man die Kälteenergie nicht unmittelbar entsprechend dem Bedarf erzeugen und bereitstellen. Wird Kälte in einem Speicher zeitlich bevorratet, kann diese insbesondere auch zu Kühlzwecken aus diesen bei Spitzenbedarf vermehrt entnommen werden. Der Speicher muss jedoch hierbei nicht nur verhältnismäßig große Mengen an Kälteenergie kostengünstig zwischenspeichern, sondern auch gewährleisten, dass diese Kälteenergie zu Kühlzwecken ausreichend schnell und verhältnismäßig verlustarm entnommen werden kann. Ebenso ist die Beschickung des Speichers mit Kälteenergie relativ schnell und verlustarm vorzunehmen.

[0003] Für derartige Kühlaufgaben wurde bereits die Nutzung von Wasser-Wassereis-Speichern erwogen, da in diesen verhältnismäßig große Mengen an Kältenenergie auf einem für Klimatisierungszwecke geeigneten Temperaturniveau von etwa 0 °C auf verhältnismäßig kleinem Volumen zwischengespeichert werden kann. Zudem erweist sich Wasser bzw. Wassereis als leicht beherrschbar und wenig aggressiv beim Umgang. Die Beschickung derartiger Speicher bzw. die Entnahme von Kältenenergie aus diesen, sind jedoch nur unter Schwierigkeiten zu erreichen, da die Wärmeleitfähigkeit von Wasser (0,6 W/mK) und auch die von Wassereis (2,3 W/mK) verhältnismäßig schlecht sind (Kupfer als guter Wärmeleiter weist bspw. eine Wärmeleitfähigkeit von 394 W/mK auf). Damit sind den Geschwindigkeiten beim Beschicken bzw. der Entnahme von Kälteenergie aus solchen Speichern Grenzen gesetzt, und hohe Ein- bzw. Ausspeicherraten können typischerweise nicht realisiert werden. Eine verhältnismäßig schnelle Beschickung bzw. Entnahme der Kälteenergie ist jedoch bei variabel genutzten Speichern erforderlich, insbesondere um auf wechselnde Kühlanforderungen während der Nutzung reagieren zu können.

[0004] Bisher wurden die der Anmelderin bekannten Wasser-WassereisSpeicher vielfach mittels das Speichervolumen teilweise ausfüllende Wärmetauscherflächen zur Einspeicherung von Kälteenergie verwirklicht, wobei bei erforderlicher Kältenutzung diese, etwa am Rand des Speichers, zur thermischen Konditionierung mit einem Wärmemedium in Kontakt gebracht werden. Um die Sprengwirkung des Wassereises bei Volumenänderung zu vermeiden, wird bei derartigen Speichern meistens zunächst von innen nach außen eine Vereisung herbeigeführt bzw. bei der Kälteentnahme umgekehrt vorgegangen (Schmelzvorgang von außen nach innen). Derartige Speicher sind jedoch vergleichsweise träge und eignen sich nicht für eine hohe Zyklenzahl von Kälteeinspeicherung und -ausspeicherung.

[0005] Neben diesen Wasser-Wassereis-Speichern ist auch eine Anzahl an Kältespeichersystemen verfügbar, bei denen ein auch bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen in flüssigem Aggregatzustand vorliegendes Kältemittel (bspw. Glykol) die Kälteenergie zur Speicherung aufnimmt und erneut durch Erwärmung dieselbe wieder abgegeben kann. Diese auf einem sensiblen Wärmeübergang beruhenden Systeme sind jedoch nachteilig im Vergleich zu den vorab beschriebenen Phasenübergangssystemen, wie etwa einem Wasser-Wassereisspeicher, die sich der Enthalpieänderung bei einem Phasenwechsel von einem flüssigen zu einem festen Aggregatzustand zunutze machen. Sensible Kältespeicher erfordern nämlich ein vergleichsweise größeres Speichervolumen bzw. ein verhältnismäßig niedrigeres Temperaturniveau, auf welchem die Kälteenergie gespeichert wird, um ausreichende Kälteleistung vorhalten und abgeben zu können. Aufgrund der niedrigen Speichertemperaturen kommt es jedoch bei den sensiblen Speichersystemen zu hohen exergetischen Energieverlusten und der Aufwand zur Erzeugung des verhältnismäßig niedrigen Temperaturniveaus wächst mit zunehmender Tiefe der erforderlichen Temperaturen.

[0006] Es stellt sich also als technisches Erfordernis dar, die oben aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile bei Kältespeichern zu vermeiden, und eine Kühleinrichtung anzugeben, die nicht nur eine verhältnismäßig hohe Zyklenzahl bei der Einspeicherung von Kälteenergie bzw. deren Ausspeicherung erlauben kann, sondern auch effizient arbeitet. Zudem soll die Kühleinrichtung eine kontrollierte Entnahme von Kälteenergie ermöglichen sowie diese auch möglichst schnell bereitstellen können. Ebenfalls ist es Aufgabe der Kühleinrichtung mechanisch unerwünschte Sprengeffekte bei Änderung des Aggregatzustandes zu vermeiden.

[0007] Diese der Erfindung zugrundeliegenden Aufgaben werden gelöst durch eine Kühleinrichtung gemäß Anspruch 1.

[0008] Insbesondere werden die der Erfindung zugrundeliegenden Aufgaben gelöst durch eine Kühleinrichtung, umfassend ein wärmeisoliertes Speicherbehältnis sowie einen damit strömungstechnisch verschalteten Strömungsgenerator, welcher dazu ausgebildet ist, eine Arbeitsmittelströmung dem Speicherbehältnis zuzuführen, weiterhin umfassend eine Tröpfchenvorrichtung, welche dazu ausgebildet ist, Flüssigkeitströpfchen in die Arbeitsmittelströmung einzubringen, welche nachfolgend dem Speicherbehältnis zugeführt wird, weiterhin umfassend einen Wärmetauscher, welcher dazu ausgebildet ist, der Arbeitsmittelströmung thermische Energie zu entziehen, und welcher in Bezug auf die Arbeitsmit-

telströmung stromauf der Tröpfchenvorrichtung angeordnet ist, wobei der Energieentzug die Arbeitsmittelströmung thermisch derart konditioniert, dass sich Eiskristalle in der Arbeitsmittelströmung nach der Einbringung der Flüssigkeitströpfchen ausbilden können, und weiterhin eine Entnahmevorrichtung umfasst ist, welche mit dem Speicherbehältnis verschaltet und dazu ausgebildet ist, in dem Speicherbehältnis bevorratete Eiskristalle aus diesen kontrolliert abzuführen.

[0009] An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass die Flüssigkeitströpfchen einen flüssigen Aggregatzustand aufweisen, wohingegen die Eiskristalle einen festen Aggregatzustand aufweisen. In anderen Worten, friert man die betreffenden Flüssigkeitströpfchen, erhält man Eis. Das Eis muss hierbei nicht Wassereis sein, sondern kann auch andere Substanzen mit umfassen, bzw. auch Wasser vollkommen entbehren.

[0010] Ist bspw. das Arbeitsmittel Luft und die Flüssigkeit Wasser, beträgt die Temperatur der Arbeitsmittelströmung (Luftströmung) nach der vorliegenden Erfindung wenigstens etwa 0°, also etwa die Gefrierpunkttemperatur von Wasser, welcher unter den gegebenen Bedingungen vorherrscht. Insbesondere ist es wünschenswert, dass die Temperatur in solchen Fällen wenigstens -10° aufweist, da dann die Kälteübertragungsrate zwischen dem Arbeitsmittel Luft und der Flüssigkeit Wasser ausreichend groß ist, um auch größere Wassertröpfchen während der Verweilzeit dieser in der Arbeitsmittelströmung zu frieren.

[0011] Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass der Wärmetauscher bevorzugt derart ausgeführt ist, dass die übertragene Wärme aus der Arbeitsmittelströmung einer Wärmenutzung, etwa einem Fernwärmenetz zugeführt werden kann. Jedoch ist auch eine weitergehende Nutzung in kraftwerkstechnischen Wärmeprozessen bzw. industrietechnischen Wärmeprozessen denkbar. In einem energetisch ungünstigsten Fall kann die am Wärmetauscher frei werdende Wärme auch in die freie Umgebung abgeleitet werden. Eine weitergehende Nutzung wird insbesondere durch die Integration des Wärmetauschers in eine Kältemaschine erreicht (welche damit möglicherweise gleichzeitig den Strömungsgenerator darstellen kann), die mit dem gleichen Arbeitsmittel wie der Speicher arbeitet.

[0012] Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass die Tröpfchenvorrichtung dazu ausgebildet ist, Flüssigkeitströpfchen in die Arbeitsmittelströmung einzubringen. Hierbei können die Tröpfchen auch außerhalb der Tröpfchenvorrichtung selbst ausgebildet werden. Die Tröpfchenvorrichtung gewährleistet also lediglich, dass nach Einbringen von Flüssigkeit in die Arbeitsmittelströmung in dieser Flüssigkeitströpfchen vorliegen. Hierbei ist darauf zu achten, dass im Wesentlichen die gesamte Flüssigkeitsmenge in der Arbeitsmittelströmung in entsprechende Flüssigkeitströpfchen überführt wird. Aufgrund der verhältnismäßig niedrigeren Temperaturen der Arbeitsmittelströmung wird folglich den eingebrachten Tröpfchen so viel thermische Energie erzogen, dass diese von den flüssigen in den festen Aggregatzustand wechseln, also Eiskristalle vorliegen. Diese Eiskristalle können hierbei mikroskopisch klein sein, etwa vergleichbar der Kristallstruktur von Schneeflocken, jedoch auch makroskopisch sein, etwa im Sinne von Hagelkörnern bei Wasser als Flüssigkeit.

[0013] Fernerhin ist darauf hinzuweisen, dass die Entnahmevorrichtung es erlaubt, eine kontrollierte Entnahme, der in dem Speicherbehältnis angesammelten Eiskristalle vorzunehmen, so dass eine gezielte Menge an Kälteenergie bzw. Kühlleistung kontrolliert aus dem Speicherbehältnis abgeführt werden kann, wobei die restlichen Eiskristalle weiterhin in dem Speicherbehältnis verbleiben können.

[0014] Gemäß einer alternativen Erfindungsform kann der Wärmetauscher auch in das Speicherbehältnis selbst integriert sein. Hierbei ist es jedoch erforderlich, dass die Arbeitsmittelströmung bevorzugt zyklisch von einem Ausgang des Speicherbehältnisses wieder zum Eingang des Speicherbehältnisses geführt wird. In anderen Worten kann die Kälteenergie, welche in dem Speicherbehältnis bereitgestellt wird, gleichzeitig zur thermischen Konditionierung der Arbeitsmittelströmung wie auch zur thermischen Konditionierung der Umgebung in dem Speicherbehältnis genutzt werden, um etwa zu verhindern, dass die Eiskristalle in dem Speicherbehältnis einen Wechsel des Aggregatzustands hin zu einem flüssigen Zustand vollziehen.

[0015] Bevorzugt ist die Kühleinrichtung als geschlossenes System ausgebildet, bei welchem die aus dem Speicherbehältnis austretende Arbeitsmittelströmung wieder dem Speicherbehältnis zugeleitet wird. Ein solches geschlossenes System stellt sich als besonders energiesparend heraus. Alternativ kann das System aber auch offen ausgebildet sein, bei welchem eine Rückführung der Arbeitsmittelströmung nach Austritt aus dem Speicherbehältnis nicht vorgesehen ist. Die aus dem Speicherbehältnis abgeführte Kälte in der Arbeitsmittelströmung kann somit für weitere externe Kühlzwecke genutzt werden, etwa zur Kühlung eines Maschinenhauses oder anderer industrietechnischer Anlagen.

[0016] Erfindungsgemäß ist also vorgesehen, ein Speicherbehältnis als Teil einer Kühleinrichtung mit Eiskristallen zu beschicken, welche sowohl platzsparend wie auch energieeffizient in dem Speicherbehältnis bevorratet werden können. Die Eiskristalle werden in einer Arbeitsmittelströmung erzeugt, indem diese bei ausreichend kalten Temperaturen unter Einbringung von Flüssigkeit mittels einer Tröpfchenvorrichtung erzeugt werden. Hierzu stellt ein Strömungsgenerator eine ausreichende Arbeitsmittelströmung zur Verfügung, wobei der Arbeitsmittelströmung mittels einem Wärmetauscher so viel Energie entzogen wird, dass nachfolgend bei Einbringung der Tröpfchen mittels der Tröpfchenvorrichtung diese auch in der Arbeitsmittelströmung in einen festen Aggregatzustand überwechseln können. Anschließend werden die gebildeten Eiskristalle in dem Speicherbehältnis eingespeichert.

[0017] Damit kann Kälteenergie in Form von vereinzelten Eiskristallen zwischengespeichert werden, die in dem Speicherbehältnis bevorratet werden. Soll nun bei Kühlbedarf Kälteenergie bereitgestellt werden, kann mittels einer Entnahmevorrichtung eine Menge an Eiskristallen aus dem Speicherbehältnis abgeführt werden und einer weiteren Nutzung zugeführt werden. Anstelle der Bereitstellung von Wärmetauscherflächen bisheriger Systeme kann bei der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung auf derartige Wärmetauscherflächen im Bereich des Speicherbehältnisses verzichtet werden. Damit kann eine Kühleinrichtung geschaffen werden, die nicht nur schnell und effizient verhältnismäßig große Mengen an Kälteenergie aufnehmen und abgeben kann sondern auch auf vergleichsweise geringem Raum diese Kälteenergie zwischenspeichern kann. Weiterhin ist aufgrund der Vereinzelung der Eiskristalle eine verhältnismäßig schnelle und kontrollierte Ausspeicherung von Kälteenergie aus dem Speicherbehältnis möglich. Infolge können auch hohe Zyklenzahlen bei Einspeicherung und Ausspeicherung von Kälteenergie wirtschaftlich verwirklicht werden.

[0018] Je nach Flüssigkeit (Kühlmedium) können auch verhältnismäßig hohe Temperaturen in dem Speicherbehältnis eingestellt werden, so dass die Einspeicherung von Kälteenergie in das Speicherbehältnis unter verhältnismäßig geringen exergetischen Kälteverlusten erfolgen kann. Ist die Flüssigkeit bspw. Wasser, kann die Einspeicherung von Kälteenergie im Bereich des Phasenwechselpunktes bei Wasser, also um etwa 0°C erfolgen. Dadurch werden exergetische Verluste weitgehend vermieden und der Systemwirkungsgrad signifikant erhöht.

[0019] Da die Speicherung von Kälteenergie latent bei einem Phasenwechsel erfolgt, kann die Kälteenergie zudem in einem verhältnismäßig kleinen Speicherbehältnis zwischengespeichert werden, wodurch Platzbedarf, Kälteverluste sowie Kosten gezielt verringert werden können.

[0020] Aufgrund der Speicherung der Kälteenergie mittels vergleichsweise kleinen Eiskristallen unter Abwesenheit von Kühlflächen im gespeicherten Eis, kann die Kälteenergie aus dem Speicherbehältnis vergleichsweise leicht und gezielt entnommen werden. Kälteerzeugung und Kältenutzung können zudem zeitlich leicht entkoppelt werden. Fernerhin ist auch eine örtliche Entkopplung denkbar, wenn etwa die aus dem Speicherbehältnis entnommenen Eiskristalle mittels geeigneter Transportvorrichtungen (z.B. Lkw), bspw. im Sinne einer Entnahmevorrichtung, örtlich an einen anderen Ort verbracht werden. Folglich wäre auch eine Kälteversorgung für verschiedenste Formen der Kältenutzung auch ohne rohrleitungsgebundenes Fernkältesystem realisierbar. Grundsätzlich ist es möglich, die entnommene Kälteenergie aus den Eiskristallen etwa durch Auflösung der Eiskristalle in einer Flüssigkeit schnell und effizient in derselben bereitzustellen. Ist die Flüssigkeit etwa Wasser, können die Wasser-Eiskristalle bspw. mit flüssigem Wasser gemischt werden, wobei das Temperaturniveau des Gemisches abgesenkt wird, und somit die Kälteenergie durch geeigneten Transport des Gemisches leicht an den Ort der Nutzung verbracht werden kann.

[0021] Die aus dem Speicherbehältnis entnommenen Eiskristalle können auch bspw. mit zu kühlendem Gut direkt in Kontakt gebracht werden (bspw. Lebensmittel, die mit Eiskristallen bedeckt werden), so dass eine Verbringung in eine Schmelzvorrichtung nicht notwendigerweise erfolgen muss.

[0022] Weiterhin lassen sich derartige Kühleinrichtungen effizient zu Zeiten geringer allgemeiner Stromnachfrage und damit entsprechend niedriger Strompreise nutzen, indem etwa elektrische Energie kostengünstig in thermische Kälte überführt und in der Kühleinrichtung zwischengespeichert wird. Die so zwischengespeicherte Kälteenergie kann anschließend wieder zur Nutzung etwa in einem Kraftwerksumfeld vorgesehen werden, um etwa bei erhöhter Stromnachfrage mehr elektrische Energiebereitstellen zu können.

[0023] Als weiterhin vorteilhaft stellt sich bei der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung heraus, dass der Wärmeaustausch zwischen Arbeitsmittelströmung und Flüssigkeitströpfchen aufgrund der großen Wechselwirkungsflächen zwischen beiden verhältnismäßig schnell und effizient erfolgen kann. Rechnet man bspw. die Gesamtfläche aller in die Arbeitsmittelströmung eingebrachten Tröpfchen zusammen, ergibt sich eine thermische Wechselwirkungsfläche, welche deutlich größer ist als Flächen etwaiger Wärmetauscher, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt sind. Gleichsam kann bei Auflösen der Eiskristalle in einer Schmelzvorrichtung, in der die Eiskristalle bspw. in eine Flüssigkeit zum Schmelzen überführt werden, wiederum eine sehr schnelle Kälteübertragung erfolgen, da erneut die effektiven Wechselwirkungsflächen verhältnismäßig groß sind. Dieser Umstand begünstigt nicht nur eine schnelle Bereitstellung von Kälteenergie sondern auch eine verhältnismäßig sichere Form der Bereitstellung, da bei dem Phasenwechselvorgang zwischen fest und flüssig mit keinen großen technischen Problemen zu rechnen ist.

[0024] Gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Arbeitsmittelströmung eine Luftströmung ist. Das Arbeitsmittel ist also Luft, welches kostengünstig leicht verfügbar und sicher handhabbar ist. Zudem kann bei Verlust von Arbeitsmittel, etwa in einem offenen System, dieses verhältnismäßig leicht und kostengünstig ersetzt werden.

[0025] Entsprechend einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung ist vorgesehen, dass die Entnahmevorrichtung dazu ausgebildet ist, in dem Speicherbehältnis bevorratete Eiskristalle aus diesem über einen vorbestimmten Zeitraum kontinuierlich abzuführen. Bevorzugt ist die Entnahmevorrichtung hierbei als Transportschnecke ausgebildet, welche insbesondere aus einer thermisch isolierten Öffnung des Speicherbehältnisses Eiskristalle abführen kann. Jede andere Form der Entnahmevorrichtung ist jedoch auch denkbar, etwa ein Förderband, eine

automatisierte Schaufelvorrichtung oder auch eine Schüttvorrichtung. Eine kontinuierliche Abführung betrifft hierbei nur eine kontinuierliche Abführung über einen vorbestimmten Zeitraum. Ein solcher Zeitraum beträgt bspw. 1 min. In anderen Worten kann das Speicherbehältnis mit Eiskristallen befüllt werden und nachfolgend bzw. gleichzeitig eine Menge an Eiskristallen über den vorbestimmten Zeitraum kontinuierlich abgeführt werden. Die Menge an Eiskristallen wird hierbei kontinuierlich über den Zeitraum abgeführt, so dass etwa während dieser Zeit die entnommenen Eiskristalle eine weitgehend konstante Kühlleistung bereit stellen können.

[0026] Weiterhin kann als Aspekt der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung auch vorgesehen sein, dass das Speicherbehältnis eine Abscheidevorrichtung aufweist, welche dazu ausgebildet ist, feste Bestandteile aus der Arbeitsmittelströmung abzutrennen. Die Abscheidevorrichtung kann bspw. als Zyklonabscheider ausgebildet sein, aber auch als Pulsfilter oder einfaches Umlenkblech, an welchen die festen Bestandteile zurück gehalten werden und entsprechend der Gravitationsrichtung nach unten fallen. Die Abscheidevorrichtung erlaubt die Eiskristalle aus der Arbeitsmittelströmung abzuscheiden, so dass diese in dem Speicherbehältnis gezielt bevorratet werden können. Ganz besonders bevorzugt ist eine aerodynamische Abscheidevorrichtung vorgesehen, wie etwa Umlenkbleche oder ein Zyklonabscheider, welche durch die Eiskristalle nur schwer zugesetzt werden können.

[0027] Entsprechend einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung ist vorgesehen, dass der Wärmetauscher mit einer Kältemaschine (z.B. Kompressions-, Adsorptions oder Absorptionskältemaschine) zur Bereitstellung von Kälte wärmetechnisch verschaltet ist. Die Kältemaschine dient dazu, den Wärmetauscher mit Kälteenergie zu versorgen, so dass dieser wiederum aus der Arbeitsmittelströmung entsprechend thermische Energie abführen kann.

[0028] Gemäß einer anderen besonders bevorzugten Ausführungsform kann die Kältemaschine auch als Gasturbine ausgebildet sein, wobei der Wärmetauscher mit der Gasturbine dahingehend verschaltet ist, dass bei Betrieb der Gasturbine der Arbeitsmittelstrom zu geringeren Temperaturen hin konditioniert wird. Als Gasturbine wird im Rahmen dieser Offenbarung eine fluidtechnische Verschaltung von Kompressor und Entspannungsturbine verstanden, welche insbesondere durch eine gemeinsame Welle drehmechanisch gekoppelt sind. Der Kompressor kann hierbei durch einen Elektromotor angetrieben werden. Eine Brennkammer kann, muss jedoch nicht vorgesehen sein. Der Betrieb einer Gasturbine als Kältemaschine erfordert einen Betrieb der Gasturbine unter motorischem Antrieb, wobei keine Verbrennung in der Gasturbine erfolgt. Vielmehr wird durch den motorischen Antrieb der Gasturbine Verdichterluft komprimiert, Wärmeenergie von dieser verdichteten Luft abgeführt, und die so thermisch konditionierte Verdichterluft soweit entspannt, dass ausreichend geringe Temperaturen erzeugt werden können. Die Kälteenergie zur Kühlung der Verdichterluft wird hierbei von einer anderen Kältequelle zur Verfügung gestellt.

[0029] Die Nutzung einer Gasturbine im Rahmen der vorliegenden Erfindung erlaubt zwei grundlegend unterschiedliche Ansätze, nämlich die Nutzung einer Gasturbine als Kompressionskältemaschine mit Strömungsgenerator oder lediglich die Nutzung als Strömungsgenerator alleine, ohne die Kälteenergie bereitzustellen. Bei der letzten Ausführungsform wird der Kompressor einer Gasturbine angezapft und damit eine Teilmenge dieser komprimierten und heißen Kompressorluft vom Hauptstrom, der weiterhin Richtung Brennkammer der Gasturbine strömt, getrennt. Dieser Teilstrom wird über den Wärmetauscher abgekühlt (aufgrund des hohen Temperaturniveaus kann die abgeführte Wärme bspw. nutzbringend in einem Fernwärmesystem genutzt werden) und anschließend über eine nicht von der Gasturbine umfassten Entspannungsturbine weiter abgekühlt. Die Entspannungsturbine treibt dabei einen Generator an, welcher eine entsprechende elektrische Leistung bereitstellen kann. Der entstandene Kaltluftstrom wird nachfolgend zur Erzeugung von Eiskristallen im Speicher genutzt und wird, wenn die Gasturbine einen offenen Prozess nutzt, im Anschluss aus dem Speicher nach außen abgegeben. Diese Abluft kann danach, z.B. als Kühlluft zur Kühlung des Maschinenhauses, nutzbringend angewendet werden.

[0030] Bei der ersten, oben erwähnten Ausführungsform wird hierzu im Gegensatz eine mittels Elektromotor angetriebene Gasturbine mit dem Arbeitsmittel Luft in die Schaltung integriert (Ausführung als geschlossenes System). Der Elektromotor treibt dabei einen Kompressor der Gasturbine an, welcher die Luft verdichtet. Die verdichtete heiße Luft wird über einen Wärmetauscher abgekühlt (der Wärmetauscher ist aufgrund des hohen Druckniveaus klein und kostengünstig ausführbar) und anschließend über eine von der Gasturbine umfasste Entspannungsturbine entspannt und damit weiter (bis unter den Gefrierpunkt) abgekühlt und somit in die Lage versetzt, die eingebrachten Tröpfchen zu gefrieren. Die Entspannungsturbine kann dabei auf der gleichen Welle wie der Kompressor angeordnet sein und treibt damit diesen mit an, wobei der Leistungsbedarf für den Antrieb über den Elektromotor damit sinkt.

[0031] Alternativ kann die Kälteerzeugung auch durch eine Verdampfung von Flüssiggas im Wärmetauscher ersetzt werden. Die notwendige Verdampfungswärme wird dabei etwa dem Arbeitsmittel entzogen.

[0032] Gemäß einer Weiterführung dieser Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die Kältemaschine als Gasturbine ausgebildet ist, wobei insbesondere der Wärmetauscher zur Kühlung einer Verdichterluftströmung als Arbeitsmittelströmung ausgebildet ist. Als Gasturbine wird im Rahmen dieser Offenbarung eine fluidtechnische Verschaltung von Kompressor und Entspannungsturbine verstanden, welche insbesondere durch ei-

ne gemeinsame Welle drehmechanisch gekoppelt sind. Der Kompressor kann hierbei durch einen Elektromotor angetrieben werden. Eine Brennkammer kann, muss jedoch nicht vorgesehen sein. Ausführungsgemäß weist die Gasturbine einen Verdichter auf, aus welchem entweder die Arbeitsmittelströmung im Sinne einer Anzapfströmung entnommen wird, bzw. die Arbeitsmittelströmung mit der Gesamtmenge an verdichtetem Arbeitsmittel identisch ist. Wird lediglich ein Teilstrom des Arbeitsmittels im Sinne etwa einer Anzapfströmung entnommen, kann dieser nachfolgend thermisch konditioniert werden, ohne den Verdichterluftgesamtstrom weiter zu verändern. Der Verdichterluftgesamtstrom wird nur um den abgezapften Teilstrom vermindert. Damit kann die Kühleinrichtung etwa flexibel in einem Kraftwerksumfeld eingesetzt werden, ohne den Betrieb der Gasturbine wesentlich zu beeinflussen.

[0033] Entsprechend eines weiteren Aspekts der Erfindung ist vorgesehen, dass der Strömungsgenerator von einer Gasturbine umfasst ist, wobei insbesondere diese Gasturbine nicht den Wärmetauscher umfasst. In anderen Worten dient die Gasturbine lediglich als Strömungsgenerator, wobei der Wärmeentzug aus der Arbeitsmittelströmung durch einen Wärmetauscher erfolgen kann, welcher nicht von der Gasturbine umfasst ist. Demgemäß ergibt sich eine flexible Verschaltung, welche auch ohne Weiteres in einem Gaskraftwerk genutzt werden könnte.

[0034] Entsprechend eines anderen Aspekts der Erfindung ist vorgesehen, dass der Strömungsgenerator als Verdichter ausgebildet ist, und zwischen Strömungsgenerator und Tröpfchenvorrichtung eine Entspannungseinrichtung geschaltet ist. Der Verdichter kann von einer Gasturbine umfasst sein, muss dies jedoch nicht. Ausführungsgemäß kann auch ein elektrisch betriebener Verdichter vorgesehen sein, welcher die Arbeitsmittelströmung verdichtet und dabei erwärmt. Der so erwärmten Arbeitsmittelströmung wird typischerweise anschließend mittels dem Wärmetauscher thermische Energie entzogen. Anschließend erfolgt dann eine fluidtechnische Entspannung in der Entspannungseinrichtung, welche etwa als Entspannungsturbine ausgeführt sein kann. Durch die Entspannung wird das Temperaturniveau nochmals erniedrigt und ausreichend kühle Temperaturen für die Eiskristallbildung können bereit gestellt werden. Gleichzeitig kann die in dem Wärmetauscher abgeführt Wärme entsprechend genutzt werden.

[0035] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Tröpfchenvorrichtung Düsen aufweist, mittels welcher in die Arbeitsmittelströmung eingebrachte Flüssigkeit zerstäubt wird. Alternativ sind natürlich auch andere Zerstäubungsmechanismen denkbar, etwa eine Zerstäubung mittels Ultraschall oder kurzzeitige Unterbrechung eines Flüssigkeitsstrahls. Düsen hingegen haben den Vorteil sowohl die Tröpfchengröße gezielt beeinflussen zu können, als auch den Raumbereich, über welchen die Tröpfchen abgegeben werden. Ferner sind Düsen verhältnismäßig einfache Vorrichtungen ohne bewegliche Teile, die eine effiziente Zerstäubung einer Flüssigkeit ermöglichen.

[0036] Entsprechend einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Tröpfchenvorrichtung eine erste Stufe aufweist, über welche Tröpfchen einer kleineren Größe (bevorzugt auch mittels Druckluft) in die Arbeitsmittelströmung eingebracht werden als Tröpfchen einer stromabwärts angeordneten zweiten Stufe. Aus der Tröpfchenvorrichtung tritt bevorzugt ein Flüssigkeit-Druckluftgemisch aus, bei der Entspannung des Flüssigkeit-Druckluftgemisch tritt nachfolgend ein entsprechender Kühleffekt auf, der die Bildung von Kristallisationskeimen befördert. Die kleineren Tröpfchen erstarren somit in der Arbeitsmittelströmung zunächst und können Kristallisationskeime für die Flüssigkeit bilden, welche in der zweiten Stufe in die Arbeitsmittelströmung eingebracht wird. Folglich kann eine effiziente Eiskristallbildung der Gesamtflüssigkeit beider Stufen erreicht werden.

[0037] Entsprechend einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung ist vorgesehen, dass das Speicherbehältnis eine Kompaktiereinheit aufweist, welche dazu ausgebildet ist, die in dem Speicherbehältnis abgeschiedenen Eiskristalle zu verdichten. Eine derartige Kompaktiereinheit kann bspw. als Walze ausgebildet sein, welche die Oberfläche der abgeschiedenen Eiskristalle bearbeitet und so diese auf ein kleineres Volumen verdichtet. Ebenfalls sind alternativ oder auch zusätzlich Rüttelvorrichtungen bzw. Stampfvorrichtungen denkbar. Die Kompaktiereinheit dient also zur Erhöhung der gespeicherten Kühlleistung pro Volumeneinheit des Speicherbehältnisses.

[0038] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung kann vorgesehen sein, dass die Kühleinrichtung eine Schmelzvorrichtung aufweist, welche dazu ausgebildet ist, dass in ihr die ehemals in dem Speicherbehältnis Eiskristalle in eine weitere Flüssigkeit überführt werden können, so dass die Temperatur der Flüssigkeit vermindert wird. Diese weitere Flüssigkeit ist hierbei bevorzugt mit der Flüssigkeit identisch, welche die Tröpfchen ausbildet, die durch die Tröpfchenvorrichtung in die Arbeitsmittelströmung eingebracht werden. Denkbar ist hingegen auch eine anders geartete Flüssigkeit, wobei nach Verbringen der Eiskristalle in die bezeichnete Flüssigkeit bevorzugt eine Trennung beider möglich sein soll.

[0039] Bevorzugt sind die Eiskristalle Wassereiskristalle und die Flüssigkeit ist Wasser. Bei dieser Stoffwahl entfällt ein Trennschritt zwischen den geschmolzenen Eiskristallen in der Flüssigkeit der Schmelzvorrichtung, so dass die Gesamtflüssigkeit ohne weitere Aufbereitung erneut der Tröpfchenvorrichtung zugeführt werden kann.

[0040] Eine ausführungsgemäße Schmelzvorrichtung kann etwa als Tank ausgebildet sein, in welchem die Flüssigkeit bevorratet ist und in welchem mittels eines Rührwerks die Eiskristalle in der Flüssigkeit bewegt und geschmolzen werden, so dass sich das Gemisch beider Stoffe abkühlt. Anschließend kann bspw. die so ther-

misch konditionierte Flüssigkeit bzw. das Gemisch einer weiteren Nutzung zugeführt werden. Bevorzugt ist die Schmelzvorrichtung etwa ihrerseits in einen Flüssigkeitskreislauf verschaltet, so dass diesem Kreislauf bei Bedarf Kälte aus dem Speicherbehältnis zugeführt werden kann.

[0041] Alternativ zur Überführung der Eiskristalle in Flüssigkeit können die Eiskristalle etwa auch mit dem zu kühlenden Gegenstand direkt oder auch indirekt in Kontakt gebracht werden.

[0042] Entsprechend einer Weiterführung dieses Aspekts der Erfindung ist vorgesehen, dass die Schmelzvorrichtung in ein Flüssigkeit leitendes System integriert ist, welches fluidtechnisch mit der Tröpfchenvorrichtung verbunden ist und diese mit Flüssigkeit versorgen kann. Ein solches Flüssigkeit leitendes System kann etwa als Fernkältenetz ausgebildet sein. Es kann aber auch nur ein Flüssigkeitskreislauf etwa in einem Kraftwerk sein, welcher dazu dient, Nutzkälte an einen anderen Verwendungsort zu transportieren. Ausführungsgemäß ist es möglich, Flüssigkeit aus der Schmelzvorrichtung oder dem Flüssigkeit leitenden System zu entnehmen, um diese erneut der Tröpfchenvorrichtung zur Versorgung mit Kühlmedium zuzuführen. Damit kann ein Materialkreislauf gewährleistet werden, der eine Verwerfung der Flüssigkeit nicht erfordert.

[0043] Entsprechend einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das Speicherbehältnis in ein Arbeitsmittelführungssystem geschaltet ist, wobei die aus dem Speicherbehältnis austretende Arbeitsmittelströmung nach Abscheidung der Eiskristalle mittels des Arbeitsmittelführungssystems einer Nutzeinheit zugeführt wird. Bevorzugt ist diese Nutzeinheit als Kältemaschine ausgebildet, ganz besonders bevorzugt als Gasturbine. Das Arbeitsmittelführungssystem ist zudem bevorzugt als Arbeitsmittelkreislauf ausgebildet, welcher teilweise offen oder geschlossen ausgebildet sein kann. Das Arbeitsmittelführungssystem kann etwa dazu vorgesehen sein, ein Gebäudekühlsystem mit Kälte zu versorgen, ganz besonders bevorzugt können etwa das Maschinenhaus oder auch Teile einer Kraftwerksanlage mit Kälte versorgt werden. Eine solche Kraftwerksanlage weist insbesondere eine Gasturbine auf, welche als Kältemaschine betrieben werden kann. Das Arbeitsmittelführungssystem erlaubt somit, die Restkälte in der Arbeitsmittelströmung, welche nicht weiter in das Speicherbehältnis eingespeichert werden kann, vorteilhaft zu nutzen. Dies wiederum steigert den Gesamtwirkungsgrad der gesamten Kühleinrichtung.

[0044] Nachfolgend soll die Erfindung anhand von einzelnen Figuren beispielhaft erklärt werden. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass die Figuren lediglich schematisch zu verstehen sind, und keine Einschränkung der Ausführbarkeit der Erfindung begründen können.

[0045] Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass Bauteile mit gleichen Bezugszeichen in den nachfolgenden Figuren gleiche technische Wirkung aufweisen sollen.

[0046] Fernerhin ist darauf hinzuweisen, dass die nachfolgend beschriebenen technischen Merkmale in beliebiger Kombination miteinander beansprucht werden, soweit diese Kombinationen die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe lösen können.

[0047] Hierbei zeigen:

FIG 1 eine schematische Schaltansicht einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung;

FIG 2 eine weitere Ausführungsform in schematischer Schaltansicht der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung;

FIG 3 eine darüber hinausgehende dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung in schematischer Schaltansicht.

[0048] FIG 1 zeigt eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung 1, welche neben einem Speicherbehältnis 10 zur Bevorratung von Eiskristallen 26 auch einen Strömungsgenerator 15, einen Wärmetauscher 20, sowie eine Tröpfchenvorrichtung 12 aufweist. Der Strömungsgenerator 15 erzeugt eine Arbeitsmittelströmung 11, welche dem Wärmetauscher 20 zur Entziehung von Wärme zugeführt wird. Der Wärmetauscher 20 kann hierzu mit einer Kältemaschine 40 verschaltet sein, die für die Bereitstellung von Kälte ausgebildet ist oder selbst als Verdampfer von Flüssigas ausgebildet sein, welcher die notwendige Verdampfungswärme etwa der Arbeitsmittelströmung 11 entnimmt. In letztem Fall weist der Wärmetauscher 20 geeignete Zuführ- und Abführleitungen auf.

[0049] Ist die Arbeitsmittelströmung 11 hinsichtlich ihres Temperaturniveaus ausreichend konditioniert, trifft die Arbeitsmittelströmung 11 auf eine Tröpfchenvorrichtung 12, die dazu ausgebildet ist, Flüssigkeitströpfchen in die Arbeitsmittelströmung 11 einzubringen. Hierzu wird die Tröpfchenvorrichtung 12 mit Flüssigkeit 13 beschickt, welche über Düsen 14 in die Arbeitsmittelströmung 11 eingebracht wird. Aufgrund des geringen Temperaturniveaus der Arbeitsmittelströmung 11 und der thermischen Wechselwirkung zwischen dem Arbeitsmitteln und der eingebrachten Flüssigkeit 13 kommt es zum Wärmeübertrag zwischen beiden und die Flüssigkeitströpfchen bilden Eiskristalle. Die Eiskristallbildung ist im Wesentlichen abgeschlossen, wenn die mit den Eiskristallen versehene Arbeitsmittelströmung 11 dem Speicherbehältnis 10 zugeleitet wird, in welchem mittels einer Abscheidevorrichtung 25 die festen Bestandteile, also die Eiskristalle, von den gasförmigen Bestandteilen, der Arbeitsmittelströmung 11, getrennt werden. Die Eiskristalle werden bevorzugt vermittelt durch die Gravitation sich im unteren Teil des Speicherbehältnisses 10 ansammeln, und dort für die weitere Nutzung bereitgehalten. Der Rest der Arbeitsmittelströmung 11 tritt aus dem Speicherbehältnis 10 wiederum aus, und wird über eine geschlossene Kreisschaltung erneut dem Strömungsge-

nerator 15 zugeführt. Die Kreisschaltung erlaubt somit die Nutzung der in der Arbeitsmittelströmung 11 verbleibenden Kälteenergie, so dass nachfolgend in dem Wärmetauscher 20 nur noch ein verminderter Betrag an Wärme aus der Arbeitsmittelströmung 11 abgeführt werden muss.

[0050] Das Speicherbehältnis 10 weist darüber hinaus eine Entnahmevorrichtung 30 auf, welche mit dem Speicherbehältnis 10 derart verschaltet ist, dass eine Entnahme der bevorrateten Eiskristalle 26 aus dem Speicherbehältnis 10 kontrolliert und gezielt ermöglicht werden kann. Vorliegend ist bspw. die Entnahmevorrichtung 30 als Förderband ausgebildet, welches mit einer Förderschnecke (vorliegend nicht gezeigt) derart zusammenarbeitet, dass eine gewünschte Menge an Eiskristallen 26 pro Zeiteinheit auf das Förderband verbracht werden kann. Bei Betrieb der Entnahmevorrichtung 30 werden die Eiskristalle 26 gemäß einer vorbestimmten Entnahmerate einer Schmelzvorrichtung 50 zugeführt, welche mit Flüssigkeit 13 angefüllt ist. Die Schmelzvorrichtung 50 kann hierbei im einfachsten Fall als Flüssigkeitsreservoir ausgebildet sein, in welches die Eiskristalle 26 überführt werden und nachfolgend unter Kälteabgabe bzw. Wärmeaufnahme schmelzen. Ebenfalls kann die Schmelzvorrichtung 50 Teil eines Flüssigkeit leitenden Systems 60 sein, welches etwa erlaubt die so bereitgestellte Kälteenergie an weitere Orte der Nutzung zu überführen. Ein solches Flüssigkeit leitenden Systems 60 kann etwa als Rohrleitungssystem ausgebildet sein.

[0051] Um die Bevorratung der Eiskristalle möglichst effizient in dem Speicherbehältnis 10 zu gestalten, sieht das Speicherbehältnis 10 weiterhin eine Kompaktiereinheit 35 vor, welche die jeweils neu eingetragenen Eiskristalle 26 zusammen mit den bereits in dem Speicherbehältnis 10 bevorrateten Eiskristalle 26 zu einer Gesamtmenge kompaktiert.

[0052] Je nach Nutzungsbedingungen kann nun mittels der Kühleinrichtung 1 durch gezielten Eintrag einer vorbestimmten Menge an Flüssigkeit 13 über die Tröpfchenvorrichtung 12 sowie über eine gezielte Entnahme mittels der Entnahmevorrichtung 30 aus dem Speicherbehältnis 10 Kälteenergie in das Speicherbehältnis 10 eingespeichert oder auch aus diesem ausgespeichert werden. Aufgrund der Vereinzelung der einzelnen Eiskristalle 26 sind keine mechanischen Sprengwirkungen beim Phasenübergang der Flüssigkeit 13 vom flüssigen in den festen Aggregatzustand zu berücksichtigen.

[0053] FIG 2 zeigt eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung 1, welche im Gegensatz zu dem in FIG 1 gezeigten geschlossenen System ein offenes System darstellt, in welchem also die Arbeitsmittelströmung 11 nach Verlassen des Speicherbehältnisses 10 nicht mehr an den Strömungsgenerator 15 zur erneuten Strömungserzeugung zurückgeführt wird. Dieser Strömungsgenerator 15 kann bevorzugt auch als Kompressor einer Gasturbine ausgeführt werden, welcher mittels Anzapfung einen Teilstrom der verdichteten Kompressorluft abgibt (der Hauptstrom wird hierbei weiterhin der Brennkammer der Gasturbine bereitgestellt). Somit stellt der Strömungsgenerator 15 eine Arbeitsmittelströmung 11 zur Verfügung, die nach der Wärmeabfuhr auf einem relativ hohen Temperaturniveau (was z.B. die Nutzung der Wärme in einem Fernwärmesystem ermöglicht) mittels des Wärmetauschers 20 auch noch einer Trockeneinheit 21 zugeführt wird, um die Flüssigkeitsbestandteile zu entfernen, die nachfolgend bei Betrieb einer Entspannungseinheit 45 zu unerwünschten Vereisungsphänomenen führen können. Die Arbeitsmittelströmung 11 wird nach der Trockeneinheit 21 der Entspannungseinheit 45 zugeführt, welche bspw. als Entspannungsturbine ausgebildet ist. Die Entspannungseinheit 45 kann über eine geeignete Kupplung 46 (bspw. eine SSS-Kupplung) an den existierenden Generator 47 angeschlossen werden oder auch direkt (ohne Kupplung) mit einem eigenen Generator 47 verbunden sein, so dass bei Entspannung der Arbeitsmittelströmung 11 Wärmeenergie in der Arbeitsmittelströmung 11 in elektrische Energie umgesetzt werden kann. Die aus der Entspannungseinheit 45 austretende Arbeitsmittelströmung ist infolge des Entspannungsvorgangs soweit abgekühlt, dass das Temperaturniveau ausreichend gering ist, um die nachfolgend mit der Tröpfchenvorrichtung 12 zugeführten Flüssigkeitströpfchen in Eiskristalle zu überführen. Insofern kann die Entspannungseinheit 45 auch als Teil eines Wärmekonditioniersystems begriffen werden, welches ebenfalls den Wärmetauscher 20 umfasst.

[0054] Die weiteren Funktionsmerkmale der in FIG 2 gezeigten Ausführungsform entsprechen den entsprechenden Funktionsmerkmalen der jeweiligen Bauteile in der in FIG 1 gezeigten Ausführungsform. Jedoch wird die Arbeitsmittelströmung 11 nach Durchströmen des Speicherbehältnisses 10 nicht mehr an den Strömungsgenerator 15 zurückgeführt, sondern einem Arbeitsmittelführungssystem 70, welches dazu ausgebildet ist, die in der Arbeitsmittelströmung vorhandene Restkälte gezielt zu nutzen. Das Arbeitsmittelführungssystem 70 kann bspw. ein Fernkälteleitungssystem sein, mit welchem die Kühleinrichtung 1 wärmetechnisch oder sogar auch fluidtechnisch verschaltet ist. Das Arbeitsmittelführungssystem 70 kann auch dazu genutzt werden, weitere Teile oder Abschnitte einer Kraftwerksanlage mit Kälteenergie zu versorgen. So kann etwa über das Arbeitsmittelführungssystem 70 Kälteenergie für die Kühlung des Maschinenhauses entnommen werden.

[0055] FIG 3 zeigt eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kühleinrichtung 1, welche als geschlossenes System vorliegt. Zur Konditionierung der Arbeitsmittelströmung 11 dient ausführungsgemäß nun eine als Strömungsgenerator 15 und Kältemaschine ausgebildete Gasturbine für das Arbeitsmittel Luft. Diese Gasturbine umfasst einen Verdichter 16, welcher eine Arbeitsmittelströmung 11 erzeugt und nachfolgend einem Wärmetauscher 20 zur Entziehung von thermischer Energie zuführt. Nach Flüssigkeitsentzug in einer Trockeneinheit 21 (soweit erforderlich), wird die Arbeitsmit-

telströmung 11 einer Entspannungsturbine 17 zugeleitet, welche wiederum aufgrund der Umsetzung von thermischer Energie in mechanische Energie eine weitere Abkühlung der Arbeitsmittelströmung 11 hervorruft. Die Verminderung des Temperaturniveaus der Arbeitsmittelströmung 11 ist hierbei so groß, dass der Gefrierpunkt der nachfolgend mittels der Tröpfchenvorrichtung 12 zugeführten Flüssigkeit 13 unterschritten wird.

[0056] Die als Strömungsgenerator 15 und Kältemaschine 40 ausgebildete Gasturbine wird mittels eines Motors 19 angetrieben, der bspw. aus dem öffentlichen Stromnetz elektrische Leistung abruft. Insofern kann vor allem bei Auftreten von einem Überangebot an elektrischer Leistung in den Stromnetzen, diese mit Hilfe der Kühleinrichtung 1 gezielt in Kälteenergie überführt werden, welche in Form von Eiskristallen 26 in dem Speicherbehältnis 10 bevorratet werden kann.

[0057] Wie der Fachmann leicht nachvollziehen kann, ist das Prinzip der Kühleinrichtung 1 allgemein nicht auf besondere Arbeitsmittel, sowie Flüssigkeiten 13 eingeschränkt. Bevorzugt ist zwar das Arbeitsmittel Luft, wie auch die Flüssigkeit 13 Wasser, jedoch kann der Fachmann je nach erforderlichem Temperaturniveau bzw. erforderlicher Kühlaufgabe auch beliebige andere Stoffe vorsehen, welche geeignet konditioniert werden können. Der Temperaturbereich, in welchem die Kälteenergie zur Verfügung gestellt werden kann, entspricht hierbei jedoch im Normalfall der Temperatur des Phasenwechselpunktes der betreffenden Flüssigkeit 13. Mit entsprechender Überführung der Flüssigkeit 13, etwa in einer Schmelzvorrichtung 50, in eine Flüssigkeit, kann ein über dem Phasenwechselpunkt liegendes Temperaturniveau erreicht werden.

[0058] Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass eine Überführung der Eiskristalle 26 aus dem Speicherbehältnis 10 in eine Schmelzvorrichtung 50 nicht immer derart erfolgen muss, dass die Eiskristalle 26 darin in eine Flüssigkeit 13 überführt werden. Sind die Eiskristalle 26 nämlich aus einem Stoff, welcher bei den betreffenden Bedingungen sublimiert, kann auch die Schmelzvorrichtung im Sinne einer Sublimationsvorrichtung verstanden werden. Die Schmelzvorrichtung 50 dient somit allgemein zur Kältefreisetzung und zur gezielten Kälteübertragung nach Entnahme der Eiskristalle 26 aus dem Speicherbehältnis 10.

[0059] Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Patentansprüche

1. Kühleinrichtung (1), umfassend ein wärmeisoliertes Speicherbehältnis (10) sowie einen damit strömungstechnisch verschalteten Strömungsgenerator (15), welcher dazu ausgebildet ist, eine Arbeitsmittelströmung (11) dem Speicherbehältnis (10) zuzuführen, weiterhin umfassend eine Tröpfchenvorrichtung (12), welche dazu ausgebildet ist, Flüssigkeitströpfchen in die Arbeitsmittelströmung (11) einzubringen, welche nachfolgend dem Speicherbehältnis (10) zugeführt wird, weiterhin umfassend einen Wärmetauscher (20), welcher dazu ausgebildet ist, der Arbeitsmittelströmung (11) thermische Energie zu entziehen, und welcher in Bezug auf die Arbeitsmittelströmung stromauf der Tröpfchenvorrichtung (12) angeordnet ist, wobei der Energieentzug die Arbeitsmittelströmung (11) thermisch derart konditioniert, dass sich Eiskristalle in der Arbeitsmittelströmung (11) nach der Einbringung der Flüssigkeitströpfchen ausbilden können, und weiterhin eine Entnahmevorrichtung (30) umfasst ist, welche mit dem Speicherbehältnis (10) verschaltet und dazu ausgebildet ist, in dem Speicherbehältnis (10) bevorratete Eiskristalle aus diesem kontrolliert abzuführen.

2. Kühleinrichtung gemäß Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Arbeitsmittelströmung (11) eine Luftströmung ist.

3. Kühleinrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit (13) Wasser umfasst bzw. ist.

4. Kühleinrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Entnahmevorrichtung (30) dazu ausgebildet ist, in dem Speicherbehältnis (10) bevorratete Eiskristalle aus diesem über einen vorbestimmten Zeitraum kontinuierlich abzuführen.

5. Kühleinrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Speicherbehältnis (10) eine Abscheidevorrichtung (25) aufweist, welche dazu ausgebildet ist, feste Bestandteile aus der Arbeitsmittelströmung (11) abzutrennen.

6. Kühleinrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Wärmetauscher (20) mit einer Kältemaschine (40) zur Bereitstellung von Kälte wärmetechnisch verschaltet ist.

7. Kühleinrichtung gemäß Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Kältemaschine (40) als Gasturbine ausgebildet ist, wobei insbesondere der Wärmetauscher (20) zur Kühlung einer Verdichterluftströmung als Arbeitsmittelströmung (11) ausgebildet ist.

8. Kühleinrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass
der Strömungsgenerator (15) von einer Gasturbine umfasst ist, wobei insbesondere diese Gasturbine nicht den Wärmetauscher (20) umfasst.

9. Kühleinrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Strömungsgenerator (15) als Verdichter ausgebildet ist, und zwischen Strömungsgenerator (15) und Tröpfchenvorrichtung (12) eine Entspannungseinrichtung geschaltet ist.

10. Kühleinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Tröpfchenvorrichtung (12) Düsen (14) aufweist, mittels welcher in die Arbeitsmittelströmung (11) eingebrachte Flüssigkeit (13) zerstäubt wird.

11. Kühleinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Tröpfchenvorrichtung (12) eine erste Stufe aufweist, über welche Tröpfchen einer kleineren Größe in die Arbeitsmittelströmung eingebracht werden als Tröpfchen einer stromabwärts angeordneten zweiten Stufe.

12. Kühleinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Speicherbehältnis (10) eine Kompaktiereinheit (35) aufweist, welche dazu ausgebildet ist, die in dem Speicherbehältnis (10) abgeschiedenen Eiskristalle zu verdichten.

13. Kühleinrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Kühleinrichtung (1) eine Schmelzvorrichtung (50) aufweist, welche dazu ausgebildet ist, dass in ihr die ehemals in dem Speicherbehältnis (10) bevorrateten Eiskristalle in eine weitere Flüssigkeit überführt werden können, so dass die Temperatur der Flüssigkeit vermindert wird.

14. Kühleinrichtung gemäß Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schmelzvorrichtung (50) in ein Flüssigkeit leitendes System (60) integriert ist, welches fluidtechnisch mit der Tröpfchenvorrichtung (12) verbunden ist, und diese mit Flüssigkeit (13) versorgen kann.

15. Kühleinrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Speicherbehältnis (10) in ein Arbeitsmittelführungssystem (70) geschaltet ist, wobei die aus dem Speicherbehältnis (10) austretende Arbeitsmittelströmung (11) nach Abscheidung der Eiskristalle mittels des Arbeitsmittelführungssystem (70) einer Nutzeinheit zugeführt wird.

FIG 1

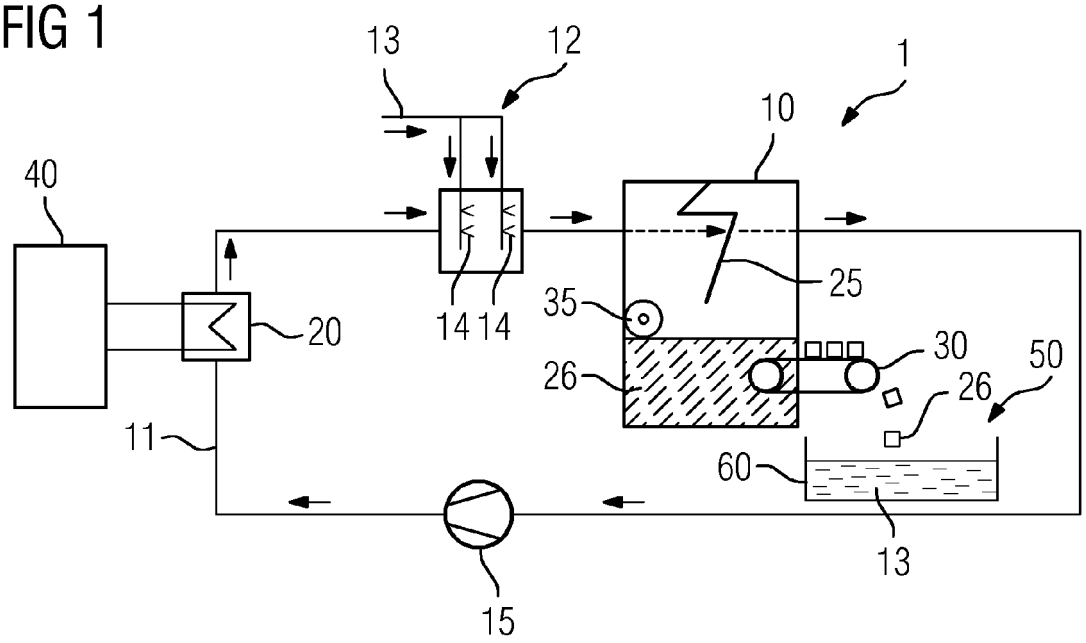

13
12
1
10
40
25
35
20
14 14
30
50
26
26
11
60
13
15

FIG 2

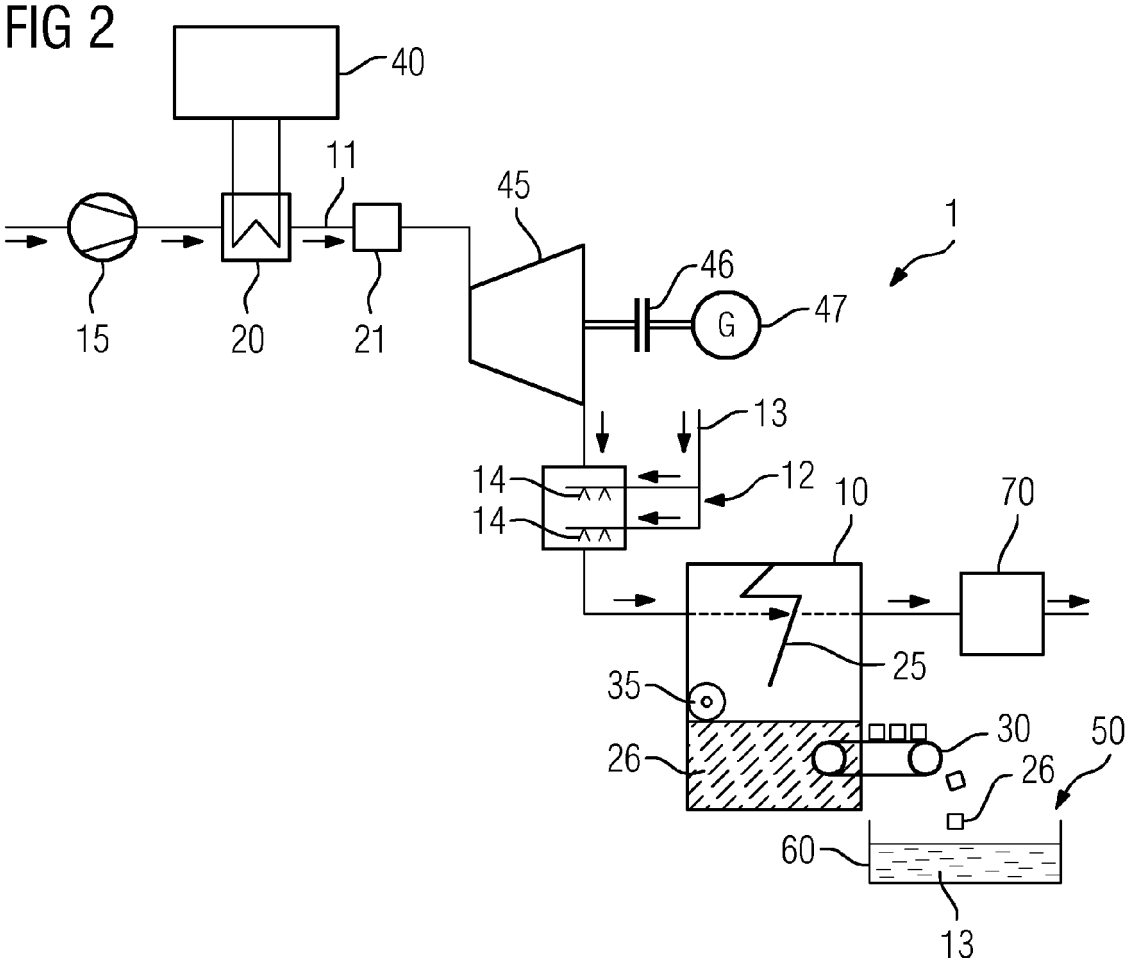
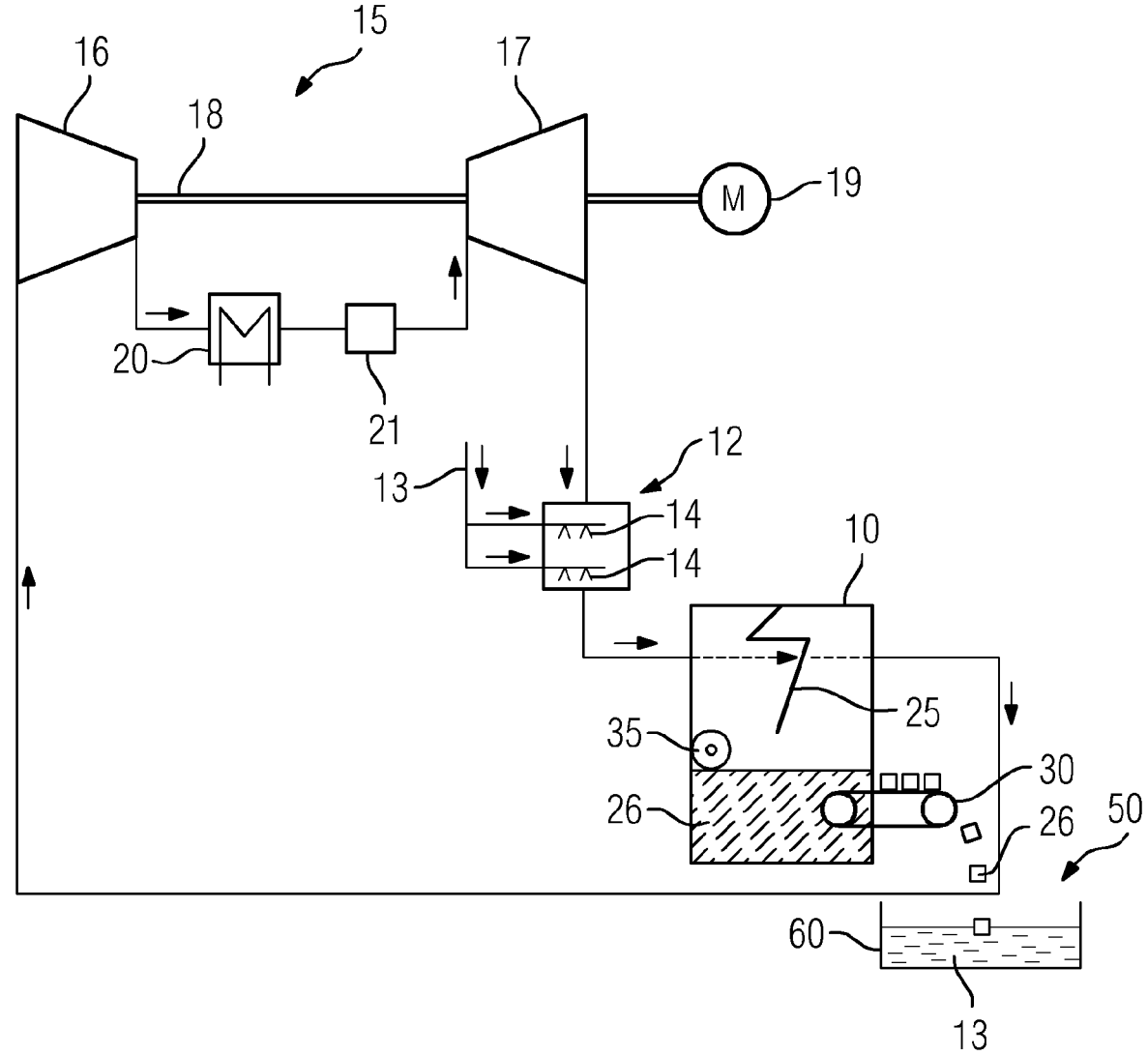

40
11
45
1
46
15
20
21
G
47
13
14
12
14
10
70
25
35
30
50
26
26
60
13

FIG 3



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 15 17 6052

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	FR 1 372 024 A (BERTIN & CIE) 11. September 1964 (1964-09-11)	1-10	INV. F25C3/04
Y	* Zusammenfassung; Abbildungen 1-7 * * Seite 2, Spalte 1, Zeile 40 - Zeile 57 * * Seite 2, Spalte 2, Zeile 56 - Seite 3, Spalte 1, Zeile 17 *	11-15	
Y	US 3 703 991 A (EUSTIS WILLIAM E C ET AL) 28. November 1972 (1972-11-28)	11	
A	* Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Spalte 2, Zeile 61 - Spalte 3, Zeile 50 *	1	
Y	DE 10 2012 221324 A1 (KELLNER PETER [DE]) 22. Mai 2014 (2014-05-22)	12	
A	* Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen 1A-3 *	1	
Y	GB 2 276 230 A (GUNDLACH ROBERT WILLIAM [US]) 21. September 1994 (1994-09-21)	13,14	
A	* Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 * * Seite 11 - Seite 12 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Y	US 5 327 738 A (MORIOKA KOJI [JP] ET AL) 12. Juli 1994 (1994-07-12)	15	F25C
A	* Spalte 12, Zeile 66 - Spalte 13, Zeile 5 *	1	
A	DE 10 2012 214444 A1 (SIEMENS AG [DE]) 20. Februar 2014 (2014-02-20) * das ganze Dokument *	1	
A	JP H03 284316 A (TAKASAGO THERMAL ENGINEERING) 16. Dezember 1991 (1991-12-16) * das ganze Dokument *	1	
	-/--		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag	9. Dezember 2015	Bejaoui, Amin

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 15 17 6052

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 10 2006 010830 A1 (PARTHY KAI [DE]) 13. September 2007 (2007-09-13) * das ganze Dokument * -----	1	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag	9. Dezember 2015	Bejaoui, Amin

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 15 17 6052

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-12-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 1372024 A	11-09-1964	KEINE	
US 3703991 A	28-11-1972	KEINE	
DE 102012221324 A1	22-05-2014	KEINE	
GB 2276230 A	21-09-1994	CA 2092331 A1	25-09-1994
		GB 2276230 A	21-09-1994
US 5327738 A	12-07-1994	AU 637744 B2	03-06-1993
		AU 1483392 A	15-10-1992
		DE 69208279 D1	28-03-1996
		DE 69224670 D1	09-04-1998
		EP 0508752 A1	14-10-1992
		EP 0658732 A2	21-06-1995
		US 5241830 A	07-09-1993
		US 5327738 A	12-07-1994
DE 102012214444 A1	20-02-2014	DE 102012214444 A1	20-02-2014
		WO 2014026832 A1	20-02-2014
JP H03284316 A	16-12-1991	JP H0771608 B2	02-08-1995
		JP H03284316 A	16-12-1991
DE 102006010830 A1	13-09-2007	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82